



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
División de Ingeniería Eléctrica  
Departamento de Telecomunicaciones



---

**“IMPLEMENTACIÓN DE TRUNKING GATEWAYS  
EN REDES DE VOZ SOBRE IP PARA  
EMPRESAS TELEFÓNICAS EN MÉXICO”**

---

T E S I S

Que para obtener el título de:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

P R E S E N T A:

**RESÉNDIZ RODRÍGUEZ HÉCTOR ADRIÁN**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL MOCTEZUMA FLORES**

México, D. F.

2006



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.

# AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quisiera darles un agradecimiento de corazón a mis padres y mi hermana, cuyo apoyo incondicional me ha servido a lo largo de mi vida para superar todo los retos con los que me he enfrentado. Ellos han sido la fuente de inspiración para todo lo que he conseguido. Con su ejemplo, sus consejos y su esfuerzo diario me han enseñado a trabajar duro para conseguir lo que quiero y es por ellos que he llegado a donde me encuentro en este momento.

Así mismo, quisiera agradecerles a mis amigos, que durante toda mi vida me han acompañado, aquellos con los que desde muy niño empecé a conocer el mundo y aquellos que me he encontrado al pasar de los años. Pero en especial a mis amigos y compañeros de la Facultad de Ingeniería quienes con su amistad compartieron conmigo algunos de los momentos más felices, y de igual forma, estuvieron ahí en los momentos en que las cosas se ponían difíciles.

Un agradecimiento especial a mí asesor de Tesis, el Dr. Miguel Moctezuma Flores, por sus consejos, así como por el tiempo y esfuerzo dedicado a ayudarme en la elaboración de este documento.

Finalmente, a la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Ingeniería por haberme enseñado una gran variedad de lecciones, no sólo de ingeniería, sino también de la vida, las cuales me ayudarán a ser una mejor persona.

# ÍNDICE

<b>Índice</b> .....	3
<b>Agradecimientos</b> .....	7
<b>Justificación</b> .....	9
<b>I. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones</b> .....	11
1.1 Fundamentos de la Transmisión de Datos.....	13
1.1.1 Medios de Transmisión.....	14
1.1.2 Atenuación, Distorsión y Ruido. ....	17
1.1.2.1 Atenuación.....	18
1.1.2.2 Ancho de Banda Limitado.....	18
1.1.2.3 Retardo (Delay) ....	19
1.1.2.4 Ruido.....	19
1.2 Introducción a los Sistemas Telefónicos.....	21
1.2.1 Elementos fundamentales de la Red Telefónica Pública Conmutada.....	21
1.3 Conmutación y Multiplexaje en Telefonía Digital.....	22
1.3.1 Conmutación Telefónica.....	22
1.3.2 Multiplexaje en Telefonía Digital.....	23
1.3.2.1 Modulación de Pulso Cuantificado (PCM) ....	23
1.3.2.3 Jerarquía PDH.....	25
1.3.2.4 Jerarquía SDH.....	26
1.4 Señalización SS7.....	29
1.4.1 Capas de SS7.....	30
1.4.2 Estructura de la red SS7.....	31
1.5 Introducción a las Redes de Datos.....	32
1.5.1 Redes de datos.....	33
1.5.1.1 Topologías de Red.....	33
1.5.1.2 Ethernet.....	35
1.5.1.3 Redes Virtuales (VLANs) ....	35
1.5.2 Estandarización.....	36
1.5.2.1 Modelo de Referencia OSI.....	37
1.5.3 Protocolo IP.....	40
1.5.3.1 Encabezado IP.....	40
1.5.3.2 Direccionamiento IP.....	40
1.5.4 Protocolos TCP y UDP.....	42
1.5.4.1 TCP (Transmission Control Protocol) ....	42
1.5.4.2 UDP (User Data Protocol) ....	43

<b>II. Principios de Voz Sobre IP (VoIP)</b> .....	45
2.1 ¿Qué es Voz sobre IP? .....	47
2.2 Elementos que conforman una red de VoIP.....	49
2.2.1 El Softswitch.....	50
2.2.2 Media Gateway.....	51
2.2.3 Servidor de Medios.....	51
2.2.4 Dispositivo de Acceso Integrado (IAD) .....	51
2.2.5 Terminal.....	52
2.2.6 Gateway de Acceso Multi-servicio.....	52
2.3 Factores de VoIP y Calidad de Servicio.....	53
2.3.1 Periodo de Empaquetamiento y Consideraciones de Ancho de Banda.....	53
2.3.2 Retardo (Latencia) .....	53
2.3.3 Jitter.....	54
2.3.4 Pérdida de paquetes.....	55
2.3.5 Codecs, MOS y PESQ.....	56
2.3.6 Supresión de Silencio, Ruido Confortable y VAD.....	60
2.3.7 DiffServ y ToS.....	61
2.4 Protocolos de VoIP.....	62
2.4.1 MEGACO/H.248.....	62
2.4.1.1 Transacciones en Megaco.....	63
2.4.1.2 Contexto.....	63
2.4.1.3 Terminaciones.....	64
2.4.1.4 Comandos.....	64
2.4.1.5 Estructura de Megaco/H.248.....	65
2.4.1.6 Transporte.....	66
2.4.1.7 Establecimiento de una llamada.....	67
2.4.2 RTP & RTCP.....	70
<b>III. El Trunking Gateway</b> .....	75
3.1 Introducción.....	77
3.2 Descripción del Funcionamiento.....	78
3.2.1 Funcionalidad de Voz sobre IP.....	79
3.2.1.1 Codecs.....	79
3.2.1.2 Cancelación de Eco.....	80
3.2.1.3 Supresión de Silencio e Inserción de Ruido Confortable.....	80
3.2.1.4 Fax, módem, xDSL, ISDN y tonos DTMF sobre IP.....	80
3.2.1.5 Sincronización de Tiempo en la Red.....	82
3.2.1.6 Calidad de Servicio (QoS) .....	82
3.3 Arquitectura del Hardware y Software del hiG 1200.....	84
3.3.1 Call Processor Engine 2 (CPE2) .....	84
3.3.2 Shelf Control Engine 2 (SCE2).....	85
3.3.3 Módulo IP 2/4 (IPM) .....	86
3.3.4 Módulo Digital eXchange 2.5 de DS3, OC3/STM-1 (DXM2.5) .....	86
3.3.5 Distribución del Equipo y Densidad de Puertos.....	88
3.3.6 Redundancia.....	90
3.3.6.1 Redundancia 1:1 (Full Redundancy) .....	90
3.3.6.2 Redundancia Común en los módulos IPM.....	91

3.3.6.3 Redundancia de grupos 1:N de los DXM2.5 .....	91
3.3.7 Seguridad.....	91
3.4 Administración.....	92
3.4.1 Alarmas (Administración de fallas) .....	92
3.4.2 Operaciones Básicas del NMC en el hiG 1200.....	93
3.4.3 Configuración.....	94
<b>IV. Implementación de Trunking Gateways en México.....</b>	<b>97</b>
4.1 Visión General del Proyecto en México.....	99
4.1.1 Aspectos Generales.....	99
4.2 Implementación de un Trunking Gateway.....	101
4.2.1 Elementos que componen el sistema.....	101
4.3 Parámetros Importantes dentro del trunking Gateway para el mercado mexicano	104
4.3.1 Parámetros Importantes Generales.....	104
4.3.2 Parámetros Importantes en México.....	106
4.3.2.1 STM-1.....	106
4.3.2.2 IPs.....	108
4.3.2.3 Fecha y Hora.....	108
4.3.2.4 DiffServ o ToS.....	108
4.3.2.5 Geo-redundancia.....	109
4.4 Pruebas realizadas en México a los Trunking Gateways.....	110
4.4.1 Mensajes en estado normal de un Trunking Gateway.....	110
4.4.2 Mensajes en el establecimiento de una llamada.....	112
4.4.3 Mensajes en el envío de FAX/Módem.....	114
4.4.4 Verificación etiquetado de RTP (DiffServ) .....	118
4.4.5 Pruebas de Tráfico y Calidad de Voz.....	119
<b>V. Conclusiones.....</b>	<b>125</b>
<b>Anexo: Abreviaturas.....</b>	<b>131</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>135</b>

# JUSTIFICACIÓN

En todo el mundo se está dando una revolución muy importante en cuanto a la telefonía se refiere, recientemente se habla mucho en cuanto a cambiar la red telefónica de la tradicional tecnología de conmutación de circuitos a la tecnología de conmutación de paquetes, logrando con esto que voz y datos converjan en una sola red. Pero debido a que la red IP fue diseñada para soportar aplicaciones que no son en tiempo real (como es el caso de la transferencia de un e-mail o abrir una página Web) se han tenido que hacer algunas adecuaciones para lograr que la voz viaje sin problemas y en tiempo real por la red IP, esto es lo que se llama la tecnología de Voz sobre IP, también conocida como VoIP.

Existen varias compañías de telecomunicaciones alrededor del mundo que están desarrollando tecnología de VoIP, algunas de las más importantes son Avantel, Avaya, Nortel, Cisco, Siemens, AT&T, Ericsson, NEC, Mitel y Starcom. Entre estas existen dos vertientes, las que tienen su origen en la telefonía tradicional y buscan migrar a IP y las que provienen del mundo IP y buscan migrar a la telefonía. En la práctica las primeras han tenido un mejor desempeño en sus productos debido principalmente a que se les facilita implementar la parte de IP a sus sistemas telefónicos que han trabajado por varias décadas, mientras que para las compañías que tienen su origen en IP es un poco más complejo entender a fondo el funcionamiento de la telefonía tradicional e implementarlo, y por consecuencia comúnmente tienen fallas.

Hoy en día la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN) proporciona una conexión dedicada para cada usuario durante una llamada, así mismo, ha estado ofreciendo el servicio de telefonía por más de cien años, entonces la pregunta lógica aquí es ¿Por qué hacer el cambio si lo que tenemos funciona bien? La respuesta es que al tener redes convergentes de voz y de datos se tienen varias ventajas, por ejemplo, se tiene una única red por la que se transporta todo el tráfico electrónico utilizando sólo un cable, además, se tiene un dispositivo único (la computadora) que puede manejar todas las transmisiones (llamadas de voz, de video, acceso a Internet, envío de fax, etcétera). Otra ventaja es que al momento de ser transformada la señal de voz en paquetes, esta viaja por una red IP por lo cual la transmisión se hace independiente de la distancia, en otras palabras, se eliminan las tarifas de larga distancia. Todo lo anteriormente mencionado representa ahorros considerables tanto para las empresas que prestan el servicio como para los usuarios finales. Igualmente, al transmitir la voz sobre IP se tiene la ventaja de agregar nuevas aplicaciones a las llamadas telefónicas que, al igual que en Internet, se van aumentando, mejorando y se crean nuevas tecnologías conforme pasan los años, esto gracias a que los equipos Terminales tienen dentro de sí una mayor “inteligencia” a diferencia de los teléfonos tradicionales.

Por lo anteriormente mencionado se puede decir que en México es el momento de migrar a telefonía IP, por ello los especialistas afirman que si bien el 2004 fue un buen año para las telecomunicaciones en nuestro país con una inversión de alrededor de los 28 mil millones de dólares, el 2006 será el de mayor crecimiento para la migración a la telefonía IP, de tal forma que a finales del año 2006 se estima que el mercado de las

telecomunicaciones tendrá inversiones por 32 mil millones de dólares. Además se sabe que a nivel mundial la telefonía IP ocupa hoy en día el 40 % de las líneas y se espera que para el 2007 crezca al 70 %.

Es por ello que en México las compañías telefónicas se están preparando para ofrecer esta tecnología a sus clientes, aunque como es de esperarse no todo es miel sobre hojuelas, hay una gran cantidad de factores que deben de ser considerados al momento de transformar una señal analógica, como es la voz, en paquetes de datos. De igual forma, desde el punto de vista económico no es nada fácil cambiar los equipos que se tienen desde hace tanto tiempo y pasar de una tecnología a otra en un instante.

En esencia, lo que se busca es migrar de una tecnología a otra de forma paulatina, de tal forma que hay un momento en el que las dos deben convivir simultáneamente. Es precisamente en este punto en donde nos encontramos en este momento, ya que no se puede tirar a la basura todo lo que se tenía, especialmente las empresas tipo carrier que tienen cubierta gran parte de la República Mexicana con la telefonía tradicional. Para lograr esta migración paulatina existen unos equipos llamados Media Gateways los cuales se caracterizan por convertir la voz de una señal digital en paquetes de voz (VoIP) por lo que son ideales para hacer esta migración y en los cuales esta Tesis estará enfocada.

En cuanto a los problemas desde el punto de vista técnico existen una gran cantidad de protocolos y técnicas que ayudan a transportar la voz por IP sin que los usuarios finales noten que se trata de otra tecnología. Es por ello que esta Tesis estará orientada a los problemas que se tienen al momento de pasar de telefonía tradicional a VoIP tratando temas como el retardo, jitter, calidad de la voz, calidad de servicio, transmisión en tiempo real, así mismo tratará temas referentes a los protocolos con los que se trabaja para prestar este tipo de servicio teniendo especial énfasis en Megaco.

Todo lo anteriormente mencionado se analizará en esta Tesis desde el punto de vista teórico y práctico tomando como base la implementación en una de las empresas de telefonía fija tradicional más importantes de nuestro país, una de las llamadas carrier. De tal forma que se examinarán los problemas que se presentan al momento de implementar un sistema de esta naturaleza en México para miles de usuarios.

Para lograr esto primero nos enfocaremos en entender a cada mundo por separado, es decir, para empezar analizaremos aspectos importantes de las redes de telefonía tradicional, después, se verán las propiedades de las comunicaciones basadas en IP. Una vez entendidos por separado se podrán analizar como una sola red convergente de voz y datos, en esta parte se verán los retos que se presentan al momento de unir estas dos tecnologías y como se superan. Finalmente se examinará la forma en que un sistema de esta índole puede ser implementado en nuestro país incluyendo los aspectos técnicos más relevantes, para lo cual se tomará como base a un equipo que existe actualmente en el mercado.



## **CAPÍTULO I**

# **TELEFONÍA Y REDES DE TELECOMUNICACIONES**



## 1.1 Fundamentos de la Transmisión de Datos

Para entender a los sistemas de telecomunicaciones, a manera de introducción, se analizarán los elementos fundamentales que los componen, una vez entendido el comportamiento general, podremos hacerlo tan particular como sea necesario y conveniente para el desarrollo de esta Tesis.

Podemos decir, en esencia, que un sistema de comunicaciones está compuesto fundamentalmente por los elementos que se muestran en la Figura 1.1. La *fuentes* se refiere a un origen generador del mensaje que puede ser un aparato telefónico, una cámara de video, una computadora, un cajero automático bancario, algún tipo de sensor de telemetría, por mencionar algunos. Para que dicho mensaje pueda ser transmitido, primero debe ser transformado o acoplado para que se adapte a las propiedades de transferencia del canal de transmisión, para ello es necesario un *transmisor* cuyas funciones principales son filtrar, amplificar, modular y en caso necesario hacer la conversión de analógico a digital de la señal, para que de esta forma se pueda transmitir el mensaje deseado.

En el caso del *canal de transmisión*, es el medio por el que viaja la información, en otras palabras, es un camino que según sus características, es capaz de transportar uno o varios canales de distintos tipos de información. Es en el canal de transmisión donde ocurren los fenómenos de atenuación, pérdida de transmisión, distorsión, interferencia y ruido en la señal\*. Por otro lado, el *receptor* se encarga de absorber la señal transmitida para que pueda ser restaurada a su forma original y por medio de procesos de filtrado, amplificación, demodulación y conversión de digital a analógico (en caso de ser necesario) la señal podrá ser interpretada por el *destino*, concluyendo de esta forma el proceso de comunicación, es decir, el proceso de comunicación se termina cuando el mensaje generado por la fuente es interpretado por el destino independientemente de los procesos intermedios que se tengan que hacer.



Figura 1.1 Elementos Fundamentales de un Sistema de Comunicaciones.

En cuanto al canal o medio de transmisión se tiene dos opciones, puede ser alámbrico o inalámbrico. En caso de que sea alámbrico se puede usar, por ejemplo, un cable coaxial, un cable de par trenzado o una fibra óptica; pero son precisamente los últimos dos

---

\* Estos fenómenos serán analizados en la sección 1.1.2 de esta misma Tesis

los que serán tratados en esta Tesis ya que son los que se emplean en la solución de Voz sobre IP (VoIP) que veremos más adelante y es por ello que se debe entender mejor como es que transportan la información. Es evidente que estos elementos, por lo general, son conocidos como cables y se caracterizan por ser visibles, tangibles y flexibles en la mayoría de los casos.

### 1.1.1 Medios de Transmisión

El *Par Trenzado* consiste en un alambre de cobre ordinario que es enroscado en pares para reducir la inducción electromagnética, se caracteriza porque cada alambre tiene su propio aislante. Debido a que es muy común que se requiera más de un par trenzado, puesto que de esta forma se pueden comunicar varios dispositivos, es muy frecuente que muchos pares de cobre sean insertados dentro de un mismo cable llamado cable multipar (como se muestra en la Figura 1.2). Cada conductor de cobre tiene diámetros típicos de entre 0.5 y 2.0 mm, según el fabricante y el uso específico. Por lo general, la separación entre los ejes de los conductores es de 1.5 veces el diámetro de cualquiera de ellos.

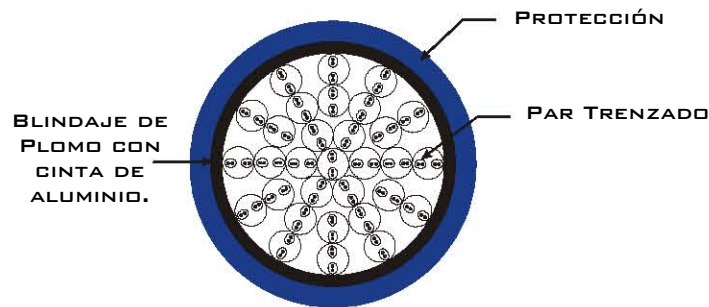


Figura 1.2 Colocación típica de los pares trenzados dentro de un cable multipar.

En este tipo de cables se presenta el fenómeno de *diafonía*<sup>\*</sup>, esto debido a la cercanía entre los pares y el asilamiento imperfecto que hay entre ellos. Este fenómeno se reduce torciendo o trenzando los pares, esta es la razón de que sean llamados pares trenzados.

Entre otras aplicaciones, los cables multipares se emplean en redes locales de transmisión de datos, sobre todo se utilizan para llevar las señales de los abonados de una zona desde un punto concentrador hasta la central telefónica correspondiente, lo que es conocido como la “*última milla*”. La implementación más común de este tipo de cables en redes de datos es el llamado Par Trenzado Sin Blindaje o UTP (Unshielded Twisted Pair), que consiste en cuatro pares trenzados con una impedancia de 100  $\Omega$ . Otra implementación es el Par Trenzado Con Blindaje o también conocido como STP (Shielded Twisted Pair)

---

<sup>\*</sup> La diafonía son capacitancias parásitas que se manifiestan como una interferencia

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

con una impedancia de 150  $\Omega$ . Ambas se ocupan en tecnologías de redes de datos como Ethernet, Token Ring y xDSL para distancias de 100 m como máximo.

El otro medio de transmisión que se tratará en esta Tesis es la fibra óptica. Desde el punto de vista geométrico una *Fibra Óptica* consiste en una barra dieléctrica cilíndrica muy delgada, rodeada por una capa concéntrica de otro material dieléctrico. La barra central se denomina *núcleo* y la capa concéntrica se llama *revestimiento*, esto se puede apreciar en la Figura 1.3. El grosor total del conjunto es tan pequeño (del orden de  $\mu\text{m}$ ) que se le da el nombre de “fibra”. Estas fibras tienen como materia prima al dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). La permitividad relativa del revestimiento es ligeramente menor (menos del 1%) que la del núcleo, gracias a esta diferencia tan pequeña las ondas electromagnéticas se propaguen a lo largo de la fibra por reflexiones internas sucesivas, lográndose así un efecto de rebote continuo de una pared a la pared opuesta y así sucesivamente hasta llegar al final, como se muestra en la Figura 1.4 (a).

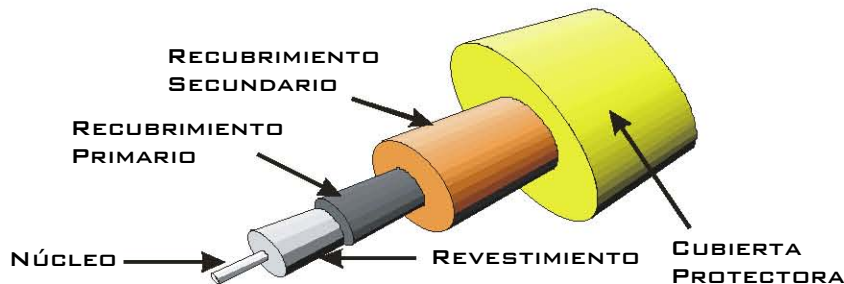


Figura 1.3 Estructura de un Cable de Fibra Óptica.

Existen fundamentalmente tres tipos de fibras ópticas: multimodo de índice escalonado, multimodo de índice gradual y monomodo de índice escalonado (ver Figura 1.4). La fibra *multimodo de índice escalonado* tiene un núcleo ancho (comparada con una monomodo) y su índice de refracción uniforme. La fibra *multimodo de índice gradual* también tiene un núcleo ancho, pero el índice de refracción va variando gradualmente hasta alcanzar su máximo al centro del núcleo. Y finalmente, la fibra *monomodo de índice escalonado*, tiene un núcleo muy angosto con índice de refracción uniforme.

Conforme la frecuencia ( $f$ ) se incrementa a valores ópticos, las pérdidas en las guías de onda y en los cables son demasiado elevadas, en cambio, las fibras ópticas presentan pocas pérdidas, del orden de 0.15 dB/Km. a 3 dB/Km., según el tipo de fibra, y se pueden emplear eficazmente para transmitir a frecuencias ópticas, del orden de 185 a 375 THz, o si se prefiere en términos de longitud de onda ( $\lambda$ ) de 1.62 a 0.8  $\mu\text{m}$  respectivamente\*. De hecho, las longitudes de ondas usadas en la transmisión óptica se encuentran situadas en la

\* Cabe recordar que  $\lambda = c / f$  donde  $c$  es la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

cercanía del espectro infrarrojo, entre 800 nm y 1600 nm, usando preferentemente las ondas de 850, 1300 y 1550 nm, ya que en estas la atenuación de la fibra y la dispersión del pulso alcanza valores mínimos, también se les conoce como ventanas de transmisión (ver Figura 1.5).

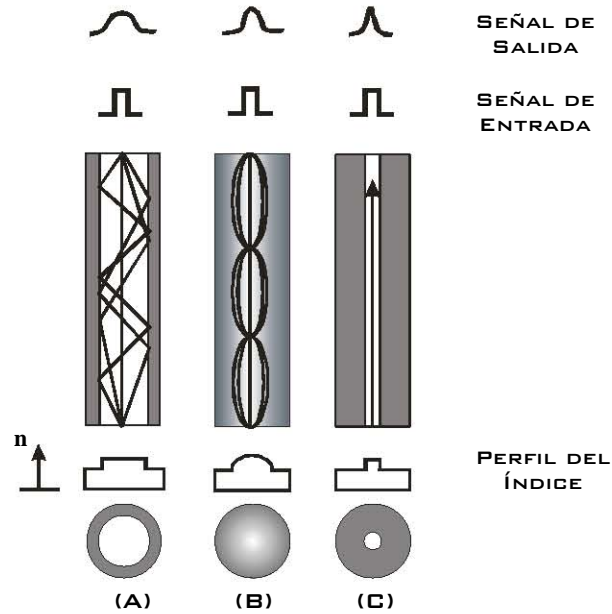


Figura 1.4 (A) F. O. Multimodo de índice escalonado, (B) F. O. Multimodo de índice gradual y (C) F. O. Monomodo de índice escalonado.

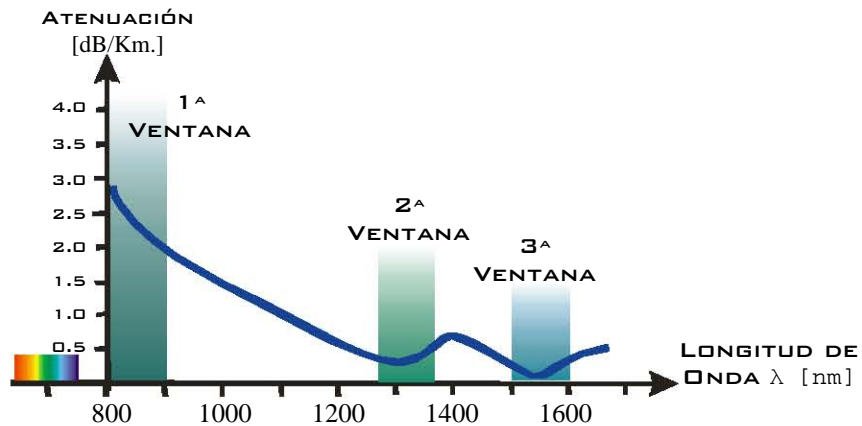


Figura 1.5 Ventanas de Transmisión de la Fibra Óptica.

La fibra óptica nos permite utilizar una tasa de datos bastante mayor a las que son posibles obtener mediante par trenzado o cable coaxial. Además, puesto que los datos son emitidos en forma de un haz de luz, la información no es susceptible de sufrir interferencia

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

electromagnética. Por la forma de transmitir los datos, es necesario emplear circuitos electro-ópticos de transmisión y recepción, estos se encargan de transformar los pulsos de luz en una corriente eléctrica y viceversa, aunque en general estos dispositivos son caros las ventajas que nos ofrece son mayores. Por otra parte, también es más costoso sacar derivaciones físicas de un cable de fibra óptica ya que en este caso se tienen que hacer empalmes, los cuales generalmente son por fusión de arco eléctrico o con adhesivos y con esto además de incrementar el costo, se introducen pérdidas y atenuaciones en la señal recibida.

Es importante mencionar que independientemente del medio empleado, la señal se irá atenuando y distorsionando conforme la señal se propague. En el caso del medio alámbrico esto es ocasionado por las pérdidas por calor en los conductores y en el caso del medio inalámbrico se debe a la absorción y dispersión de energía en las moléculas de la atmósfera, además, en ambos caso existen otras características particulares propias de cada medio o canal que lo atenúan y distorsionan.

### 1.1.2 Atenuación, Distorsión y Ruido.

Existe una gran cantidad de efectos de distorsión y atenuación que pueden degradar a una señal durante la transmisión, esto se puede apreciar en la Figura 1.6. Cualquier señal que sea transportada por un medio de transmisión se verá afectada por la atenuación, ancho de banda limitado, distorsión debida al retardo y el ruido. A continuación se presentarán las características principales de cada uno de ellos tomando como ejemplo una señal digital.

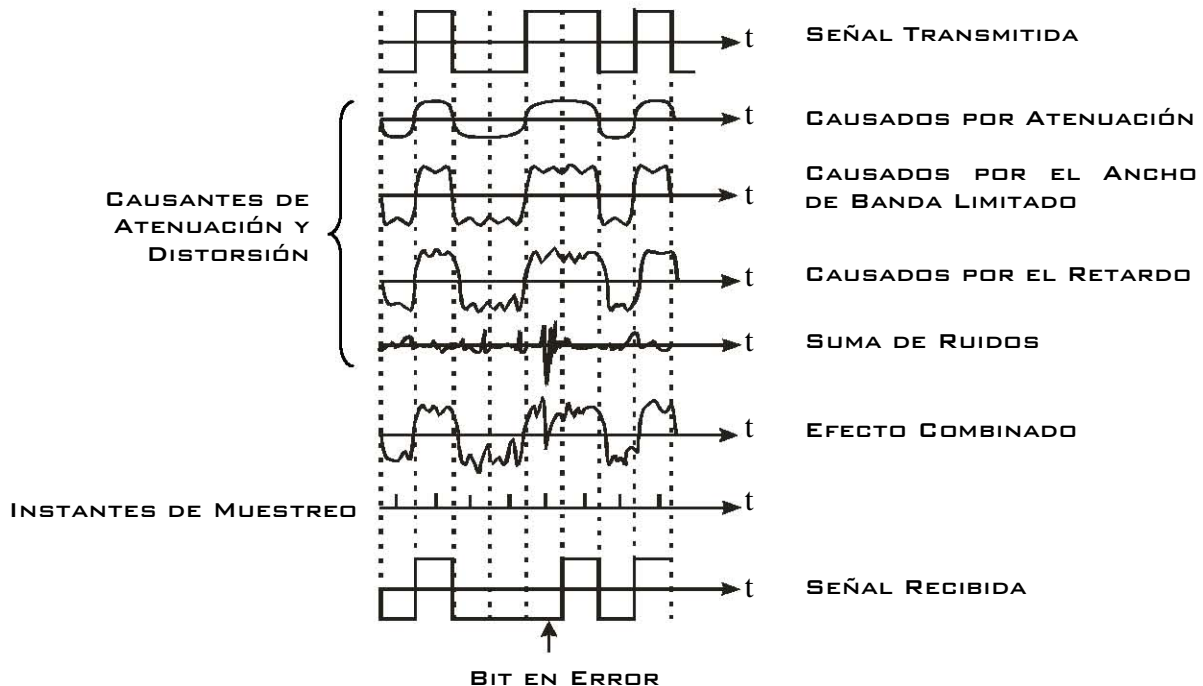


Figura 1.6 Fuentes de Atenuación y Distorsión.





## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

### 1.1.2.3 Retardo (Delay)

La tasa de propagación de una señal sinusoidal a través de un medio de transmisión varía dependiendo de la frecuencia de la señal. Como consecuencia, cuando transmitimos una señal, esta contiene varias componentes de frecuencia, lo que provoca que la señal llegue al receptor con diferentes retardos, dando como resultado la *distorsión por retardo*. La cantidad de distorsión aumenta conforme la tasa de bits transmitidos aumenta por la siguiente causa: como la tasa de bits aumenta, entonces algunas de las componentes en frecuencia asociadas a cada bit transmitido se retrasan y empezaran a interferir con las componentes asociadas al bit anterior. Es por ello que la distorsión por retardo es también conocida como *interferencia intersimbólica*. Por lo tanto, este efecto puede provocar una incorrecta interpretación de la señal recibida.

### 1.1.2.4 Ruido

En la ausencia de señal, un canal de transmisión ideal no debería tener ninguna señal eléctrica presente. Sin embargo, en la práctica, encontramos perturbaciones aleatorias en el canal, incluso cuando ninguna señal está siendo transmitida. Esto es conocido como *nivel de ruido*. Conforme la señal transmitida se va atenuando, llega un momento en que el nivel de ruido es comparativamente significativo y provoca errores en la recepción. Un parámetro importante asociado con el medio de transmisión es la relación entre la potencia en la señal recibida ( $S$ ) y la potencia en el nivel de ruido ( $N$ ). La relación  $S/N$  es conocida como *Relación Señal a Ruido* o *SNR* (Signal to Noise Ratio) y normalmente se expresa en decibeles como:

$$SNR = 10 \log_{10} \left( \frac{S}{N} \right) \text{ dB} \quad (1-3)$$

Una alta SNR significa una mayor potencia relativa recibida que prevalece sobre el nivel de ruido, lo que resulta en una buena calidad de la señal. Por otro lado, una baja SRN significa una baja calidad de la señal.

Existe una gran cantidad de fuentes de ruido dependiendo de las frecuencias en las que se esté trabajando, pero de forma general tenemos los siguientes tipos de ruido:

- **Ruido Solar:** Como su nombre lo indica, es producido por los gases ionizados del sol, los cuales producen frecuencias que atraviesan la atmósfera de la Tierra. La ionosfera (la capa más alta de la atmósfera) es directamente afectada por la radiación ultra violeta (UV) del sol. Las regiones que se ven más afectadas por la actividad molecular en la ionosfera son las frecuencias altas (HF de 3 a 30 MHz).
- **Ruido Cósmico:** Al igual que el sol, las estrellas distantes también radian niveles intensos de frecuencias que afectan a los sistemas que se encuentran trabajando entre los 8 y los 2 GHz.

- **Ruido Gaussiano:** Este tipo de ruido es provocado por el efecto acumulado de todo el ruido generado por otros dispositivos, tanto dentro como fuera del propio sistema. El ruido Gaussiano incluye todas las frecuencias y recibe este nombre porque la amplitud de cada componente espectral es aproximadamente constante y tiende a cero como se ve en la Figura 1.7.

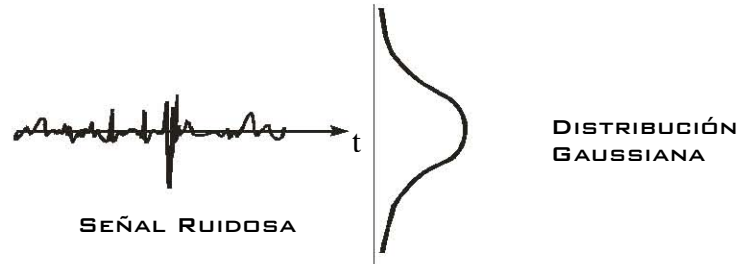


Figura 1.7 Distribución Gaussiana del Ruido.

- **Ruido por Intermodulación:** Se da cuando más de una señal comparte el mismo medio de transmisión, su efecto es producir señales de una frecuencia que es la suma o diferencia de las frecuencias originales o múltiplos (armónicas) de aquellas.
- **Ruido Térmico:** Se presenta en todos los componentes electrónicos y medios de comunicación independientemente de cualquier efecto externo. Es causado por la excitación térmica de los electrones asociada a cada átomo en el dispositivo o en el material del medio de transmisión. En todas las temperaturas por encima del cero absoluto todos los medios de transmisión experimentan el ruido térmico. La característica más importante de este ruido es que tiene una distribución plana en el espectro de frecuencias, es decir, la potencia por cada Hertz o unidad de ancho de banda es constante, por ello también se le conoce como *ruido blanco*.

Cuando se consideran los efectos del ruido es importante señalar el nivel mínimo de señal que puede ser empleada para alcanzar una específica *Tasa de Bit en Error* o *BER*\* esta es, por un periodo definido, la probabilidad aceptablemente baja de que un solo bit sea mal interpretado por el receptor. Por ejemplo, una BER de  $10^{-4}$  significa que, en promedio, 1 bit de cada 1000 recibidos será mal interpretado. Dependiendo de la aplicación se tolerarán diferentes niveles de BER; para un sistema de transferencia de datos financieros se tiene un BER de  $10^{-5}$ , otras aplicaciones tales como sistemas digitales móviles de radio aceptan BERs tan altas como  $10^{-2}$  ó  $10^{-3}$ .

Una vez comprendidos los componentes de un sistema de comunicaciones y los diferentes tipos de alteraciones que puede sufrir una señal, entonces podemos empezar a

---

\* Bit Error Rate

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

analizarlos más a fondo tanto al sistema de comunicaciones telefónico como al sistema de comunicaciones de redes IP, lo cual haremos en los siguientes capítulos.

### 1.2 Introducción a los Sistemas Telefónicos

En 1876, después de varios años de investigación, Alexander Graham Bell presentó el primer sistema telefónico al lograr la transmisión y recepción de la voz humana a distancia. La *Red Telefónica Pública Conmutada*, también llamada PSTN\* inició su operación en Estados Unidos en 1878 con tan sólo 21 abonados telefónicos. Los conmutadores tienen su origen en la necesidad de tener la mayor cantidad de teléfonos posibles sin que todos estén interconectados por medio de un cable. En un principio los conmutadores eran manuales, es decir, se tenían operadores (por lo general una mujer) los cuales se encargaban de comunicar a una persona con otra realizando las conexiones en la central mediante un cable, hasta que en 1881 Alman B. Strowger inventó el primer conmutador automático.

#### 1.2.1 Elementos fundamentales de la Red Telefónica Pública Conmutada

En México los elementos que componen a la red PSTN son:

- **Línea de abonado:** También conocida como la “última milla”, representa al par de cobre que va desde la central telefónica hasta el abonado (teléfono del usuario).
- **Troncales:** Son aquellas líneas que unen dos centrales telefónicas y/o dos puntos de distribución como es el caso de una red privada y una pública. Es importante destacar que las troncales tienen un ancho de banda mucho mayor que las líneas de abonado.
- **Central Telefónica:** Aquí es donde se dispone la organización de los abonados y la comunicación entre ellos. Además, dentro de sus funciones se encuentran el suministro de energía al abonado, protección contra variaciones de voltajes, timbrado, supervisión del estado de la línea y codificación.

Dependiendo del tipo de central existe una gran variedad de centrales telefónicas, dentro de las que destacan:

- **Centro de Tránsito Mundial (CM):** Comunican a la red mundial y nacional con redes diferentes a Estados Unidos, Canadá y el Caribe.
- **Centro de Tránsito Internacional (CI):** Comunican a la red nacional con las redes de Estados Unidos, Canadá y el Caribe.

---

\* Public Switching Telephone Network

- **Centro de Tránsito Interurbano (CTI):** Manejan el tráfico de larga distancia nacional, internacional y mundial.
- **Zonas Autónomas de Conmutación (ZAC):** Corresponden al área urbana o metropolitana de poblaciones pequeñas o medianas.
- **Centro Tandem Urbano (CTU):** Son los encargados de manejar el tránsito urbano originado y terminado en una misma zona urbana, es decir, manejan el tráfico local en áreas extendidas. Son mejor conocidas como Tandem.

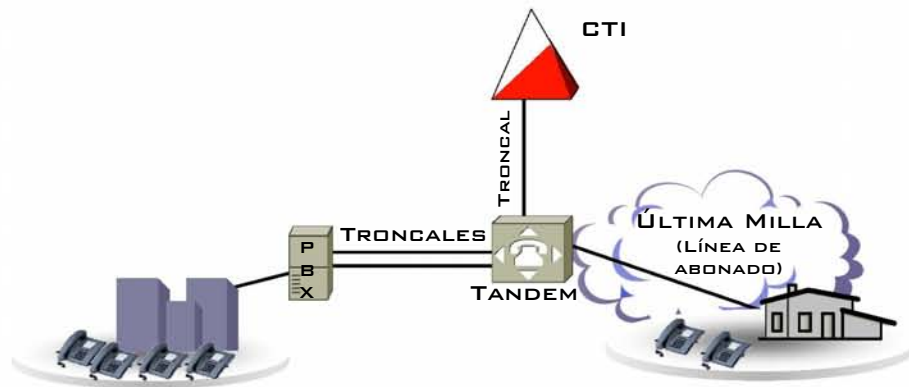


Figura 1.8 Elementos que conforman la red PSTN

## 1.3 Conmutación y Multiplexaje en Telefonía Digital

### 1.3.1 Conmutación Telefónica

La red telefónica se caracteriza por ser una sucesión alternada de nodos y canales de comunicación desde un origen hasta llegar a un destino, para lograr esto la red se vale de los *conmutadores*, los cuales son dispositivos que se encargan de controlar el camino de la voz entre puntos específicos de la red hasta que la señal llega al final de su recorrido, dichas centrales se caracterizan por interconectar a varios usuarios en lo que se conoce como la Red Telefónica Pública Conmutada o PSTN.

Dentro de las funciones de las centrales telefónicas destacan la *señalización* que consiste en el monitoreo de las troncales, el *control* cuya función es preparar las conexiones necesarias y la *conmutación* que se encarga de hacer la conexión entre diferentes líneas telefónicas.

Existe una gran variedad de centrales telefónicas dependiendo de la capacidad con que cuentan, por ejemplo, existen los *PBX* (Centrales Privadas de Conmutación) que se encargan de proporcionar servicios de marcación automática, conexiones con redes de comunicaciones locales o troncales. Con esto se puede brindar servicio telefónico a

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

pequeñas áreas como es el caso de pequeñas y grandes empresas. Además con la ayuda de un PBX también se pueden agregar una gran cantidad de servicios y funcionalidades extras como es el caso del marcado rápido para marcar los números más comunes de forma abreviada, o el timbrado distintivo para identificar de donde proviene la llamada, así mismo ofrece la llamada en espera, la transferencia de llamadas, conferencia tripartita y desvío de llamadas, entre otros, dichas funcionalidades crecen día con día ya que cada año salen al mercado nuevos PBX con nuevas funcionalidades.

Algo similar a un PBX es un *CENTREX* (Central Office Exchange Service) que proporciona unos servicios parecidos a los de un PBX, pero desde la central telefónica, con esto se puede dar servicio de comunicaciones a pequeñas oficinas o empresas, haciendo más barato en servicio ya que no tienen que comprar equipo especial para contar con dichas funcionalidades o darle mantenimiento al equipo.

Para contar con un sistema completo de telefonía se pueden incorporar sistemas de procesamiento de voz como es el caso de los correos de voz y los IVR. Con los sistemas de *correo de voz* se pueden dejar mensajes, los cuales son almacenados en formato digital (comprimida o sin comprimir) y posteriormente pueden ser reproducidos para que el mensaje llegue al usuario aunque no se encuentre al momento de la llamada. Una forma evolucionada del correo de voz son los *IVRs* (Interactive Voice Response) ya que estos, además del almacenamiento de voz, establecen una comunicación bidireccional por medio de tonos DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) entre quien llama y el equipo. En cuanto a la respuesta de estos sistemas puede ser en forma de voz, fax, correos electrónicos, toma de estadísticas como es el caso de las encuestas que se hacen en los programas de televisión.

### 1.3.2 Multiplexaje en Telefonía Digital

Todas las señales telefónicas analógicas al ser convertidas en digitales pasan por una serie de procesamientos, donde el último es el multiplexaje, pero vamos a analizar los demás para entender este último de la mejor manera posible. Estos procesos son muestreo, cuantización, codificación y finalmente multiplexaje.

#### 1.3.2.1 Modulación de Pulso Cuantificado (PCM)

Para hacer la conversión analógica a digital primero se debe hacer el *muestreo* que consiste en tomar medidas en instantes de tiempo determinados de la señal analógica, con estas muestras se podrá reconstruir la señal original, aunque siempre habrá errores debido a que el tiempo en que se toman las muestras es finito y no pueden ser tomados todos los puntos de la señal analógica. Según el Teorema del muestreo de Nyquist (ver sección 1.1.2.2) para poder capturar la forma de onda se debe muestrear al doble del ancho de banda de la señal original, para el caso de la voz cuyo ancho de banda es de 4000 Hz, se deben tomar 8000 muestras por segundo, es decir una muestra cada 125  $\mu$ s.

La *cuantización* se caracteriza por asignar un valor de amplitud finito a una muestra de la señal analógica. Es importante mencionar que dependiendo del nivel de cuantización se tendrá un *error de cuantización*, ya que la señal no se podrá recuperar completamente en la etapa de decodificación, por lo tanto para disminuirlo se debe incrementar el número de niveles de cuantización. Por lo anteriormente mencionado es que se hace un ajuste al momento de cuantizar, dicho ajuste se denomina *companding*, el cual está basado en que la señal de la voz, en cuanto a su amplitud, tiende a cero. Por lo tanto del *companding* es el proceso de comprimir el rango de la amplitud de la señal antes de transmitirla y luego expandirla a su forma original, con esto se logra tener un mayor número de niveles de cuantización para señales pequeñas y un menor número de niveles para señales grandes. Es importante mencionar que existen dos leyes para hacer el *companding*, la Ley A originada en Europa\* y la ley  $\mu$  que es utilizada en Estados Unidos y Japón.

Finalmente la *codificación* se define como la etapa en la cual las muestras una vez cuantizadas se convierte en señales binarias, en el caso de la telefonía en México se tienen 256 niveles de cuantización, por ello se deben tener 8 bits para cuantizarlas. Como se mencionó anteriormente el muestreo se hace 8000 veces por segundo, y si se codifica a 8 bits se obtiene un ancho de banda de 64 kbps de un único canal de voz en telefonía, conocido también como DS0. Para representar eléctricamente una señal binaria se utiliza el *código de línea*, en el caso de México se utiliza *HDB3* (High Density Bipolar), un código con “retorno a cero” (RZ), el cual representa a los “ceros” con ausencias de voltaje y a los “unos” con presencia de voltaje alternados (+1 y -1), muy similar a AMI, pero con la diferencia de que cuando se tienen cuatro “ceros” consecutivos (0000) se hace una violación a la regla poniendo un “uno” al final (0001). La ventaja de este código sobre otros es que hay equiprobabilidad de símbolos, con esto se logra ausencia de corriente continua, además de que permite mantener la temporización del receptor y de esta forma mantener sincronizado a los equipos.

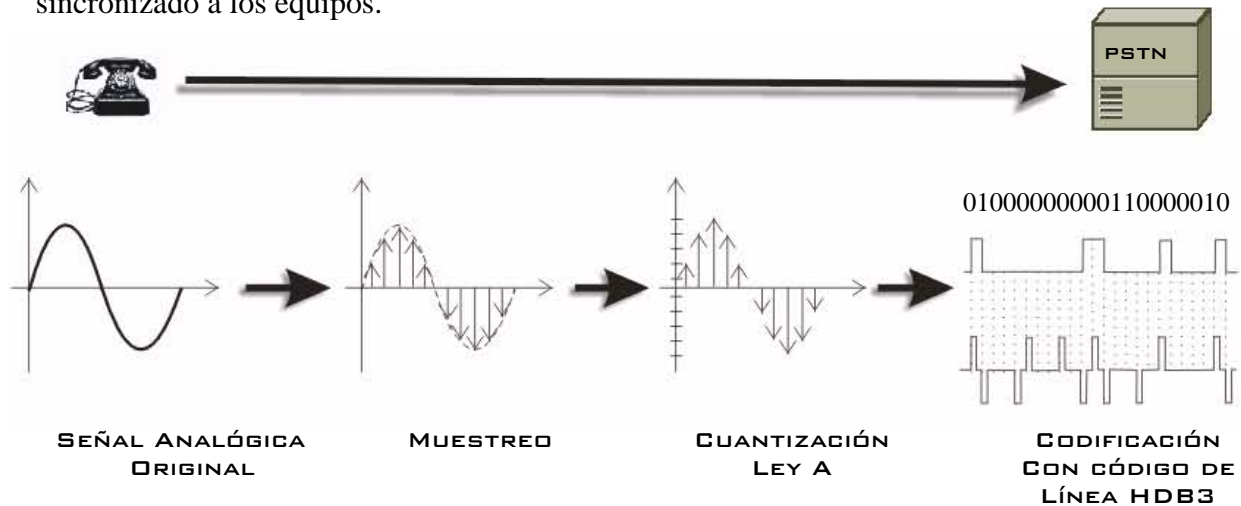


Figura 1.9 Modulación de Pulsos Codificados

\* La Ley A es la que se utiliza en México

### 1.3.2.2 Multiplexaje por División en el Tiempo

El *Multiplexaje por División el Tiempo* o TDM (Time Division Multiplexing) permite que múltiples usuarios puedan compartir un canal digital a través de ranuras en el tiempo asignadas, que para el caso de telefonía este canal asignado de 64 kbps será muestreado cada 125  $\mu$ s.

Este tipo de multiplexaje esta compuesto básicamente por un multiplexor y un demultiplexor. Cuando las señales llegan al *multiplexor* se encuentran con los llamados interruptores de canal los cuales se van cerrando en forma secuencial (controlados por un reloj central), de esta forma, cada canal de voz es conectado al medio de transmisión durante un periodo de tiempo determinado por el reloj. Del otro extremo se tiene un *demultiplexor* el cual realiza la función inversa, es decir, conecta al medio de transmisión con la salida de cada uno de los canales de voz mediante interruptores controlados por el reloj del demultiplexor. Es importante mencionar que ambos relojes se encuentran sincronizados mediante una señal que es enviada por el mismo medio de transmisión, como es el caso de las señales codificadas con HDB3, que al tener los cambios de símbolos con equiprobabilidad permite que se sincronice el receptor.

### 1.3.2.3 Jerarquía PDH

Una *jerarquía* es el conjunto de agrupaciones de canales de voz TDM. El patrón de TDM que se utiliza en Europa y en otras partes del mundo (incluyendo México) es con 30 canales de 64 kbps y un canal más de sincronía (canal 0) y otro de señalización (canal 16), para tener un total de 32, es decir, 2048 kbps, también conocido como E1. Para mayor referencia vea la Figura 1.10. Esta jerarquía es conocida como PDH o *Jerarquía Digital Plesiócrona*. Lo de plesiócrona proviene porque casi es síncrona, es decir, no todos los elementos de la red están sincronizados con la misma referencia (como es el caso de SDH que se analizará más adelante) en esta jerarquía cada equipo tiene su propia sincronía. Debido a que existe esta diferencia en la sincronía entre los equipos, es muy común que las velocidades de transmisión entre ellos varíen y por ello se tienen que agregar unos bits de justificación al momento de hacer el multiplexaje y se eliminan al demultiplexar en cada uno de los niveles de multiplexaje.

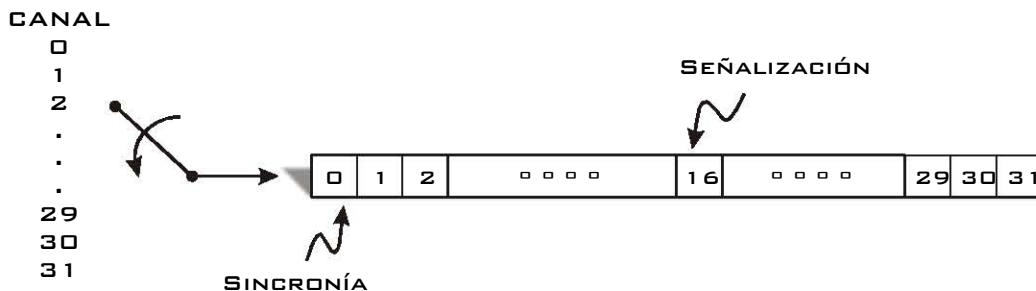


Figura 1.10 Trama Básica E1

Debido a la amplia demanda de servicios pronto un E1 no fue suficiente para transmitir la gran cantidad de señales generadas, por ello se hicieron tramas de orden superior, las cuales se obtienen de multiplexar los niveles básicos por cuatro, pero cabe recordar que las velocidades de transmisión son ligeramente mayores debido a los bits adicionales de justificación (ver Tabla 1.1).

Es importante mencionar que la jerarquía PDH compuesta por E1s no es la única, en Estados Unidos se utiliza un patrón similar pero con velocidades inferiores de 1.544 Mbps (T1) ya que en lugar de 32 canales utiliza 24. Debido a nuestra cercanía con este país existen algunas ocasiones en que también se utiliza este sistema. A continuación se muestran las características principales de las tramas de PDH.

Denominación Europea			Denominación Americana		
	Canales de Voz	Velocidad de Tx		Canales de Voz	Velocidad de Tx
E0	1	64 kbps	DS-0	1	64 kbps
E1	30	2.048 Mbps	DS-1 (T1)	24	1.544 Mbps
E2	120	8.448 Mbps	DS-1C	48	3.152 Mbps
E3	480	34.368 Mbps	DS-2 (T2)	96	6.312 Mbps
E4	1920	139.264 Mbps	DS-3 (T3)	672	44.736 Mbps
E5	7680	565.148 Mbps	DS-4 (T4)	4032	274.176 Mbps

Tabla 1.1 Ordenes Jerárquicos Plesiócronicos

### 1.3.2.4 Jerarquía SDH

La *Jerarquía Digital Sincrónica* o SDH por sus siglas en inglés se caracteriza por ser un estándar de telecomunicaciones para redes de alta velocidad y de una gran capacidad. SDH es comparable con SONET\* ya que puede transportar 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps dentro de una tasa de transmisión de 155.52 Mbps principalmente dentro de fibras ópticas y cables de cobre, aunque también existen sistemas SDH de radio.

En SDH se pueden tener tasas de transmisión mayores a 155.52 Mbps (STM-1) en secuencias de  $n \times 4$ , dando por ejemplo, 622.08 Mbps (STM-4) ó 2488.32 Mbps (STM-16). Para soportar el crecimiento de la red y la demanda de ancho de banda en los servicios, se puede seguir multiplexando hasta tasas de 10 Gbps, de tal forma que los límites los pone la tecnología que se tiene actualmente no la escasez de estándares. Cabe mencionar que como en este caso la referencia de reloj es la misma para todos los dispositivos no se necesitan

\* Estándar definido por la ANSI para su uso en Estados Unidos cuyo significado es Synchronous Optical Network que después fue tomado por la UIT-T para dar origen a SDH



## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

bits de justificación y por lo tanto los ordenes superiores de STM-1 si son múltiplos exactos de los ordenes inferiores, lo cual además permite el demultiplexaje inmediato de una señal de cualquier orden de multiplexaje, es decir, se puede pasar de un STM-16 a un STM-1 sin tener que pasar por un STM-4 a diferencia de PDH en donde para pasar de un E4 a un E1 hay que pasar por un E3 y después por un E2 para finalmente llegar a un E1.

Cada interfase contiene encabezados para la administración y el monitoreo de errores. Tanto las áreas de encabezado como las de carga de tráfico pueden estar completa o parcialmente ocupadas. Las tasas menores a 155 Mbps pueden ser soportadas utilizando interfaces de 155 Mbps en las que el área de carga de tráfico está parcialmente ocupada.

Recordemos que una señal STM-1 puede ser formada a partir de algunas de las jerarquías PDH, para lograrlo se eligieron cuatro velocidades básicas para que por lo menos una de las jerarquías de cada país se pudiera convertir a STM-1. A continuación se muestra el mapeo que se debe hacer para que de una señal PDH pueda llegar a una señal SDH básica (STM-1).

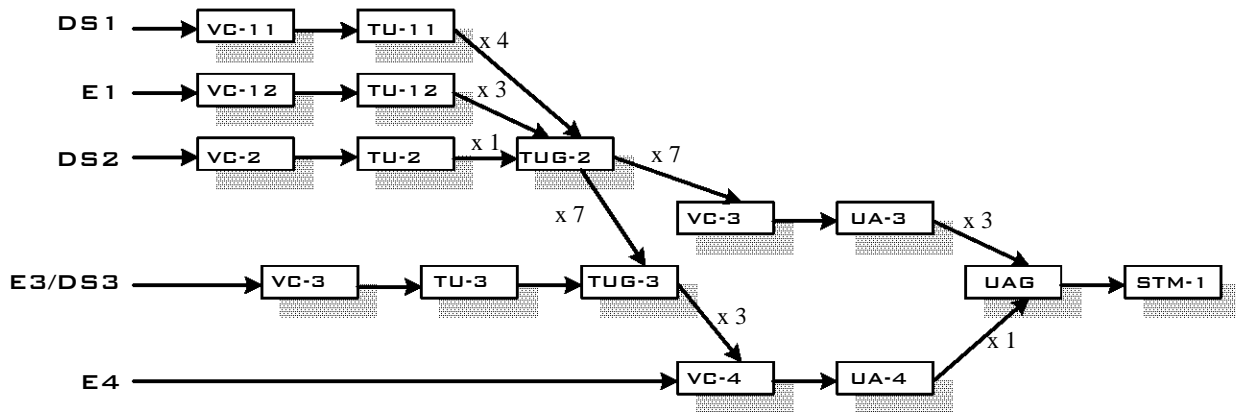


Figura 1.11 Estructura de Multiplexaje SDH

Para entender un poco mejor la Figura 1.11 tomaremos como ejemplo la velocidad de 2048 kbps (E1). La información útil (*payload*) se coloca en un contenedor (C), en este caso el contenedor es de 2048 kbps, a C se le pone un Encabezado de Trayectoria (POH) donde se pone la información del destino y de esta forma puede ser encapsulado en un Contenedor Virtual de orden inferior 12 (VC12). En las señales SDH es condición fundamental que antes de proceder a la multiplexación se efectúe la alineación de los punteros, esto significa cambiar el contenido del apuntador reacomodando a la posición a la cual debe apuntar, es decir, a la posición en donde empieza la información útil, al hacer esto en el VC12 se crea una Unidad Tributaria de orden 12 (TU12). Si agrupamos 3 TU12, se forma un Grupo de Unidades Tributarias de orden 2 (TUG2), después se agrupan 7 TUG2 en un Contenedor Virtual de orden superior (VC3) y haciendo nuevamente un proceso de apuntamiento se forma una Unidad Administrativa de orden 3 (AU3), y por último agrupando 3 AU3 se

forma un AUG (Grupo de Unidades Tributarias) al cual agregándole el encabezado (SOH) para indicar en donde comienza la trama da como resultado la trama STM-1.

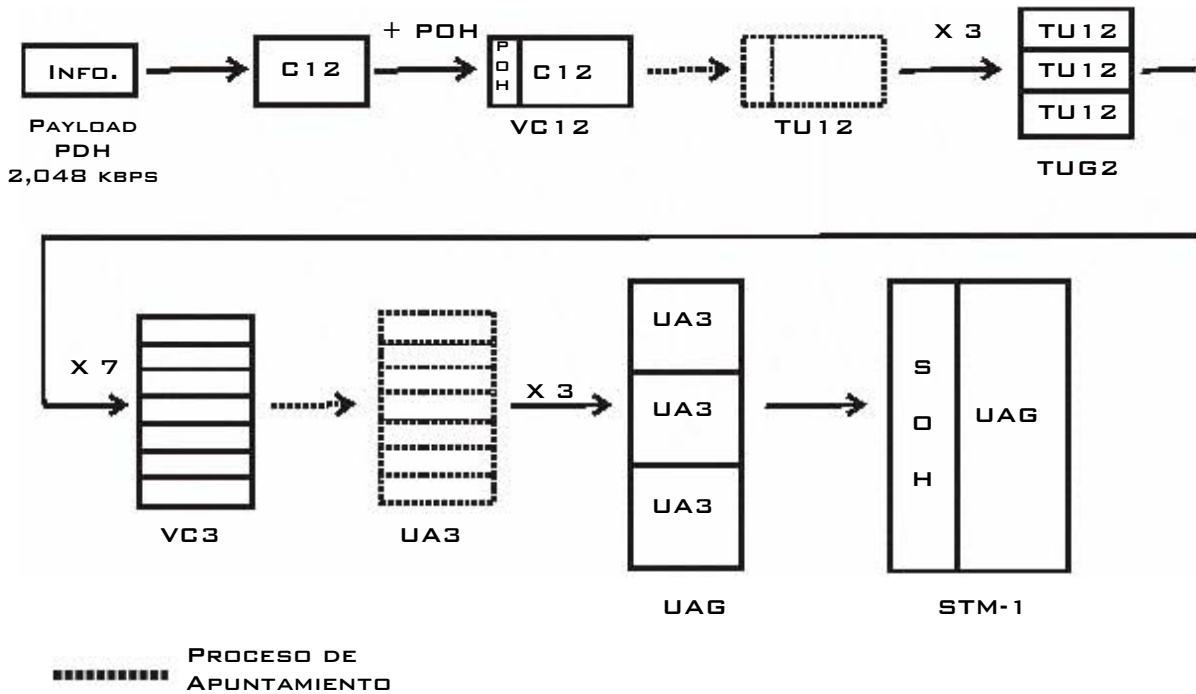


Figura 1.12 Formación de una trama STM-1, a partir de una señal PDH de jerarquía E1

En SDH la sincronía es muy importante y si esta no se garantiza puede producirse una degradación importante en las funciones de la red e incluso el fallo total en la red. Es por ello que toda la red debe estar sincronizada respecto a un reloj central de alta precisión (Reloj de Referencia Primaria) conforme a la recomendación [G.811](#) de la UIT. En caso de falla de este reloj, los equipos SDH conectados a este deben cambiar a una fuente secundaria de igual o menor precisión ([G.812](#)), en caso de que esto no sea posible el equipo deberá pasar a un estado de *holdover*, en el cual se mantiene la señal de reloj relativamente precisa controlando el oscilador al aplicar valores de corrección de frecuencia almacenados durante las últimas horas. De acuerdo a las recomendaciones de la UIT G.811 y G.812 las fuentes de reloj pueden ser clasificadas como se muestra en la Tabla 1.2

	<i>Stratum 1 (G.811)</i>	<i>Stratum 2 (G.812)</i>	<i>Stratum 3 (G.812)</i>
<i>Tipo</i>	Fuente Primaria	Fuente Secundaria	Fuente Terciaria
<i>Precisión [seg.]</i>	$1 \times 10^{-11}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$4.6 \times 10^{-6}$
<i>Estabilidad de Holover [seg.]</i>	---	$1 \times 10^{-9}$ / día	$3.7 \times 10^{-7}$ / día

Tabla 1.2 Especificaciones estándares G.811 y G.812

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

Finalmente a manera de resumen se muestran las jerarquías para transmisión de señales digitales en la Figura 1.13, además, se muestra el múltiplo para pasar de un orden inferior a uno superior en la Tabla 1.3:

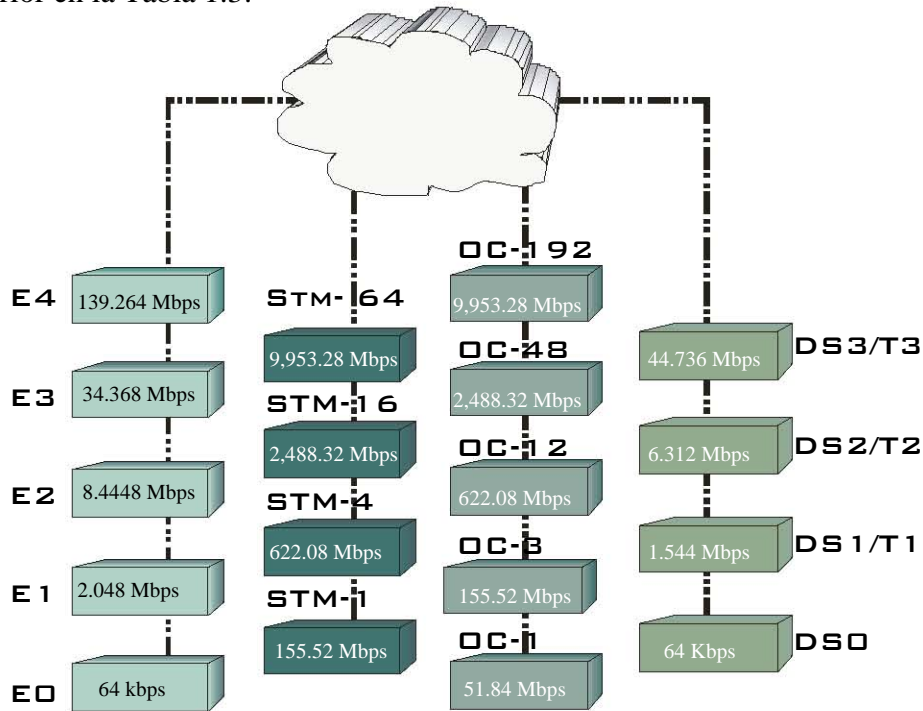


Figura 1.13 Jerarquías Digitales

PDH		SDH / SONET	
Norma Europea	Norma Americana	Norma Europea	Norma Americana
$E1 = 32 \times E0$	$DS1 = 24 \times DS0$	$STM-4 = 4 \times STM-1$	$OC-3 = 3 \times OC-1$
$E2 = 4 \times E1$	$DS2 = 4 \times T1$	$STM-16 = 4 \times STM-4$	$OC-12 = 4 \times OC-3$
$E3 = 4 \times E2$	$DS3 = 7 \times T2$	$STM-64 = 4 \times STM-16$	$OC-48 = 4 \times OC-12$
$E4 = 4 \times E3$	---	---	$OC-192 = 4 \times OC-48$

Tabla 1.3 Jerarquías Digitales

### 1.4 Señalización SS7

En un principio la señalización (cambios de nivel y tonos) era transportada dentro del propio canal telefónico, es decir, “en banda”, y era interpretada por los elementos electrónicos y electromecánicos que componían la red. Después, con la digitalización de la

telefonía, la señalización se hizo por medio de centrales especializadas en este tipo de tráfico, con lo cual se tuvieron redes de conmutación dedicadas a la señalización.

Es así como surge el *Sistema de Señalización Número 7 (SS7)* reconocido por la UIT a partir de 1980, el cual se caracteriza por tener una capacidad de señalización de 64 kbps, lo cual es equivalente a 1350 canales de voz.

Este sistema de señalización se caracteriza por ser flexible, por ser capaz de evolucionar, por tener una arquitectura de cuatro niveles del modelo de referencia OSI, pero la característica más importante es que es una *señalización por canal común*, es decir, que existe un conjunto de dispositivos entre las centrales telefónicas dedicados específicamente al transporte de las mensajes de señalización (establecimiento, liberación y supervisión de los canales de voz) a diferencia de los sistemas de canal asociado en donde la señalización se transportaba por un canal de transmisión dedicado exclusivamente a un circuito de voz.

### 1.4.1 Capas de SS7

Con el objetivo de contar con un sistema de señalización único, la UIT-T ha diseñado el SS7 basado en la arquitectura del modelo de referencia OSI de 7 capas (para mayor información refiérase a la sección 1.5.2.1), el cual al aplicarlo al SS7 se reduce a 4 capas como se ve en la Figura 1.14.

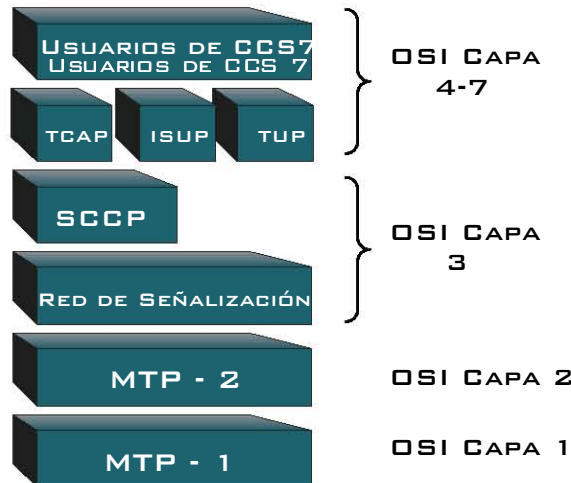


Figura 1.14 Diagrama de capas de SS7

Donde:

- **Enlace de datos de señalización (MTP-1):** Se encarga de las funciones de interconexión física entre los módulos a conectar.

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

- **Enlace de Señalización (MTP-2):** Tiene la función de alineamiento de los paquetes mediante banderas al inicio y al final. Con ello se logra la detección de errores mediante un código CRC-16 (Cyclic Redundancy Check de 16 bits). Si se detectan errores se descarta el mensaje y se pide que se vuelva a enviar de forma automática.
- **Red de Señalización (MTP-3):** Se ocupa de la transferencia de mensajes entre puntos de señalización que son nodos de la red de señalización. Sus funciones son la de discriminar, enrutar y distribuir los mensajes, además, en caso de fallas o congestión, se puede reconfigurar la red de señalización.
- **SCCP:** Se utiliza para dar servicios especiales de sistemas celulares. Suministra capacidades amplias de direccionamiento para enrutar mensajes dentro de SS7.
- **Parte de Usuario de Telefonía (TUP):** Asegura la generación y tratamiento del mensaje de señalización del usuario de telefonía
- **Aplicación de Capacidades de Transacción (TCAP):** Es un servicio de transporte que se ocupa para la transferencia de mensajes en tiempo real, como para enlaces de operación y mantenimiento, en servicios de tarjetas de crédito permite verificar la autenticidad y movimientos de cuenta.
- **ISUP:** Este protocolo se encarga de los mensajes de señalización de los usuarios ISDN. Los mensajes más comunes son: *IAM* → Contiene la información inicial de la llamada, *SAM* → Transporta las cifras no enviadas en el IAM, *ACM* → Para indicar un acceso exitoso al destino, *ANM* → Cuando el usuario remoto ha respondido, *BLO* → Para bloquear un canal útil, *UBL* → Desbloqueo de canal útil, *REL* → Inicia la liberación del canal, *RLC* → Cuando la liberación del canal finalizó.

### 1.4.2 Estructura de la red SS7

Existen varios nodos en la red señalización SS7, entre ellos destacan los SEP (Signaling End Point) y los STP (Signaling Transfer Point). Los *SEP*, como su nombre lo indica, son puntos de fin de la señalización cuyos mensajes son enviados de una central telefónica a la red SS7, o que son recibidos por una red SS7 y terminados en la central telefónica, es decir, procesados por la central. Los mensajes que van a los *STP* provienen de la red SS7 y son re-enrutados a la red SS7, es decir, sólo son transferidos de un punto de señalización a otro.

Un nodo de la red de señalización es determinado por su Código de Punto de Señalización (SPC) y el indicador de la red. Los mensajes de SS7 contienen un *DPC* (Código de Punto de Destino) y un *OPC* (Código de Punto de Origen) como dirección. La red de señalización SS7 de telefonía esta diseñada para trabajar sobre canales de 64 kbps, pero también puede convivir con arquitecturas basadas en IP como se verá en las secciones siguientes de esta Tesis.

## **1.5 Introducción a las Redes de Datos**

En esencia un sistema de telecomunicaciones está diseñado para permitir la transmisión y/o recepción de información. Estos sistemas tienen ciertos componentes y características que determinan que tipo de información puede ser transmitida o recibida (telefonía, televisión, música, datos de computadora, imágenes, etcétera), cuánta (número de canales o velocidad de los datos), en qué frecuencias (MHz, GHz, etcétera), con qué rapidez y fidelidad, a qué distancias, a qué costo, la cobertura, la calidad del servicio (QoS), entre otros parámetros.

Antes de describir más a fondo los sistemas de comunicaciones existentes para diferentes tipos de redes de datos, este capítulo de la Tesis se dedicará a revisar los fundamentos y la terminología asociada con las comunicaciones de datos en los cuales están basadas todas las formas de distribución. En particular, estará enfocada en las diferentes técnicas que se utilizan para lograr una transferencia de datos confiable entre dos dispositivos, es decir, un transmisor y un receptor.

Hoy en día las redes de datos facilitan la comunicación entre individuos, ya sea de forma personal, dentro de una organización o inclusive entre países muy distantes; lo que permite que una empresa incremente su productividad o simplemente mejorar las condiciones de vida de los usuarios de este tipo de redes.

Los servicios ofrecidos por las telecomunicaciones y la demanda de los mismos crecen día a día de forma impresionante, de hecho, la economía y el desarrollo de los países depende en gran parte de la infraestructura de comunicaciones que tenga. En la actualidad existe una gran variedad de redes de datos, tanto públicas como privadas, y dependiendo de la distancia entre el origen y el destino, del presupuesto por circuito o canal, del ancho de banda requerido, si se puede o no hacer un cableado, la seguridad, la calidad del servicio; será la forma de seleccionar entre diversas tecnologías existentes cuál es la que más se adecua a nuestras necesidades y presupuesto.

El requisito fundamental en todas las aplicaciones de redes de datos que involucran a dos o más dispositivos terminales es que puedan proveer una comunicación de datos apropiada y eficiente. En la práctica, sin embargo, una amplia gama de tipos de comunicación pueden ser utilizadas, cada una pensada para un dominio específico. Por ejemplo, si únicamente se requiere transmitir un archivo de datos de una computadora a otra similar en el mismo cuarto de oficina, entonces la instalación de los equipos de comunicaciones será mucho más simple que si los datos tuvieran que ser transferidos entre diferentes dispositivos a diferentes sitios como pueden ser ciudades, países e inclusive continentes.

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

### 1.5.1 Redes de datos

Hasta ahora se ha hablado de las redes de datos, pero ¿Cómo se define a una red de datos? Una *red de datos* se puede definir como una colección de dispositivos conectados entre sí, capaces de intercambiar algún tipo de información de forma digital, tales como bases de datos, correos electrónicos, datos de telemetría y comando, voz, entre otros. En la actualidad, la mayoría de las organizaciones, públicas y privadas, se encuentran distribuidas de tal forma que cubren grandes zonas geográficas. Muchos de los departamentos de cada organización requieren un intercambio de información constante entre ellos, por ello requieren de las redes de datos y cada vez están teniendo mayor importancia.

Cuando más de dos dispositivos están involucrados en una aplicación, una red es comúnmente habilitada para que todos los equipos se puedan comunicar unos con otros a diferentes tiempos. Si todos los dispositivos están distribuidos alrededor de una sola oficina o edificio, es posible instalarlos en una sola red. Estas redes son conocidas como *Redes de Área Local* o LAN, estas se caracterizan por ser redes de datos cuyas coberturas son de máximo unos cuantos cientos de metros con velocidades de alrededor de 10 Mbps. Para su implementación se utilizan switches y hubs.

Cuando los equipos se encuentran colocados en diferentes sitios geográficos, como entre ciudades, resulta una *Red de Área Amplia* o WAN. El tipo de WAN dependerá de la naturaleza de la aplicación, pudiendo ser una WAN empresarial o pública. Las velocidades de transmisión en este caso van desde 56 Kbps hasta 10 Gbps.

También existen las *Redes de Área Metropolitana* o MAN (Metropolitan Area Network) las cuales se implementan para cubrir las necesidades en una ciudad, comúnmente a velocidades de 100 Mbps. De igual forma, recientemente se han empezado a desarrollar las *Redes de Área Personal* o PAN (Personal Area Network) para comunicar dispositivos que se encuentran en áreas muy cercanas de uno o dos metros\*.

#### 1.5.1.1 Topologías de Red

Existe una gran variedad de maneras en las que podrían ser organizadas las redes de datos, además se debe tener en cuenta que este tipo de redes se encuentran en constante estado de transición y desarrollo. A la forma en que están organizados estos dispositivos se le conoce como *topología de red*.

En la topología de *Bus* todos los dispositivos se encuentran en un medio de transmisión de manera plana, es decir, cuando una señal atraviesa el bus (generalmente por un cable) todos y cada uno de los equipos terminales escuchan al mismo tiempo a la señal que lleva

---

\* Un ejemplo de PAN es bluetooth utilizada para comunicar y sincronizar PCs, Laptops, impresoras, celulares, PALMs, etcétera.





## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

### 1.5.1.2 Ethernet

*Ethernet* es la más popular tecnología de soporte físico de las redes LAN, esto es debido a que tiene un buen balance entre velocidad, costo y facilidad de instalación. Además esta tecnología tiene la habilidad de soportar prácticamente a todos los protocolos de la red, es por eso que tiene tanta aceptación en el mercado de las comunicaciones de hoy en día. Este estándar está definido en [IEEE 802.3](#) como se describe en la Tabla 1.4.

<i>Tipo</i>	<i>Medio de Tx</i>	<i>Ancho de Banda (Mbps)</i>	<i>Longitud Máxima (m)</i>	<i>Topología de Red</i>
10Base5	Coaxial	10	500	Bus
10/100BaseT	UTP Cat 3	10/100	100	Estrella
10BaseFL	Fibra óptica multimodo	10	2,000	Estrella
100BaseTX	UTP Cat 5	100	100	Estrella
100BaseFX	Fibra óptica multimodo	100	2,000	Estrella
1000BaseT	UTP Cat 5e	1000	100	Estrella
100/1000BaseSX	Fibra óptica multimodo	100/1000	2,000	Estrella
1000 Base LX	Fibra óptica monomodo	1000	3,000	Estrella

Tabla 1.4 Diferentes tipos de Ethernet según la IEEE 802.3

### 1.5.1.3 Redes Virtuales (VLANs)

La *LAN Virtual* o *VLAN* es básicamente una subred definida por software y es considerada como un dominio de broadcast, es decir, la red virtual es la tecnología que permite separar lógicamente a la red de su estructura física permitiendo que estaciones LAN se comuniquen entre sí como si estuvieran conectadas por el mismo cable, incluso estando situadas en segmentos diferentes de un edificio o ciudad.

Con la implementación de las VLANs se puede autorizar o negar el que el tráfico salga y entre desde y hacia otras redes, además, estas redes virtuales permiten que la ubicación geográfica no se limite a diferentes hubs o pisos de un edificio, sino a diferentes oficinas intercomunicadas por medio de redes WAN a lo largo de países y continentes sin ninguna limitación mas que la que impone el propio administrador de la red.

La principal razón para establecer VLANs es la reducción en el costo al momento de hacer cambios y movimientos de usuarios, ya que estos cambios tienen costos demasiado altos, pero además con las redes virtuales se pueden hacer grupos de trabajo virtuales, esto es, que los equipos puedan aparentar que comparten la misma red local, sin que la mayoría del tráfico de las redes esté en el mismo dominio de la VLAN, con lo cual si un equipo se mueve a una nueva localización física, pero que continúe en la misma red, se podrá mover sin tener que reconfigurar al equipo.

Finalmente otra de las ventajas que nos proporciona la VLAN es la seguridad, ya que el único tráfico de información en un segmento de un solo usuario será de la VLAN de ese usuario, por lo que será imposible “escuchar” la información si no se le es permitido ya que el tráfico de información no pasa físicamente por ese segmento.

### **1.5.2 Estandarización**

En un principio la interconexión entre las primeras redes de datos era relativamente sencilla cuando se trataba de los mismos fabricantes, pero imposible si eran fabricantes distintos, ya que cada uno de ellos hacía los dispositivos como les convenía o como podían. Cuando diferentes fabricantes tuvieron la necesidad de interconectarse en la búsqueda de nuevos mercados, se hicieron acuerdos en cuanto a la fabricación de software/hardware y así lograr una comunicación exitosa entre dispositivos de diferentes fabricantes. Tiempo después se dieron cuenta que era necesaria la creación de organismos centrales internacionales que dirigieran el proceso de estandarización a nivel mundial para interfaces y protocolos de comunicación. Es así que surgen organismos como la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), ISO (International Organization for Standardization), la ANSI (American National Standards Institute), la ETSI (European Telecommunications Standardization Institute) y la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) y se comienza la estandarización de protocolos con lo cual se logra la interconexión de equipos de diferente fabricantes.

En sus inicios, los proveedores de servicio se concentraba principalmente en la transmisión de datos, y por consiguiente los estándares se asociaban únicamente con lo relacionado al método de conectar dispositivos de estas redes. Pero recientemente los prestadores de servicio han empezado a proveer servicios de información más extensos, como el intercambio de mensajes electrónicos, y el acceso a bases de datos públicas. Para abastecer estos servicios, los organismos de estandarización asociados con la industria de las telecomunicaciones han formulado estándares no sólo para interconectar la red, sino también han creado estándares de un mayor nivel para involucrarse con el formato y control del intercambio de información. Como consecuencia, el equipo de un fabricante que contenga este estándar podrá ser intercambiado por equipo de cualquier otro fabricante que también cumpla con el estándar. El sistema resultante es conocido como sistema abierto o si se quiere ser más preciso, *Entorno de Interconexión de Sistema Abierto* también conocido como *OSIE* por sus siglas en inglés (Open System Interconnection Environment).

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

A mediados de los setentas, empezaron a proliferar diferentes tipos de sistemas de distribución (basados en redes públicas y privadas) por ello fueron reconocidas las ventajas potenciales de los sistemas abiertos para la industria de la computación. Como resultado, una amplia gama de estándares empezaron a ser introducidos. El primero estaba interesado en una estructura global del subsistema de comunicaciones completo dentro de cada equipo. Este fue elaborado por la ISO y es conocido como *Modelo de Referencia OSI* (Open Systems Interconnections) que traducido es Sistemas Abiertos de Interconexión. Los estándares contemporáneos no están diseñados para permanecer estáticos y sin cambios, todo lo contrario, están diseñados para ser aumentados y modificados de modo que nuevas tecnologías puedan existir con dispositivos anteriores.

Es importante tener presente que el apego a un modelo de referencia no implica ninguna implantación o tecnología en particular, en otras palabras, no especifica un medio físico tales como cable coaxial, par trenzado, o fibra óptica, y tampoco un conjunto específico de recomendaciones. Para entender algunos de los aspectos implicados en la planificación de una red de datos, resulta útil dar un vistazo rápido al estándar disponible más utilizado en telecomunicaciones, el modelo de referencia OSI.

### 1.5.2.1 Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI fue creado en 1983 para hacer posible la identificación de procedimientos estandarizados que permitan la interconexión y por consiguiente el intercambio de información entre usuarios de forma efectiva. Entendiéndose por usuarios, varios sistemas que constan de uno o más dispositivos\*, con software asociado, periféricos, terminales, procesos físicos, mecanismos de transferencia de información, operadores humanos y elementos relacionados. Estos elementos, de manera conjunta, deben poder realizar procesamiento y/o transferencia de información. Los estándares desarrollados a partir del modelo de referencia OSI permitirán a diversas redes del mismo tipo o diferentes comunicarse entre sí, como si constituyeran una misma red.

El modelo de referencia OSI es un modelo conceptual, es decir, está diseñado para procedimientos de intercambio de información estandarizados; pero no ofrece detalles ni definiciones ni protocolos de interconexión. Por lo tanto, el modelo de referencia es un marco de referencia para sistemas abiertos, y los detalles de implementación son ajenos a otros estándares.

El modelo OSI está compuesto por siete capas como se muestra en la Figura 1.16 cada una de ellas especificando funciones muy particulares en el contexto de un subsistema de comunicaciones general. Cada capa tiene una interfase bien definida consigo misma y las

---

\* Estos dispositivos generalmente son computadoras personales (PC), pero pueden ser cualquier elemento de la red que necesite comunicarse como veremos más adelante.

capas inmediatamente inferior y superior, consecuentemente, la implementación de cada capa particular del protocolo es independiente de todas las demás capas.

Las tres capas de la parte inferior (1 a 3) son orientadas a la red y están involucradas con los protocolos asociados a las redes de comunicaciones de datos usadas para enlazar los dos equipos que se desean comunicar. Por otro lado, las tres capas superiores (5 a 7) están orientadas a la aplicación y están involucradas con los protocolos que permiten que aplicaciones de procesos de dos usuarios finales puedan interactuar entre ellas. La capa intermedia de transporte (4) cubre las capas superiores orientadas a la aplicación de la operación y las capas inferiores orientadas a la red.

Las siete capas del modelo usan información de control para comunicarse con otras capas. Esta información de control toma la forma de encabezados o colas. El *encabezado* está formado por información añadida al principio del paquete de datos, mientras que las *colas* se componen de información añadida al final de los mismos datos que pasan de capas superiores a capas inferiores del modelo OSI. Dentro de los datos que se mandan en el encabezado destacan: la longitud del paquete, la versión del protocolo, el tipo de servicio, un identificador del paquete, el destino y el origen.

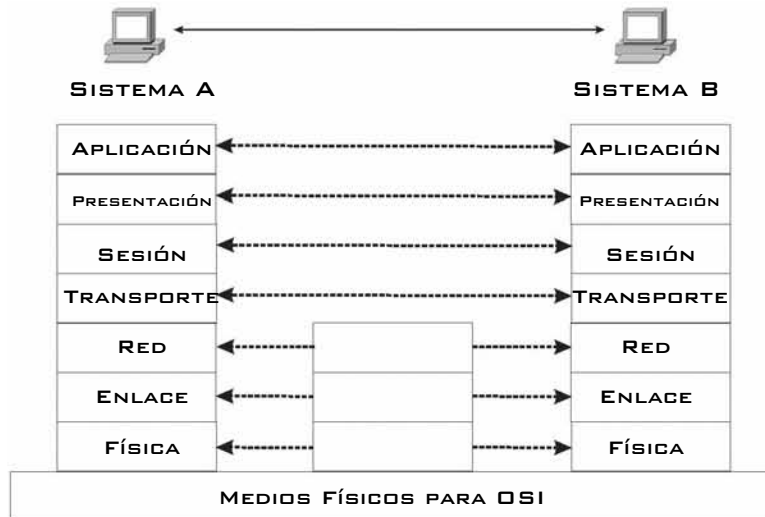


Figura 1.16 Estructura Global del Modelo de Referencia OSI

A continuación se describirán cada una de las capas del modelo de referencia OSI que se muestran en la figura anterior:

- **Capa Física (1):** Es la base del hardware de la red, ya que define las especificaciones mecánicas, eléctricas y funcionales para activar, mantener y desactivar un enlace físico entre sistemas de comunicación. Aquí es donde

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

se especifican las técnicas de modulación, las frecuencias en las que opera la red, los voltajes empleados, impedancias y longitud del cable, entre otros. Es en esta capa en donde entran dispositivos como repetidores, hubs, tarjetas, cables y fibras ópticas.

- **Capa de Enlace (2):** Define la estrategia para lograr un enlace confiable a través del enlace físico entre puntos continuos de la red. Se puntualizan especificaciones tales como direccionamiento físico, topología de la red, detección y corrección de errores, control de flujo y establece la técnica de acceso al medio.
- **Capa de Red (3):** Busca la mejor trayectoria posible, es decir, se encarga de proveer funciones de enrutamiento y otras relacionadas que permiten integrar múltiples canales de datos en una red. En esta capa es donde se identifica la dirección lógica, la cual permite identificar un dispositivo en cualquier parte de una red.
- **Capa de Transporte (4):** Actúa como interfase entre las capas superiores y las capas inferiores. Su tarea principal es proveer un tránsito confiable a través de la capa de red realizando funciones como detección y corrección de errores, control de flujo, multiplexaje y administración de circuitos virtuales.
- **Capa de Sesión (5):** Hace las conexiones lógicas (sesiones) de lo que se va a transportar. Se encarga de proporcionar los recursos necesarios para habilitar dos entidades de la capa de presentación, permitiendo a estas organizar y sincronizar su comunicación y manejar su intercambio de datos.
- **Capa de Presentación (6):** Aquí es donde se hace la adecuación del formato de información que será utilizada por la capa de aplicación, es decir, se concentra en la representación (sintaxis) de la información que entidades de aplicación comunican o hacen referencia en su comunicación. Servicios tales como conversión de protocolo, descompresión de datos, traducción, codificación (ASCII, EBCDIC, etc.), cambios o conversiones de conjuntos de caracteres y la expansión de comandos gráficos se efectúan en esta capa.
- **Capa de Aplicación (7):** Es la que se encarga de ofrecer los servicios a los usuarios de la red, en otras palabras, lo que ve el usuario final. Aquí se realiza la iniciación y confiabilidad de las transferencias de datos. Ejemplos clásicos de esta capa son FTP, protocolos de correo electrónico y http.

Con la definición clara de estos términos se logra separar lo que es responsabilidad del operador y lo que incumbe al cliente. De este modo, todo operador sabe que es lo que deben cumplir sus equipos para su acceso a los clientes y como deben ser sus contactos. El cliente elegirá un equipo Terminal, el cual debe cumplir también sus especificaciones, de modo que la conexión sea tan fácil como conectar dos cables. De esta forma los fabricantes de los equipos saben a que atenerse y propondrán diferentes soluciones de un mismo equipo, pero con una interfaz final única.

### 1.5.3 Protocolo IP

El *Protocolo de Internet* (IP) es el protocolo más representativo del modelo OSI utilizado para la capa de Internet. La tarea principal de este protocolo es el direccionamiento de los llamados datagramas de información, además administra el proceso de fragmentación de dichos datagramas, entendiéndose por *datagrama* la unidad de transferencia que utiliza IP. Este protocolo se caracteriza porque por sí solo no corrige errores ni controla la congestión por lo que no garantiza la entrega en secuencia de los datagramas, esto es función del ruteo (encaminamiento) en la red.

#### 1.5.3.1 Encabezado IP

Ahora bien, estos datagramas tienen cierta información adicional a la de los datos que se quieren transportar, esta información sirve para asegurar que el datagrama llegue a su destino y es conocida como *encabezado*. Entre los elementos más importantes de este encabezado tenemos:

- **Versión:** Identifica la versión del protocolo, la más común es la 4, aunque también hay IP versión 6.
- **Total Length:** La longitud total del encabezado y los datos.
- **ToS\*:** Tipo de Servicio, sirve para identificar a los servicios de calidad que se le pueden dar.
- **Identificación:** Este ID permite hacer único al datagrama.
- **TTL: Tiempo de Vida,** es un contador para saber cuanto tiempo lleva el datagrama en la red, con esto se evita que esté circulando indefinidamente.
- **Checksum:** Genera un código (algoritmo polinomial) para saber si el encabezado viaja sin errores.
- **Dirección de Origen y Destino:** Para saber de donde viene y hacia donde va dirigido el datagrama.

#### 1.5.3.2 Direccionamiento IP

Cuando un equipo necesita enviar información a otro éste le envía la información mediante la dirección IP, la dirección de red, la máscara y la puerta de enlace (gateway). IP utiliza una dirección de 32 bits para identificar a un equipo y la red a la cual pertenece. Típicamente se divide en 4 números de 8 bits, por ello se tiene valores entre 0 y 255. Existen direcciones que por definición se conservan reservadas, es decir, que no están en Internet y por lo tanto pueden ser utilizadas para una red interna (Intranet), tal es el caso de la red 10.x.x.x ó 169.x.x.x, es por ello que todas las direcciones pertenecientes a esta red

---

\* También es conocido como Servicio Diferencial o DiffServ

## 1. Telefonía y Redes de Telecomunicaciones

pueden ser utilizadas por cualquiera que no esté conectado a Internet sin tener que pedir permiso a un organismo internacional como es en el caso de las demás redes. Como se verá más adelante en esta Tesis, en el proyecto que se analiza se utilizó la red 10/8 para llevar la información concerniente a la administración de los equipos ya que únicamente se utiliza para comunicación entre equipos y esta información nunca “sale” a Internet.

Una dirección está compuesta por dos elementos: el número de red (identificador de la red) y la dirección de la interfaz (host). Hay varios formatos para la dirección IP, los cuales se diferencian por el tamaño de la red. Los formatos van de la Clase A a la Clase E. La Clase se identifica por la secuencia de los primeros 3 bits. La *Clase A* son las redes más grandes van desde la 0.0.0.1 hasta la 126.0.0.0, la *Clase B* tiene un rango de direcciones que va desde la 128.0.0.0 hasta la 191.255.0.0 (la dirección 127.0.0.0 está reservada para el localhost, es decir, el propio equipo). La *Clase C* está representada por las redes que van desde la 192.0.1.0 hasta la 223.255.255.0, en cuanto a la *Clase D* se utiliza para funciones multicast (difusión entre más de un dispositivo) cuyo rango es desde 224.0.0.0 hasta 239.255.235.255. Finalmente la *Clase E*, aunque se usa únicamente para la investigación, va desde la red 240.0.0.0 hasta 247.255.255.255. Estas clases corresponden al direccionamiento *classful*.

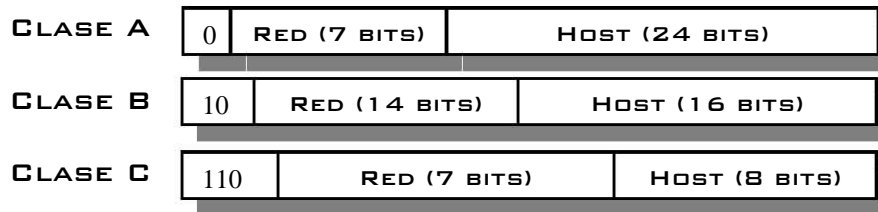


Figura 1.17 Clases de Direcciones IP (Classful)

Con la dirección IP establecida, una red tiene la capacidad de decidir si los datos permanecerán en la misma red o serán enviados a otro destino, para lo cual se deben enviar los paquetes a un *default gateway*, el cual no es más que un equipo que conoce como llegar al equipo con el que se desea tener comunicación, este *default gateway* puede ser una estación de trabajo con funciones de enrutamiento o bien propiamente un enrutador.

Ahora bien, es importante mencionar que una red IP incluye una dirección de difusión que se refiere a todos los elementos de la red (*broadcast*). De acuerdo con el estándar IP cualquier campo de host que consista únicamente de “unos” está reservado para esta función, con esto se logra que un sistema envíe un solo paquete que será difundido por toda la red, ahorrando los recursos de la misma.

También es importante destacar que se tienen limitaciones de direccionamiento en *classful* debido al uso ineficaz de las direcciones IP, esto es debido a que algunas

direcciones son muy pequeñas (Clase C con sólo 256 host) y otras muy grandes como es el caso de la Clase B con 65,536 host, lo que no deja satisfechos a las empresas que necesitan pocas direcciones pero más de 256 ya que si optan por un direccionamiento clase B desperdiciarían muchas direcciones. Para evitar este problema a una dirección IP se le agrega una *mascara de red* la cual es una plantilla de 32 bits que hace la correspondencia uno a uno con la dirección IP, de tal forma que si el bit está en “uno” es indicativo de que su correspondiente bit en la dirección IP es parte del número de red, si por el contrario el bit está en “cero”, indica que corresponde al host. Con la máscara de red se crean las subredes, es decir, redes más pequeñas dentro de una red con direccionamiento classful, con esto se crean las direcciones *classless*. Usualmente la máscara de red se expresa por ejemplo 192.168.8.0/24 que también significa que esta red tiene un prefijo de host de 8 bits, es decir, el número de red está compuesto por 24 bits.

## 1.5.4 Protocolos TCP y UDP

### 1.5.4.1 TCP (Transmission Control Protocol)

El protocolo TCP es un protocolo de capa 4 según el modelo de referencia OSI (ver Figura 1.18) cuyas principales funciones son: la *segmentación* que sirve para tener una mayor eficiencia en el control de errores y para requerir un tamaño de memoria menor; otra función es el *control de errores* ya que puede detectar la ausencia o errores de datos y por lo tanto pedir su retransmisión; por último se encarga del *control de conexión* controlando que la conexión en TCP exista.

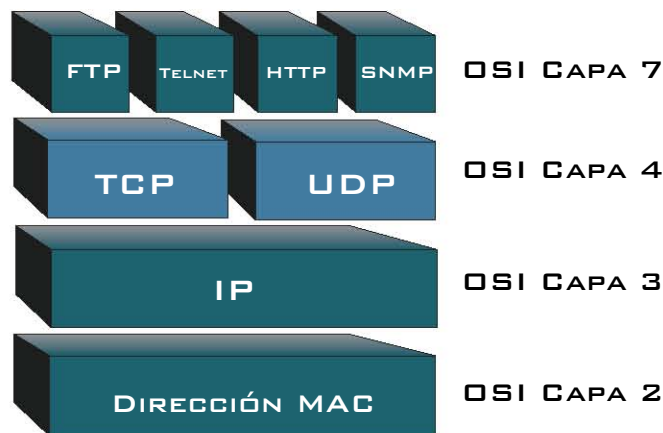


Figura 1.18 Relación de Modelo OSI y TCP y UDP

Como se mencionó anteriormente, una de las características más importantes de TCP es que en caso de que algún segmento llegue con errores o con falta se segmentos intermedios estos se retransmiten. Para ello TCP debe numerar los datagramas antes de ser enviados, de manera que el receptor puede unirlos de manera adecuada. Esto se muestra de



manera más clara en la Figura 1.19 donde se ve que al enviar un datagrama el receptor genera una confirmación de que le llegó bien ACK (*acknowledgement*) en caso de no recibir dicha confirmación el transmisor decide esperar un tiempo por si viene retrasado dicho datagrama, pero al expirar ese tiempo lo vuelve a enviar hasta que reciba la confirmación de que llegó el datagrama. Debido a que se puede perder mucho tiempo al esperar la respuesta de cada uno de los datagramas, se han ideado mecanismos en los que se transmiten varios paquetes en una “ventana” sin esperar ninguna respuesta del receptor sino hasta que el último de los datagramas que componen esta venta llega a su destino y empiezan a llegar las confirmaciones. En caso de que se pierda algún paquete pueden ser retransmitidos todos o únicamente el datagrama perdido, esto es dependiendo del algoritmo que se siga.

Otro de los factores importantes de TCP es el uso de *puertos\**, los cuales sirven para identificar el destino último dentro del equipo. Estos puertos proporcionan una manera de distinguir distintas transferencias puesto que un mismo host puede estar haciendo varias transferencias al mismo tiempo. Existe el puerto de origen y el de destino, al igual que en las direcciones IP, de tal forma que al hacer la comunicación entre dos equipos estos deberán conocer tanto las direcciones IP como los puertos de origen y del destino.

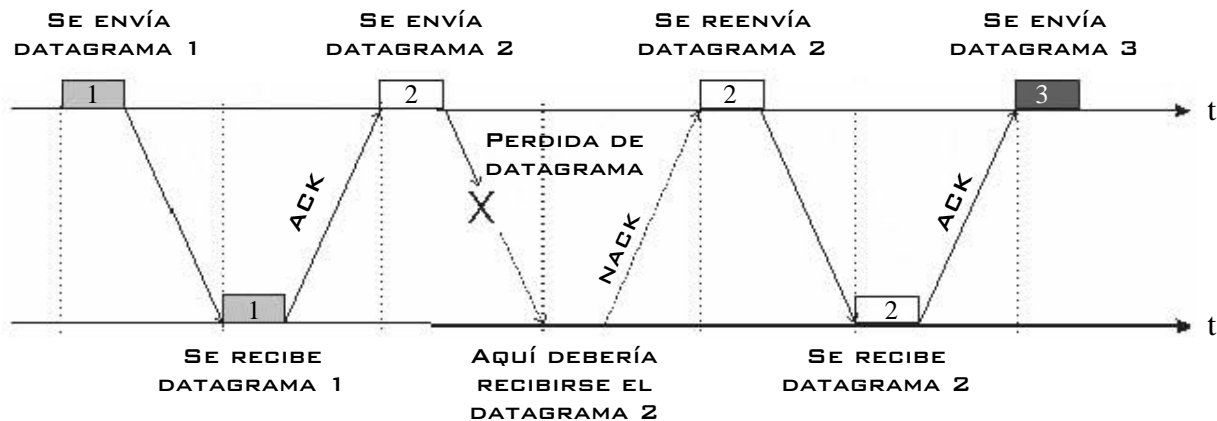


Figura 1.19 Retransmisión en TCP.

#### 1.5.4.2 UDP (User Data Protocol)

El protocolo UDP, es un protocolo de la capa de transporte del modelo de referencia OSI, lo que lo convierte en un protocolo similar a TCP, pero la diferencia radica en que

---

\* Estos puertos también son utilizados para darle mayor seguridad a la red ya que no basta con conocer la IP a la que se quiere acceder, sino también se debe conocer el puerto. A falta de cualquiera de los dos, el acceso es negado.

UDP es un protocolo menos complejo en el que muchas de las funcionalidades de TCP han sido eliminadas, por ejemplo, aunque en UDP se indica la longitud del datagrama, y se puede realizar un análisis de errores, no se hace la numeración de los datagramas y tampoco se retransmite en caso de fallas, lo cual es de gran utilidad cuando se tienen servicios de tiempo real, como es el caso de transmisión de voz y video, en donde se necesita que los datos fluyan de manera rápida y si un dato no llega es mejor que no se retransmita para no alterar la información que se tiene. A continuación se muestran los campos que componen un datagrama UDP, el cual está compuesto por cuatro campos de 16 bits cada uno:

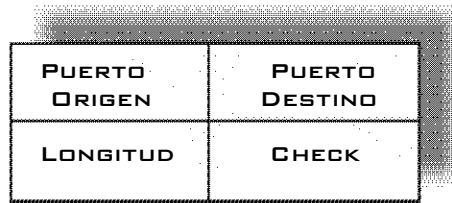


Figura 1.20 Formato de los campos de un datagrama UDP

Donde los campos de *puerto de origen* y *puerto de destino* contienen el número del puerto de origen y destino respectivamente\*. El puerto de origen únicamente es utilizado para indicar a que puerto debe ser enviado la respuesta, en caso de no ser utilizado por default es cero. El campo de *longitud* especifica que tan grande es el datagrama, incluyendo el encabezado y los datos. El campo de *checksum* es opcional y al igual que en el encabezado IP, nos indica si hay error en el paquete o no, pero esto únicamente con un fin estadístico ya que no se hará ningún procesamiento al datagrama en caso de que llegue con errores y mucho menos se pedirá que se reenvíe el datagrama.

Una vez establecidas las bases de la telefonía tradicional y de las redes de telecomunicaciones, podemos hacer un análisis más profundo de la combinación de estas dos en lo que se verá en el siguiente capítulo de Voz sobre IP.

---

\* Tanto el puerto de origen como el de destino consta de 16 bits por lo tanto se pueden tener hasta 65,536 puertos en UDP



## **CAPÍTULO II**

# **PRINCIPIOS DE VOZ SOBRE IP (VOIP)**



## 2.1 ¿Qué es Voz sobre IP?

En la actualidad la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN\*) se encuentra establecida alrededor del mundo brindando servicios de voz de buena calidad y prácticamente instantáneos, es por ello que este sistema es el más utilizado para la telefonía fija. El problema de esta red es que los sistemas telefónicos se encuentran estancados, es decir, su poder de evolución es prácticamente nulo, lo cual es un problema en un mundo en el que cada día los usuarios requieren más servicios y menores costos, es por ello que se han buscado nuevas alternativas en las que se puedan brindar más y mejores servicios con una calidad comparable a la que actualmente se tiene en PSTN.

Una de las alternativas que se han analizado para realizar este cambio es la de transportar las señales de voz por las redes de datos cuyo protocolo es IP, conocido como *Voz sobre IP* o *VoIP* por sus siglas en inglés (*Voice over IP*). Esto en un principio representaba una gran cantidad de problemas, pero gracias al desarrollo de nuevos estándares, mejoras en las tecnologías de compresión de voz, creación de nuevos protocolos para la transmisión en tiempo real, mejores equipos de procesamiento\*\* para comprimir y descomprimir las señales; se ha logrado un ambiente propicio para la implementación de sistemas de VoIP.

Pero ¿por qué utilizar redes de VoIP si la red PSTN funciona bien? La respuesta no es sencilla, pero se fundamenta en el hecho de que esta nueva tecnología nos ofrece servicios y grandes ventajas respecto a PSTN, dentro de las que destacan:

- **Reducción de costos:** Debido a que las llamadas se transportan por una red de datos, estas tienen el mismo costo independientemente de la distancia que recorran, es decir, al operador le cuesta lo mismo transportar una llamada local que una de larga distancia. Además, se tiene una gran escalabilidad, a un bajo costo.
- **Nuevos y mejores servicios:** Una de las mayores ventajas de VoIP es que a parte de los servicios que se tienen con la PSTN tradicional (correo de voz, conferencias en línea, fax, etcétera) se pueden tener diversos servicios que en una red PSTN no son posibles (multiconferencias, llamadas vía Web, video conferencias, extensiones virtuales, entre otras). También, debido a que constantemente se descubren nuevas aplicaciones para las redes IP, de igual forma se tendrán nuevas aplicaciones para los servicios que puede proporcionar la VoIP ya que los equipos terminales tienen mayor “inteligencia” que los teléfonos tradicionales.
- **Flexibilidad:** Es importante recordar que el protocolo IP no depende de la capa de enlace, lo que permite que el usuario final elija el formato de enlace que le convenga a sus fines, en otras palabras, el usuario de VoIP puede elegir

---

\* Public Switching Telephone Network

\*\* Procesadores Digital de Señales o DSP

entre ATM, xDSL, Ethernet, Frame Relay e inclusive puede viajar por líneas analógicas.

- **Estandarización:** Con la creación de estándares universales para Voz sobre IP aparecerán varios proveedores que querrán ofrecer productos compatibles lo que ocasionará la competencia entre múltiples prestadores de servicios lo cual, como consecuencia, minimizará los costos al usuario final.

Gracias a estos beneficios se puede pronosticar que existirá una gran demanda de servicios de este tipo en los próximos años como se puede observar en la Figura 2.1. Es por ello que durante los últimos años fabricantes como Alcatel, Ericsson, NEC, Nortel, Cisco y Siemens han lanzado productos de VoIP, los cuales se caracterizan porque pueden convivir con los equipos de TDM que tenían anteriormente las empresas telefónicas, de tal forma que se pueda hacer una transición progresiva entre las dos tecnologías. Lo importante de estas compañías es que sus equipos ofrecen una calidad de voz muy buena y una fiabilidad aceptable, algo que anteriormente no se tenía.

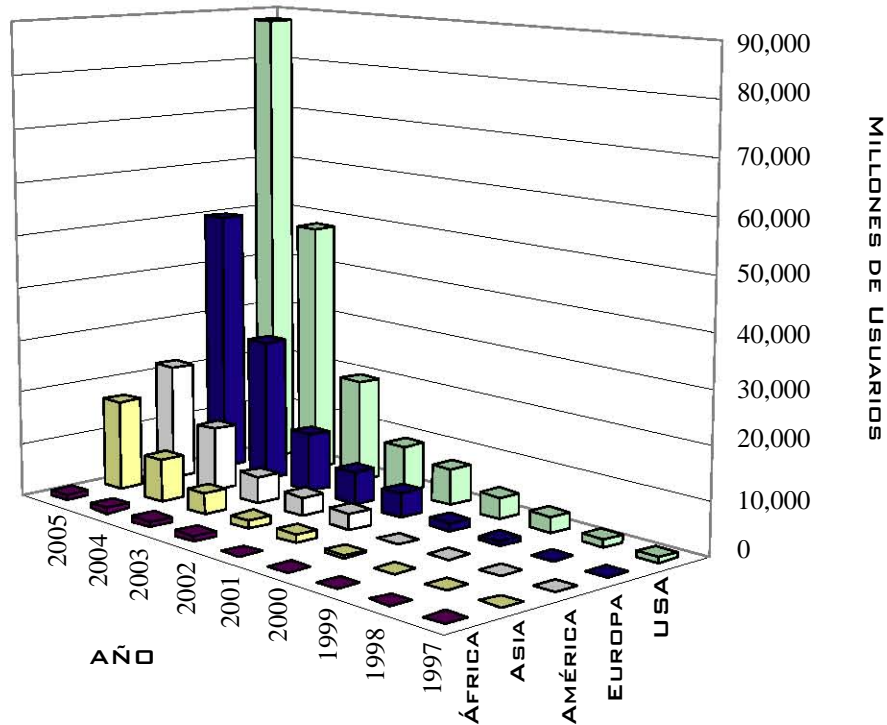


Figura 2.1 Tendencia de la Telefonía de VoIP

Debido al gran auge que han tenido recientemente los sistemas de Voz sobre IP han surgido una gran cantidad de dispositivos que logran llevar acabo esta tarea, de tal forma que dependiendo la empresa que diseñe y construya estos elementos serán las







### 2.2.2 Media Gateway

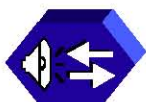


A grandes rasgos un *Media Gateway* (MG) se encarga de proporcionar la conectividad entre el mundo IP y la telefonía convencional, por lo cual únicamente se le utiliza cuando se quiere migrar de redes PSTN a redes de VoIP. Estos dispositivos se encargan del transporte de voz entre la red IP y la red PSTN. Básicamente esta compuesto por un procesador digital de señales (DSP) el cual se encarga de transformar a la señal de voz (PCM) en paquetes de datos o datagramas.

Es en este elemento es en donde se hace la compresión de la voz, donde se le da calidad de servicio a la red, y donde la voz se transforma en paquetes de RTP\*, así como hacer los ajustes necesarios cuando se detecta que se va a enviar un fax o información por medio de módem. Todo lo anteriormente mencionado lo hace en una relación maestro-esclavo con el MGC, ya que si bien el Media Gateway realiza los procesos necesarios, es el softswitch el que le ordena al MG que hacer.

El Media Gateway es el elemento principal si se habla de redes que desean migrar de PSTN a VoIP y debido a que precisamente este tipo de red es el que se desea analizar en esta Tesis se analizará a mayor profundidad este dispositivo en el Capítulo 3. Es importante mencionar que en la actualidad la mayoría de las redes de VoIP utilizan Media Gateways debido a que no existe la infraestructura a nivel mundial para comunicar a todos los abonados utilizando únicamente IP.

### 2.2.3 Servidor de Medios



Este es el dispositivo que se encarga de dar las facilidades proporcionadas por la Red Telefónica Pública Conmutada como el correo de voz y las conferencias multiusuarios, aunque en este caso es desde el punto de vista de IP, en otras palabras, es algo similar a un Centrex pero en IP. Es el responsable de generar servicios conocidos como IP Centrex, es decir, los mismos servicios que un Centrex, pero desde IP, con lo cual se facilita la generación de nuevos servicios como es el caso de marcado rápido para marcar los números de una empresa de forma abreviada en cualquier parte del mundo, centros de llamadas por Internet, multiconferencias de video, etcétera.

### 2.2.4 Dispositivo de Acceso Integrado (IAD)



En el Dispositivo de Acceso Integrado (IAD) la señal vocal (POTS/ISDN) será digitalizada y multiplexada con la señal de datos antes de la transmisión DSL hacia el DSLAM siguiendo vía cobre hacia el DSLAM. Estos equipos concentran una serie de puertos de voz y una interfaz Ethernet en una única línea de ATM sobre SHDSL hacia el DSLAM. A través de los IAD se posibilitan distintos tipos de tecnologías de acceso (xDSL o Cable) y soporta interfaces de abonado estándar para

---

\* Ver sección 2.4.2 de este mismo Capítulo

teléfonos POTS o ISDN normales usando líneas de acceso de banda ancha. Al proveer un control de llamadas centralizado se soportan las facilidades de abonado y operador más actuales, así como la inter-conectividad con PSTN. Se ubican directamente donde se encuentra el cliente por lo que las terminales se conectan a ellos en sitio.

### 2.2.5 Terminal



Es el equipo que tiene el usuario final para establecer las llamadas, este puede ser desde un teléfono analógico, un teléfono IP, un teléfono con un protocolo específico para transmitir las señales de voz directamente en paquetes o una PC. Si la Terminal es un teléfono analógico, entonces se deberá utilizar un Media Gateway para convertir la señal TDM en IP. Cabe mencionar que en caso de que la Terminal proporcione la señal de voz en formato IP esta se encargará de hacer el procesamiento necesario, de manejar el codec y cualquier procesamiento que involucre a la transformación de la voz analógica en datagramas IP.

### 2.2.6 Gateway de Acceso Multi-servicio



Un Gateway de Acceso Multi-Servicio es un sistema de acceso altamente dimensionable y flexible, que puede ser utilizado en escenarios sólo vocal, sólo datos o multi-servicio. Puede ser configurado con interfaces existentes como xDSL, POTS, ISDN-BRI, ISDN-PRI, V5.x/GR.303, E1/T1/líneas dedicadas. Existen algunos que brindan acceso tanto a redes legadas TDM como a la red de IP, esto puede ser bajo el control de cualquier softswitch.

Para entender un poco mejor la función de cada uno de los elementos que conforma a una red de Voz sobre IP, a continuación se muestra una figura en donde aparecen de forma esquemática la ubicación de cada uno de ellos, cabe aclarar que en línea continua se muestra lo que pertenece a la red de datos (datagramas IP) y en línea punteada lo que pertenece a la Red Telefónica Pública Conmutada.

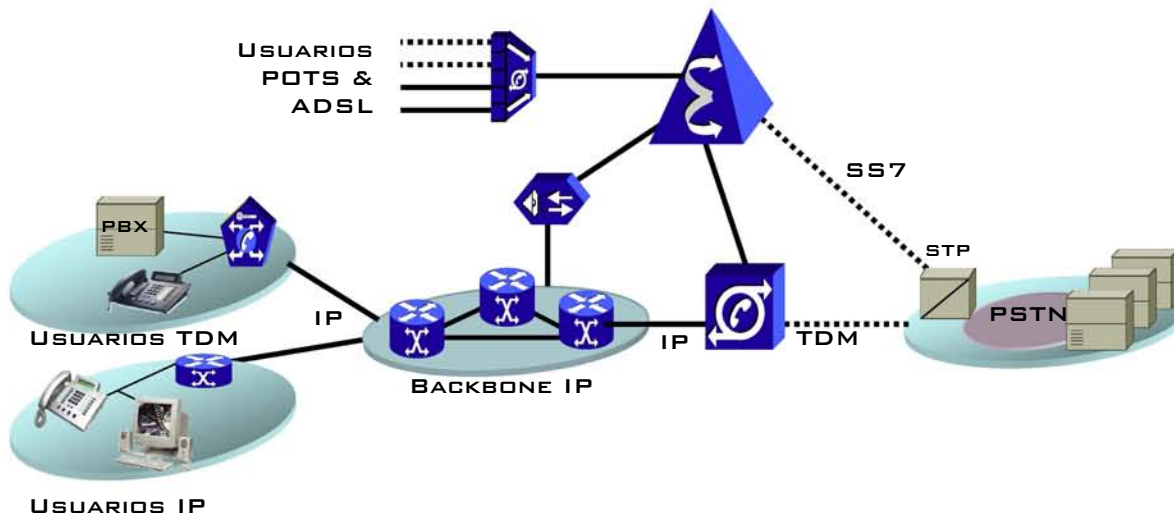


Figura 2.2 Elementos que conforman a una red de VoIP

## 2.3 Factores de VoIP y Calidad de Servicio

La Calidad del Servicio es un aspecto muy importante en las redes de VoIP. La red IP no ha sido diseñada para la transmisión de datos en tiempo real, por lo tanto, se deben tener medidas especiales para garantizar la calidad de las llamadas de voz. Los factores clave para la alta calidad de la voz son: retardo (debido a la codificación y decodificación, transporte dentro de la red, etcétera), pérdida de paquetes en el backbone, el jitter, entre otros.

### 2.3.1 Periodo de Empaquetamiento y Consideraciones de Ancho de Banda

El retardo en una llamada de VoIP es mucho mayor que en una llamada TDM tradicional, esto es debido a las razones anteriormente descritas. Para usar la red IP de una forma eficaz, la voz recibida de TDM cada 125  $\mu$ s no se manda inmediatamente a la red IP, sino que es acumulada por algunos milisegundos\* y después sale en un paquete IP. Teóricamente es posible reducir el retardo por empaquetamiento a unos microsegundos pero esto desperdicia ancho de banda en la red IP y por consiguiente no es eficaz, la razón es la siguiente: al momento de hacer el empaquetamiento de la voz, a cada paquete IP se le debe agregar un encabezado lo cual hace que entre más corto sea el periodo de empaquetamiento mayor será la cantidad de encabezados que se genera y no sólo de RTP sino un encabezado de Ethernet, uno de IP y uno más de UDP, lo cual genera una gran cantidad de tráfico desperdiciando ancho de banda en la red.

De ahí que la planificación de ancho de banda es un aspecto importante en el diseño de la red. La capacidad de los enlaces debe ser comparada a los requerimientos de ancho de banda, esto con el objetivo de identificar cuellos de botella o capacidad sin usar o con bajo uso. El punto de partida para los cálculos de ancho de banda es la velocidad de los datos por canal, donde debe ser considerado, no sólo los datos de voz, sino también los diferentes encabezados.

Para el diseño de red, debe ser asumida una utilización máxima de enlace del 90%, por ejemplo un enlace Gigabit Ethernet no debería transportar más de 900 Mbps, y un puerto Fast Ethernet no debería transportar más de 90 Mbps. Estos valores corresponden a 7140 para canales GE y 714 para canales 100BT si no se tiene compresión de voz.

### 2.3.2 Retardo (Latencia)

El *retardo* desde un abonado hasta el otro es el factor más importante para la calidad vocal. La recomendación G.114 de la UIT-T establece que un retardo de más de 90 ms puede ser notado por abonados sensibles, mientras que abonados “normales” empezarán a notar un retardo después de los 150 ms, ver Figura 2.3. Cuando se mira el retardo de punta

---

\* Este es el llamado *Periodo de Empaquetamiento*

a punta, en general, este muestra que el factor más importante para el retardo son los Media Gateways, asumiendo una red IP que ha sido diseñada correctamente.

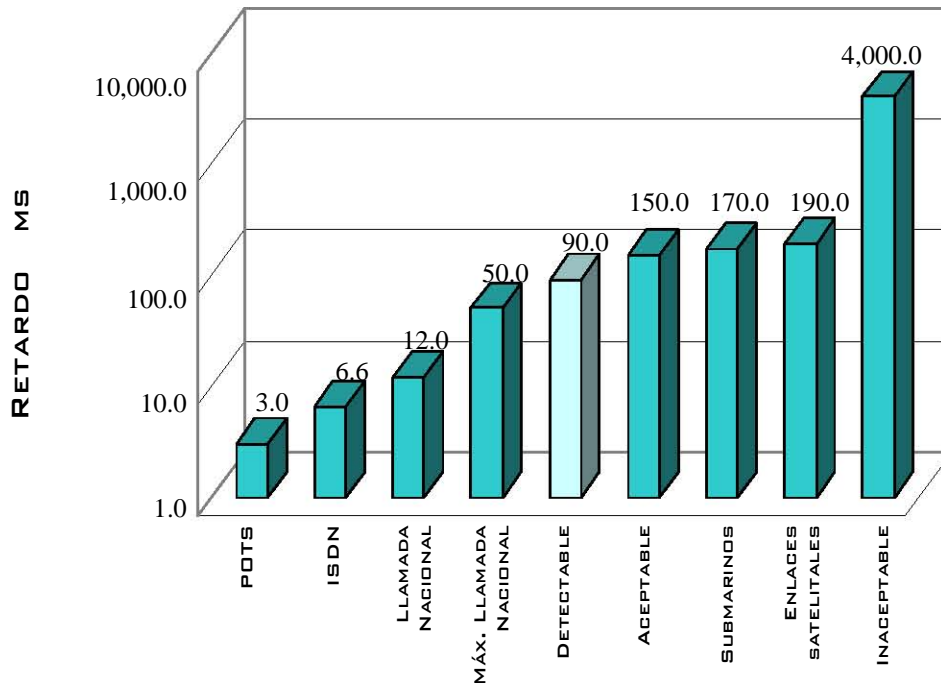


Figura 2.3 Recomendación G.114 de la UIT-T para el retardo

Los retardos de un sentido más allá de los 150 ms son notables para los humanos. Por consiguiente, es de suma importancia minimizar el retardo. Los valores de retardo dependen fuertemente de la red específica y la carga de tráfico de la red.

Como el retardo es un factor muy importante para la voz, el backbone de IP tiene que soportar mecanismos de prioridad como el Tipo de Servicio (ToS) para garantizar el manejo de prioridad en los datos de voz sobre IP sobre el tráfico de datos.

### 2.3.3 Jitter

El *jitter* cuantifica los efectos de retardos en la red al arribo de paquetes en el receptor. Los paquetes transmitidos a intervalos regulares desde el origen llegan a intervalos irregulares al destino, ver Figura 2.4. Un jitter excesivo hace a la voz entrecortada y difícil de entender. En otras palabras, el jitter es el retardo del retardo. El jitter es calculado en base al tiempo entre las llegadas de paquetes sucesivos.

Para contrarrestar los efectos del jitter se crean los buffers del jitter, los cuales consisten en buffers de paquetes que retienen paquetes entrantes por una cantidad

## 2. Principios de Voz sobre IP

específica de tiempo y son usados para neutralizar los efectos de las fluctuaciones de la red y crear un flujo de paquetes sin problemas en el punto de recepción.

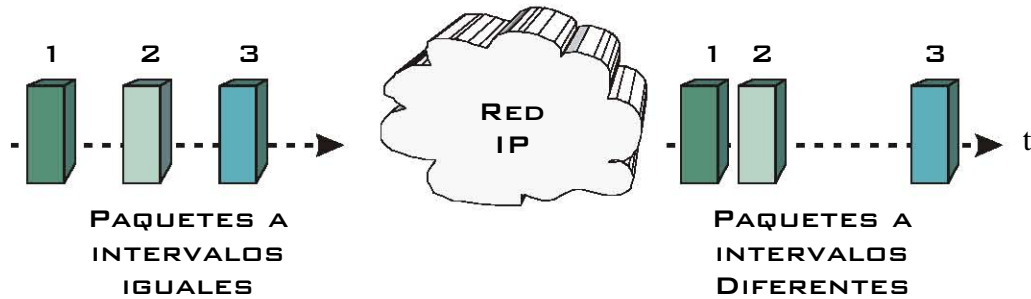


Figura 2.4 Representación gráfica del jitter

El retardo y el jitter traen como consecuencia la generación de *eco* en la señal de voz, es decir, después de cierto tiempo la señal de voz vuelve a ser escuchada por el receptor provocando una molestia ya que en ocasiones el eco puede tener una potencia considerablemente alta originando que no se pueda entender el mensaje original.

### 2.3.4 Pérdida de paquetes

La pérdida de paquetes ocurre típicamente en ráfagas o periódicamente debido a una red continuamente congestionada. Pérdidas periódicas del 5 al 10% de todos los paquetes vocales transmitidos pueden degradar la calidad vocal significativamente. Ráfagas ocasionales de pérdida de paquetes también pueden hacer a la conversación difícil de entender, de ahí que se recomienda que una red de datos deba tener una pérdida de paquetes menor al 1 %.

En el caso de las redes de VoIP no es conveniente la retransmisión de paquetes en caso de pérdida de alguno de ellos como es el caso de TCP, esto es debido a los problemas que trae consigo la retransmisión, como por ejemplo, un mayor retardo en la recepción de la señal, mayor procesamiento en la señal y la necesidad de un mayor buffer para almacenar más tiempo la señal de voz.

Estos son los problemas más comunes en las redes de VoIP, pero para cada uno de ellos existe una solución como se verá a continuación.

La pérdida de paquetes puede ser un problema aún mayor dependiendo del tipo de red de paquetes que esté siendo usada. En redes IP actuales, todos los marcos de voz son tratados como datos. Bajo congestión, los marcos de voz serán descartados al igual que los de datos, estos últimos sin embargo no son sensibles al tiempo, y los paquetes descartados pueden ser recuperados con la retransmisión, mientras que los paquetes de voz no pueden ser tratados de esta manera.



## 2. Principios de Voz sobre IP

actual y la amplitud que se predice y adapta la resolución basándose en valores diferenciales recientes.

En la Tabla 2.1 se encuentran resumidas las características de cada uno de los codecs anteriormente mencionados:

<i>Codec</i>	<i>Algoritmo</i>	<i>Tasa de Transmisión kbps</i>	<i>Retardo end-to-end en ms</i>	<i>Calidad Vocal</i>	<i>Comentarios</i>
<b>G.711</b>	PCM	64	<< 1	Excelente	Sin compresión, uso universal.
<b>G.723</b>	ACELP	5.3, 6.3	67 – 97	Bueno	Tiene su origen para videoconferencias
<b>G.729 A</b>	<b>ACELP</b>	<b>8</b>	<b>25 – 35</b>	<b>Bueno</b>	<b>El más usado por su poco retardo y buena compresión</b>
<b>G.726</b>	ADPCM	16, 24, 32, 40	60	Bueno	Buena calidad y baja complejidad

Tabla 2.1 Comparación entre diferentes codecs

Muy ligado a los codecs tenemos un concepto interesante que es la *calidad de la voz*, la cual es complicada para obtener un valor o determinarla debido a la gran cantidad de variables que se tienen, ya que, por ejemplo, es diferente la voz de una mujer a la de un hombre, además de que no todos escuchamos las mismas frecuencias de la misma forma y muchos otros factores que influyen en lo que escuchamos, por ello para medir la calidad de voz la UIT en su recomendación P.800 propone una prueba de calidad de voz subjetiva basada en Resultados de Opinión Media (*MOS*). Dicha recomendación está basada en muestras vocales preseleccionadas grabadas de acuerdo a la recomendación P.50 que son reproducidas a un grupo mixto de hombres y mujeres bajo condiciones controladas. Los resultados dados por el grupo son ponderados para dar una puntuación *MOS* que va desde 1 (a la peor) a 5 (a la mejor), como se puede apreciar en la Tabla 2.2.

El problema con la medición del *MOS* es que, como su nombre lo indica, es subjetiva, es de opinión, por lo tanto se necesitaba de una forma más objetiva de medirla, aunque esta no represente totalmente la calidad de la voz. Así surge el *PESQ*<sup>\*</sup> como un importante estándar para medir la calidad de la voz, dicho estándar se encuentra en la recomendación P.862 de la UIT.

*PESQ* predice el resultado de la calidad similar a los que se obtienen con el *MOS*, de hecho se calibra contra resultados obtenidos mediante *MOS*. Con esta evaluación se puede

---

\* Perceptual Evaluation of Speech Quality





## 2. Principios de Voz sobre IP

de esperarse, los niveles de MOS aceptables para cada uno de ellos sea diferente. A continuación se muestran los valores de MOS aceptables para los codec anteriormente vistos:

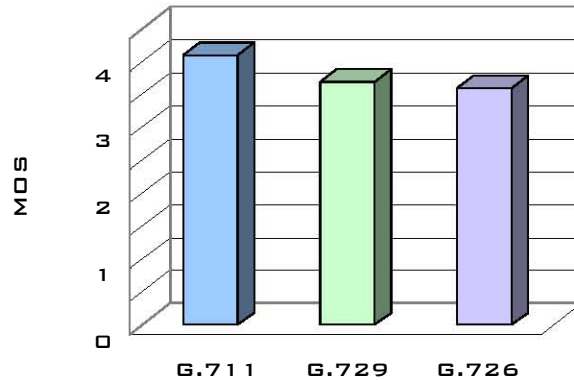


Figura 2.5 MOS vs. Codec

Así mismo, este valor de MOS aceptable varía dependiendo de la cantidad de veces que los paquetes de voz sean codificados, ya que entre más veces se procese la señal, menor será la calidad de la voz. Es de esperarse que no siempre se procese la voz una sola vez, de hecho, lo más común es hacerlo dos veces, la primera para convertirlo de señal de voz digital a paquetes de voz y la segunda para hacer el proceso inverso, esto debido a que el destino pudiera ser otro teléfono de la red PSTN. En la Figura 2.6 se muestra el valor de MOS aceptable para los codecs anteriormente vistos cuando se tienen varias codificaciones. Note que, por ejemplo, G.729 x 2 significa que la señal de voz fue codificada con G.729 y después decodificada antes de alcanzar al usuario final.

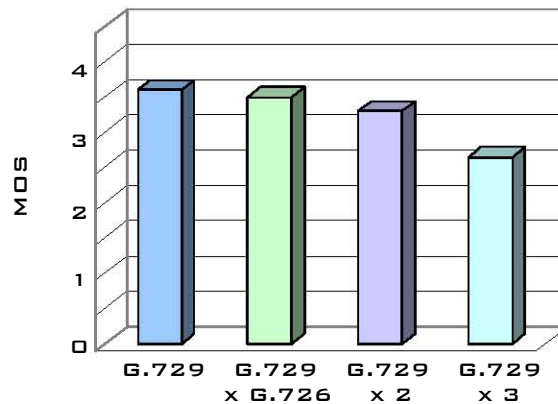


Figura 2.6 MOS de varios procesos de codificación y decodificación

### 2.3.6 Supresión de Silencio, Ruido Confortable y VAD

Una conversación típica tiene entre un 35 % y un 50 % de silencio, por eso para disminuir la carga en la red se ha creado un dispositivo capaz de detectar los periodos de silencio para así eliminarlos, con lo cual se ahorra un gran porcentaje del ancho de banda utilizado. Este dispositivo es el conocido como *Detector de Actividad de Voz* o VAD\* por sus siglas en inglés. El mecanismo de supresión de silencio puede ser realizado a nivel del codec de audio, por ejemplo, el Anexo A de la recomendación G.723.1 de la UIT-T introduce una estrategia de supresión de silencio para el codec G.723.1. Sin embargo, no existen mecanismos similares en otros codecs tales como G.711.

El problema surge cuando realmente no se envía ningún dato en la llamada, cuando se suprime el silencio de forma total. Esto debido, en primer lugar, a que el receptor (humano) tiene la sensación de que la llamada se ha cortado o que perdió la comunicación con el otro extremo. Además, si ningún dato es enviado en la conversación se puede escuchar un “clic” resultante del cambio de los niveles de señal entre el sonido previamente enviado (conversación) y el silencio insertado cuando el sistema no tiene nada más que enviar.

Para evitar los vacíos de información, los momentos en los que no hay conversación tienen que ser llenados con un *ruido confortable*, el cual contiene un mensaje compuesto por un único octeto de bits que le indican al receptor que debe reproducir un ruido a un nivel especificado. Este mensaje deberá ser enviado el principio de un periodo de silencio, el cual obviamente indica la transición de una conversación a silencio.

La supresión de silencio y los mecanismos de generación de ruido confortable se describen en el Apéndice 2 de la recomendación G.711, en el Anexo A y en el B para la G.729.

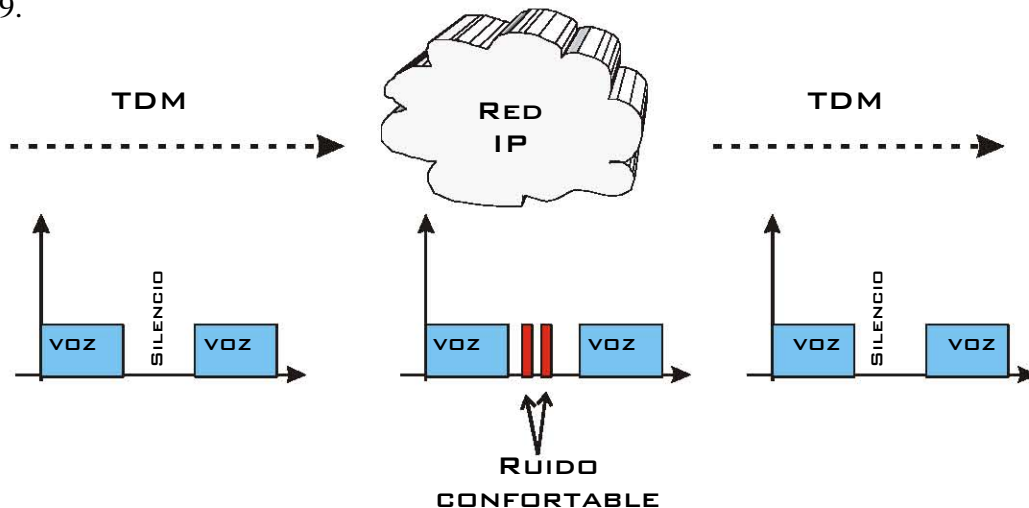


Figura 2.7 Supresión de Silencio y Generación de Ruido Confortable

\* Voice Activity Detector

2. Principios de Voz sobre IP

**2.3.7 DiffServ y ToS**

Para dar calidad en el servicio se tiene que dar prioridad a ciertos paquetes sobre otros, es por ello que se tiene que etiquetar los paquetes de voz para que los routers les den preferencia sobre los de datos. El *DiffServ* o *Servicio Diferenciado* clasifica los paquetes para que entren a la red con una etiqueta.

El encabezado IP\* tiene un campo llamado Tipo de Servicio (ToS) y es precisamente ahí en donde se etiqueta al paquete. Tradicionalmente, la precedencia IP ha utilizado los primeros tres bits del campo ToS para poder dar ocho posibles precedencias de envío, las cuales son las que se muestran en la Tabla 2.3.

<i>Bits</i>	<i>Envío</i>	<i>Bits</i>	<i>Envío</i>
000	Ordinario	100	Urgente
001	Prioritario	101	Crítico
010	Inmediato	110	Control interno
<b>011</b>	<b>Rápido</b>	111	Control de red

Tabla 2.3 Precedencias de envío en DiffServ

DiffServ introduce el concepto de DSCP que es el Código de Punto de DiffServ que utiliza los primeros seis bits del campo ToS para dar 64 valores diferentes de Servicio Diferenciado. Aunque cabe mencionar que este concepto no ha sido totalmente implementado por los administradores de la red debido a su poco uso. Los bits que se ocupan se muestran en la Figura 2.8. Observe que los tres bits más significantes determinan la precedencia IP.

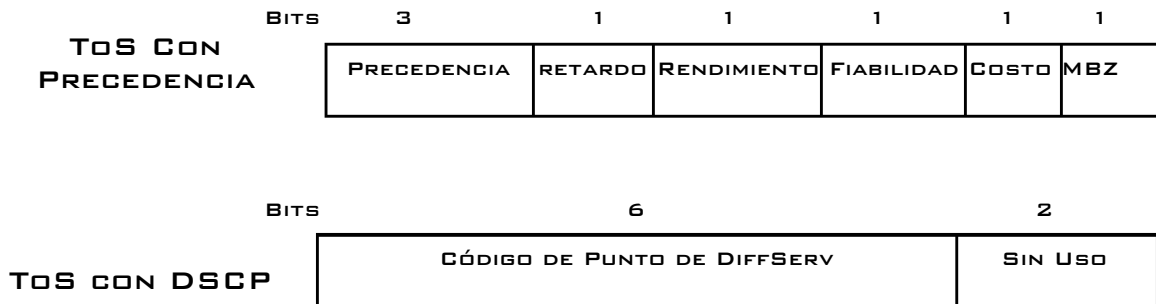


Figura 2.8 Bits en uso para Servicio Diferenciado

\* Vea la sección 1.5.3.1 del Capítulo 1 para mayor referencia.



## 2. Principios de Voz sobre IP

### 2.4.1.1 Transacciones en Megaco

Los comandos entre el MGC y el MG son agrupados en *Transacciones*, las cuales son numeradas con un identificador de Transacción o *TransactionID*. Las Transacciones son solicitadas con un *TransactionRequest*. Una solicitud contiene una o más *Acciones*, cada una de estas acciones especifica su punto con un *Contexto* y puede haber uno o más *Comandos* por Contexto.

Las respuestas correspondientes a un *TransactionRequest* son recibidas en una única contestación llamada *TransactionReply*, la cual incluye el resultado de todos los comandos de su correspondiente *TransactionRequest*. El parámetro de *TransactionID* debe ser el mismo para la solicitud como para la respuesta de la Transacción.

Así mismo existen las *TransactionPending*, las cuales indican que la Transacción ha sido activada, pero que no ha sido completada. Esta Transacción es muy útil para prevenir al transmisor y que no asuma que la solicitud se perdió sino que tomará un tiempo completarla.

Finalmente una Transacción que puede ser encontrada en cualquier mensaje es el *TransactionResponse Acknowledgment (ACK)* que como su nombre lo indica contiene la confirmación de que la solicitud fue recibida.

### 2.4.1.2 Contexto

Un *Contexto* es una asociación entre un número de Terminaciones. El contexto describe la topología (quién escucha/ve a quién) y los parámetros de cambio si es que están involucradas más de dos Terminaciones en la asociación.

Existe un Contexto especial llamado el *Contexto nulo*. Este contiene las Terminaciones que no son asociadas a ninguna otra Terminación. Las Terminaciones en el Contexto nulo pueden tener sus parámetros examinados o modificados, y pueden tener eventos detectados en ellos. En general, un comando *ADD* es utilizado para agregar Terminaciones a los Contextos. Si el Softswitch no especifica un Contexto existente el cual pueda ser agregado por la Terminación, el Softswitch crea un nuevo Contexto. Una Terminación puede ser eliminada de un Contexto con un Comando *Substract*, y una Terminación puede ser movida de un Contexto a otro con un comando *Move*.

El máximo número de Terminaciones en un Contexto es una propiedad del Media Gateway. Los Media Gateways que ofrecen conectividad únicamente punto a punto permitirán cuando mucho dos Terminaciones por Contexto. Los MG que soporten conferencias multipunto permitirán tres o más Terminaciones por Contexto.

### 2.4.1.3 Terminaciones

Una *Terminación* es una entidad lógica en un Media Gateway que origina y/o controla las secuencias. Una Terminación es descrita por un número de propiedades de caracterización, las cuales están agrupadas en un conjunto de Descriptores que están incluidos en comandos.

Las Terminaciones tienen identidades únicas (*TerminationID*), asignadas por el MG al momento de la creación. Las Terminaciones son referidas por medio de su ID, el cual es un esquema arbitrario seleccionado por el Media Gateway, por ejemplo: DS/S\_19/STM1\_01/E1\_1/31\*.

Las Terminaciones representando entidades físicas tienen una existencia semi-permanente. Por ejemplo, una Terminación representando un canal TDM puede existir por todo el tiempo que este dispuesto en el gateway. Las Terminaciones que representan información de flujos temporales, como flujos de información RTP, normalmente existirían únicamente por la duración de su uso. Las Terminaciones temporales son creadas por comandos como el ADD, los cuales son destruidos por comandos Substract.

Cada comando especifica la TerminationID donde opera. Este identificador puede ser impredecible.

### 2.4.1.4 Comandos

El protocolo proporciona comandos para manipular los Contextos y Terminaciones. Por ejemplo, existen comandos para agregar Terminaciones a un Contexto, modificar Terminaciones, eliminar Terminaciones de un Contexto, y propiedades de auditoria para los Contextos. Los *comandos* otorgan un control completo de los Contextos y de las Terminaciones. Esto incluye especificar cuáles eventos son reportados a una Terminal, qué acciones deben de ser aplicadas a la Terminación y especificar la topología de un Contexto.

La mayoría de los comandos son para el uso específico de Media Gateway Controller como iniciador de los comandos para controlar a los Media Gateways que serán los que respondan a dichos comandos. Las excepciones serán los comandos de las *Notificaciones* y los *Cambios de Servicio*. Una Notificación (Notify) es enviado del Media Gateway al MGC y el Cambio de Servicio (ServiceChange) puede ser enviado por cualquiera de los dos.

A continuación se describen los comandos de H.248 más utilizados:

- **ADD:** Este comando agrega una Terminación a un Contexto. El comando ADD en la primera Terminación en un Contexto es utilizada para crear un Contexto.

---

\* Esta es una Terminación específica para un Trunking Gateways específico, como se verá en el Capítulo 4.

## 2. Principios de Voz sobre IP

- **Modify:** Este comando se utiliza para modificar las propiedades, eventos y señales de una Terminación.
- **Substract:** Con este comando se desconectan las Terminaciones de su Contexto y regresa estadísticas de la participación de la Terminación en el Contexto. El comando Substract en la última Terminación de un Contexto y elimina el Contexto.
- **Move:** Este comando mueve automáticamente la Terminación a otro Contexto.
- **AuditValue:** Devuelve el estado actual de las propiedades, eventos, señales y estadísticas de la Terminación. Cuando una Terminación está establecida se generan este tipo de comandos cada segundo.
- **AuditCapabilities:** Devuelve todos los posibles valores de las propiedades, eventos y señales permitidas por el Media Gateway.
- **Notify:** Este comando permite al Media Gateway informarle al Softswitch de la ocurrencia de algún evento en el MG.
- **ServiceChange:** Con este comando se permite al Media Gateway notificarle al Softswitch que una Terminación o un grupo de Terminaciones está a punto de ser puesta fuera de servicio o que ha sido recientemente puesta en servicio. El comando ServiceChange también es utilizado por el MG para anunciarle su disponibilidad al MGC, y para notificarle al MGC un reinicio del Media Gateway. Así mismo el MGC utiliza este comando para poner en servicio o fuera de servicio a una Terminación o grupo de Terminaciones.
- **xReply:** Es la respuesta que da el Media Gateway a cada uno de los comandos anteriormente mencionados para notificarle el MGC si recibió bien el mensaje o no. Con esto se asegura que la señalización sea efectiva aún transportando la señal en UDP. La “x” hace referencia a que hay un Reply para cada uno de los comandos anteriormente mencionados, por ejemplo, existe un ModifyReply, un SubstractReply, etcétera.

### 2.4.1.5 Estructura de Megaco/H.248

Por lo que se refiere a la estructura del protocolo, esta está compuesta como se muestra a continuación:

1. **Mensaje:** Contiene datos básicos como la versión del protocolo, la dirección y el puerto de origen.
2. **Transacción:** Contiene el identificador (ID) de la transacción, la cual puede agrupar a varios Comandos.
3. **Contexto:** Contiene una asociación entre el número de Terminaciones, también conocido como acción, y se reconoce por un identificador de Contexto.
4. **Comando:** Es ahí donde se indica el comando que se va a ejecutar (ADD, Substact, Modify, etcétera).
5. **Descriptor:** Como su nombre lo dice, describe el argumento del Comando en sí.
6. **Paquete:** Muestra los paquetes que son utilizados en este Comando.
7. **Propiedades / Estadísticas / Eventos / Señales:** Dependiendo del tipo de comando que se ejecute, será la información que contenga el último campo de la estructura





## 2. Principios de Voz sobre IP

puerto de default, este puerto es el 2944 para operaciones codificadas en texto y el 2945 para operaciones codificadas en modo binario.

Los mensajes de Megaco pueden ocupar cualquier puerto del orden de 20,000 y superior para su envío, esto con el objetivo de dar una gama muy amplia de conexiones simultáneas de Megaco que pueden coexistir, además de que le proporciona mayor seguridad a la red. Lo único es que el origen debe proporcionar al destino el puerto por el que se debe establecer la conexión, de tal forma que la respuesta será enviada a la dirección y puerto especificado. De lo contrario la respuesta será enviada al puerto de default.

Es importante mencionar que el envío de mensajes de señalización con Megaco, por lo general, se hacen utilizando UDP como protocolo de transporte ya que al ser un protocolo más simple reduce notoriamente el ancho de banda cada vez que se establece una llamada, además de que como se tienen 16 bits para la determinación de los puertos, en teoría, se tienen hasta 65, 536 puertos disponibles. Debido al uso de UDP se ocupan los Reply (acusaciones de recibido) para comunicarle al origen que el mensaje fue recibido satisfactoriamente.

### 2.4.1.7 Establecimiento de una llamada

Con el conocimiento de los comandos que se tiene en Megaco, se puede analizar como se establece una llamada entre el Softswitch y el Media Gateway como se aprecia en la Figura 2.10 teniendo un análisis más detallado al finalizar la misma.

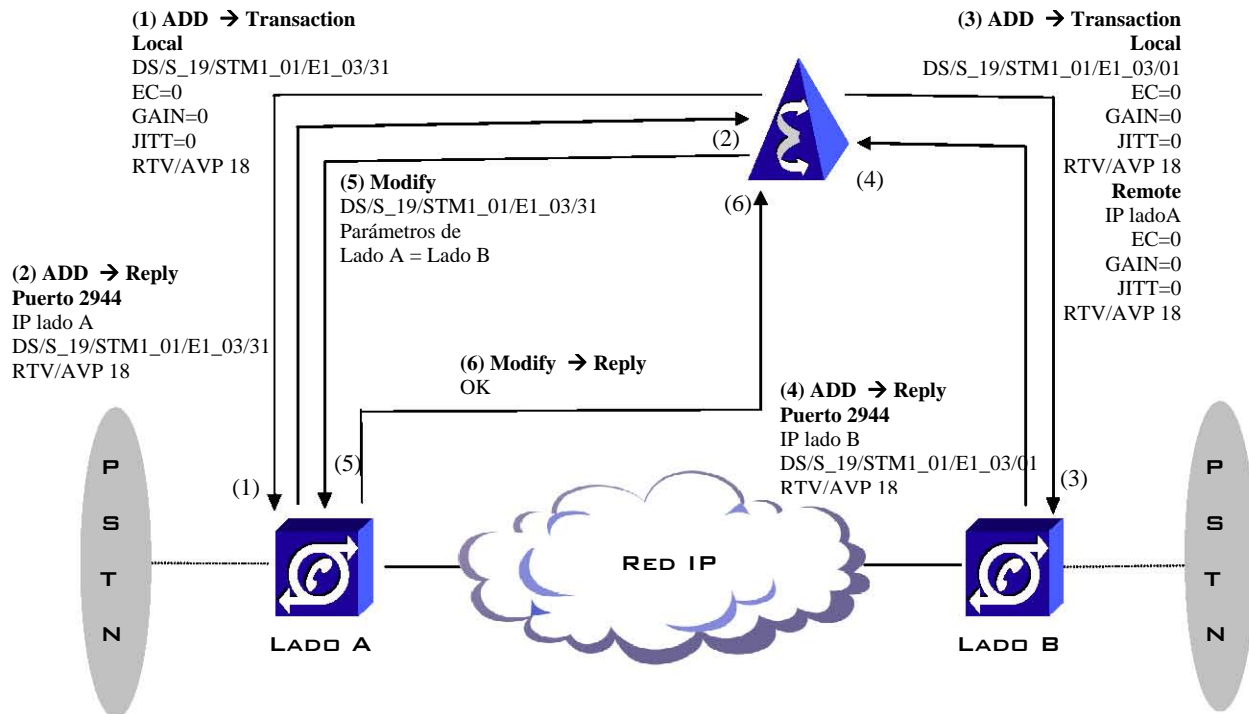
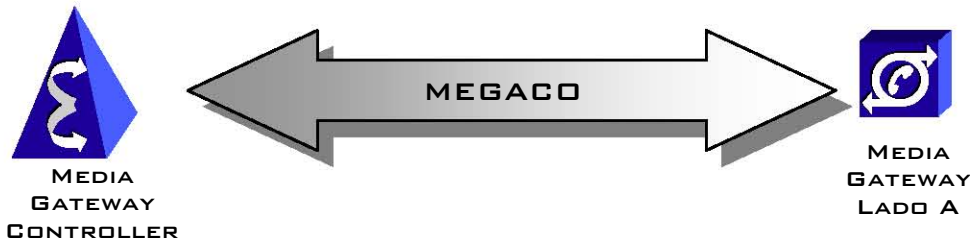


Figura 2.10 Establecimiento de una llamada de VoIP en Megaco

Para entender un poco mejor lo que ocurre en el Media Gateway Controller y en el Media Gateway al momento de establecer la llamada, podemos analizar un poco más a detalle lo que ocurre en Megaco/H.248 en el lado A.



MEGACO/1 [10.17.1.74]:2944 → Megaco Versión 1, [Dirección IP de MGC]: Puerto 2944

**Transaction=1** → Identificador de la Transacción ADD

**Context = \$**

**Add=DS/S\_19/STM1\_01/E1\_03/31** → Troncal que se va a agregar para establecer la llamada

Media

LocalControl

**Mode=IN, TDMC/EC=ON, TDMC/GAIN=0** → Con cancelación de eco y sin ganancia

**Add=\$** → El comando especifica que se va a agregar una troncal

Media

**Local**

**c=IN IP4 \$** → IP versión 4

**b=AS: 8** → Ancho de Banda en kbps.

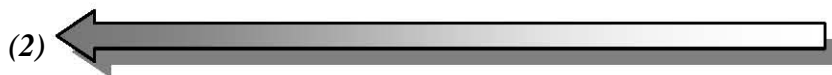
**m=audio \$ RTP/AVP 18** → Codec de default de RTP a usar G.729\*

**a=fmtp: 18 annexa=yes** → Se va a utilizar el Anexo A de G.729

**a=ptime: 10}**, → Periodo de Paquetización 10 ms

LocalControl

**Mode=IN, NT/JIT=30** → Buffer del jitter en 30 ms



MEGACO/1 [10.17.4.16]:2944 → Megaco Versión 1, [Dirección IP del MG Lado A]: Puerto 2944

\* Para ver la relación de codecs en Megaco vea la Tabla 2.3

## 2. Principios de Voz sobre IP

**Reply=1** → *Respuesta a la Transacción 1*

**Context=20000** → *Identificador de la secuencia de la troncal 31 del E1 3*

**DS/S\_19/STM1\_01/E1\_03/31,** → *Respuesta de confirmación del MG*

**Add** → *Confirma que va a agregar una troncal*

Media

Local

v=0

c=IN **IP4 172.16.6.61** → *IP por donde va a viajar la voz (payload) con IP versión 4*

m=audio 55304 RTP/AVP **18** → *Codec por default G.729*

(5) 

MEGACO/1 [10.17.1.74]:2944

**Transaction=3** → *Identificador de la Transacción Modify*

**Context =20000** *Identificador de la secuencia de la troncal 31 del E1 3*

**Modify= DS/S\_19/STM1\_01/E1\_03/31** → *Se va a modificar una troncal*

Media

LocalControl

Mode=SendReceive, TDMC/EC=ON, TDMC/GAIN=0

Events=50331910

DD/STD

TL= [D0: DD]

CTYP/DTONE → *Tonos DTMF fuera de banda*

**Modify** → *Se va a modificar para que las características de Lado A sean iguales a las de Lado B*

Media

**Local**

v=0

c=IN **IP4 172.16.6.61**

m=audio 55304 RTP/AVP **18**

a=fmtp: **18** annexa=yes

a=ptime: **10**

} Características Lado A

**Remote**

v=0

c=IN **IP4 172.16.6.62**

m=audio **55304** RTP/AVP **18**

a=fmtp: **18** annexa=yes

a=ptime: **10**

} Características Lado B

(6) 

MEGACO/1 [10.17.4.16]:2944

**Reply=3**

**Context=20000**

**Modify= DS/S\_19/STM1\_01/E1\_03/31 → Confirmación del Modify**



En este punto podemos hacer la aclaración de lo que significan las iniciales en la información que nos proporciona Megaco, de tal forma que:

b = Ancho de Banda (kHz.).

m = Descripción del Medio.

a = Atributos.

VAD = Detección de Avivación de la Voz.

ptime = periodo de paquetización

anexa = Describe el VAD en G.723.

En cuanto a los codecs hay que hacer la aclaración de las equivalencias entre los codecs de acuerdo a la UIT (G.7xx) y Megaco RTP/AVP para poder entender con que tipo de compresión se esta trabajando. Esta equivalencia se encuentra en la Tabla 2.3 en la siguiente sección y muestra los diferentes tipos de payload que se pueden tener.

## 2.4.2 RTP & RTCP

El tráfico de payload de la red TDM a la red IP proviene de un Media Gateway y es ahí en donde la señal de voz se convierte en paquetes RTP que son enviados a través de un router a su destino.

*RTP* es el Protocolo de Transporte en tiempo-Real el cual se encarga de proporcionar las funciones de transporte de red de extremo a extremo para aplicaciones de tiempo real como es el caso de audio y video. Este protocolo se describe en la [RFC 1889](#). RTP no garantiza la calidad del servicio para funciones de tiempo-real. El transporte de datos en RTP tiene, a su vez, un protocolo de control que le permite monitorear la entrega de datos, dicho protocolo es *RTCP* (Protocolo de Control de Transporte en tiempo-Real). En conjunto estos dos protocolos están diseñados para transportar los paquetes de voz y video de un punto a otro.

Las funciones principales de RTP son la segmentación y reensamblado de paquetes; la numeración de paquetes para llevar la secuencia, de tal forma que se pueda detectar la pérdida de paquetes, donde en caso de detectarse, se puede insertar un paquete de ruido confortable; la tasación del jitter con las llamadas marcas de tiempo o “timestamp” de NTP (64 bits) o RTP (32 bits).

## 2. Principios de Voz sobre IP

RTP utiliza como protocolo de transmisión UDP\*, la razón es simple, una vez que empieza a haber intercambio de paquetes de voz lo que se busca es que el flujo de paquetes sea lo más rápido y sencillo posible, por lo cual, UDP es la selección adecuada. Además al no haber retransmisión de paquetes perdidos se evita retardo, eco y distorsión en el receptor. El encabezado de RTP es como el que se muestra a continuación:

V	P	X	CC	M	TP	NÚMERO DE SECUENCIA
TIEMSTAMP						
SSRC						
CSRC						
PAYLOAD ...						
...						

Figura 2.11 Encabezado RTP Versión 2

Donde:

- **V**: Es la versión de RTP descrita en dos bites (en nuestro caso siempre será 2).
- **Padding (Relleno)**: Si tiene el bit en 1 indica que el paquete contiene uno o más paquetes de relleno los cuales se utilizan para ajustar el tamaño del paquete.
- **Extensión (X)**: Indica si el encabezado es seguido por una extensión del mismo.
- **CC**: Son 4 bits que sirven para llevar la cuenta de los CSRC en el encabezado.
- **Marcador (M)**: Es un bit que marca al encabezado, el uso es definido por el fabricante del equipo. En el caso del equipo analizado en esta Tesis, se trata de un bit que indica cuando se ha detectado silencio.
- **Tipo de Payload (TP)**: Son 7 bits que identifican el tipo de payload que se puede tener. Los más importantes se encuentran descritos a continuación:

<i>Nombre</i>	<i>Tipo</i>	<i>Tipo de Payload</i>
G.711	Audio	8
G.729	Audio	18
G.723	Audio	4
G.726	Audio	5
GSM	Audio	3
JPEG	Video	26
H.261	Video	31
H.263	Video	34

Tabla 2.5 Equivalencias de Codecs en Megaco

\* Vea la sección 1.5.4



## 2. Principios de Voz sobre IP

pueden ser enviados en un mismo mensaje UDP. Dentro de sus funciones principales destacan tres: retroalimentar sobre el desempeño y la aplicación de la red (para adaptabilidad a la red y diagnóstico de la misma), ofrecer una forma de correlacionar y sincronizar diferentes paquetes que proviene del mismo emisor y también proporcionar una forma de transferir la identidad de un emisor al usuario.

Existen diferentes tipos de paquetes RTCP, dentro de los que destacan:

- **Reportes de Receptor:** Para enviar estadísticas de recepción (aunque también contiene las del transmisor), los datos que contiene son su SSRC, los paquetes que han sido enviados desde que el último paquete fue enviado (calculado a partir de los números de secuencia de RTP), el número total de paquetes perdidos y el jitter.
- **Reportes de Emisor:** Estos permiten al emisor activo indicar las estadísticas de recepción y transmisión. Este contiene más información que el reporte del receptor, ya que incluye un timestamp de RTCP, un timestamp de RTP y un acumulado de los paquetes y bytes enviados por ese emisor desde que comenzó la transmisión.
- **Desconexión de sesiones:** Para indicar que se ha terminado una llamada, también es útil cuando se requiere cambiar las características de la sesión de RTP como es el caso de un fax en donde se cambia el codec.
- **Paquetes de control específico:** Dependen de la aplicación y pueden ser generados tanto por el emisor como el receptor.

Cuando se tienen transmisiones multicast de dos o tres personas el tráfico de control RTCP no es considerable, pero cuando se tiene transmisiones de digamos 100 personas el ancho de banda que se consume puede ser muy considerable, para evitarlo, en RTCP se ha establecido un mecanismo para reducirlo, este es un mecanismo bastante complejo cuyo objetivo no es el de esta Tesis, por ello, nos enfocaremos a comentar que este mecanismo limita la cantidad de tráfico RTCP a un porcentaje de alrededor 5 % del tráfico RTP.

Un último aspecto que se debe considerar de RTCP es el paquete de descripción de la fuente, el cual contiene el SSRC del emisor y un *nombre canónico*, él cual es generado de tal forma que todas las aplicaciones que generen flujos de paquetes que requieran ser sincronizados (como es el caso de la generación de audio y video por separado para el mismo usuario) escogerán el mismo nombre canónico aunque tengan diferentes SSRC, con esto se puede identificar a los paquetes que provienen del mismo emisor. El formato común del nombre canónico es de la forma usuario@host, donde el host es el nombre completo del dominio en donde se encuentra el emisor.

En conjunto RTP y RTCP proporcionan los medios para que paquetes de audio y video puedan ser transportados por la red IP de forma casi instantánea (tiempo real), es por ello que es el mecanismo más utilizado alrededor del mundo para enviar eficazmente información de este tipo.





## **CAPÍTULO III**

# **EL TRUNKING GATEWAY**



### 3.1 Introducción

En esta tesis se pretende no únicamente ver el punto de vista teórico de una solución de VoIP, sino también analizarlo desde el punto de vista práctico, sobre todo en ese punto en donde la voz se convierte en paquetes, lo cual, como se vio en el capítulo anterior, es responsabilidad de los Media Gateways, es por ello que se va a analizar a este equipo más a fondo, esto con el objetivo de que cuando se vea el comportamiento del sistema en el capítulo siguiente, se entienda porque ocurren algunos eventos que pasan

Como todos sabemos existe una gran cantidad de Media Gateways en el mercado, con diferentes características como pueden ser los protocolos que maneja, capacidad de procesamiento, número de llamadas simultáneas que puede manejar, interfases físicas, entre otras características y dependiendo de las necesidades del cliente es el que se selecciona, de tal forma que en esta tesis se decidió trabajar con el hiG 1200 que es un Media Gateway para Troncales, es decir, un *Trunking Gateway* que tiene la capacidad de manejar grandes cantidades de tráfico y por lo tanto se recomienda únicamente para los proveedores de servicio, como es el caso de la empresa telefónica para la que se implementó este sistema.

El hiG 1200 es el Media Gateway de mayor grado de rendimiento en la solución de Redes de Nueva Generación de Siemens. La función principal es la mediación entre las redes actuales de TDM y la red emergente de IP de nueva generación convirtiendo los datos analógicos originados en la PSTN en datos de IP y viceversa.

Además de la funcionalidad de IP son soportadas otro tipo de aplicaciones como fax, módem ADSL e ISDN. Como Media Gateway de Troncales el hiG 1200 puede ser acoplado a diversos Controladores de Media Gateways o Softswitches.

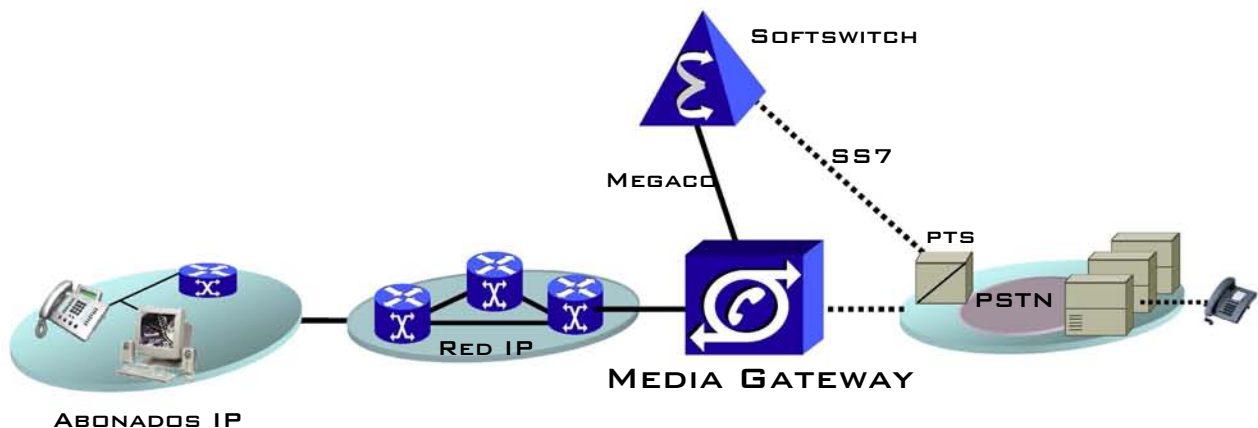


Figura 3.1 Media Gateway de Troncales

### 3.2 Descripción del Funcionamiento

Las partes principales de cualquier Trunking Gateway son las que se muestran a continuación, aunque se hará una descripción más particular de las del hiG 1200:

- **Control:** Los recursos se encuentran controlados de manera centralizada. La comunicación con el sistema del elemento administrador es suministrada utilizando SNMP, mientras que la comunicación con el Media Gateway Controller para el control de las llamadas puede ser hecha vía MGCP o MEGACO/H.248.
- **Procesamiento de Medios:** Basados en el alto desempeño de las plataformas del hardware el Trunking Gateway ejecuta todas las funciones del procesamiento de llamada necesarias para la alta calidad de Voz sobre IP, como pueden ser, cancelación de eco, detección de actividad de voz (VAD), supresión de silencio, etcétera.
- **Interfases TDM:** Un equipo de estas características debe ser capaz de soportar múltiples interfaces TDM (DS3, OC3 o STM-1) de la red PSTN. Para una mayor confiabilidad, en la interfase óptica TDM, OC3/STM-1 se pueden utilizar cambios de protección automático para protegerse contra fallas en las facilidades sin impactar los servicios en las llamadas existentes.
- **Interfases IP:** El tráfico de Voz sobre IP es enviado a la infraestructura sobre Fast Ethernet 10/100 o Gigabit Ethernet 1000. Por razones de seguridad y de desempeño, se utilizan infraestructuras separadas de 10/100BaseT para manejar el tráfico de Control y de Administración.

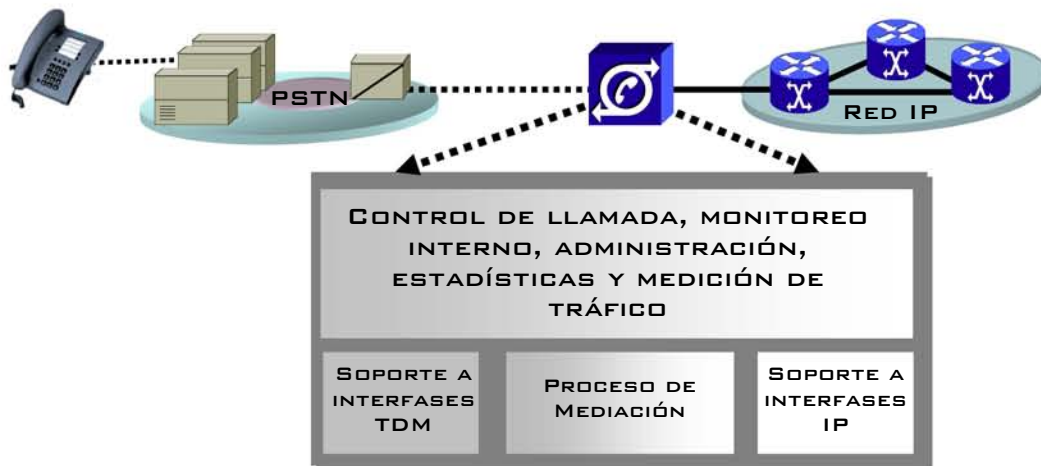


Figura 3.2 Vista general del funcionamiento del Media Gateway de Troncales

### 3.2.1 Funcionalidad de Voz sobre IP

Como su nombre lo indica, Voz sobre IP es la transmisión de tráfico de voz sobre la red IP. Esto significa que el tráfico es transmitido sobre una red basada en paquetes en lugar de una red de circuito. La Figura 3.3 muestra una aplicación típica de VoIP en la que el origen y destino es un teléfono tradicional de la PSTN, por lo cual se utiliza a los Media Gateways como instrumento de mediación entre la Red Telefónica Pública Conmutada y la red de VoIP. Una vez que la llamada es establecida, la señal de audio es entregada de la red PSTN al Media Gateway. La información de audio digital es entonces enviada como una cadena de paquetes y puede ser comprimida utilizando una gran variedad de codecs. Esta cadena de paquetes es encapsulada dentro de RTP/UDP/IP y transmitida sobre la red IP a otro Media Gateway, en donde ocurre el procedimiento contrario.

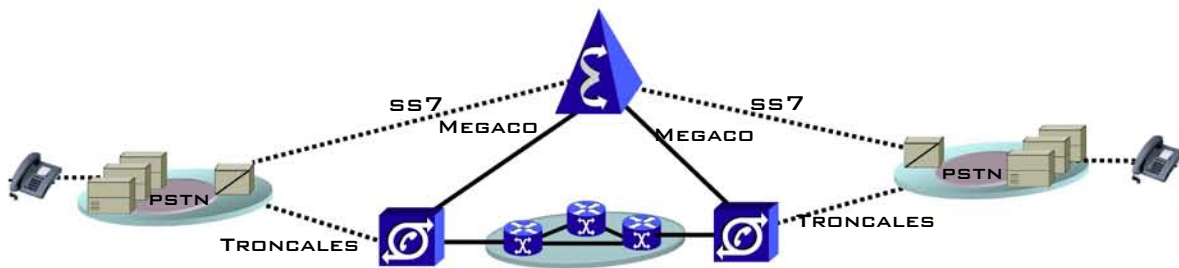


Figura 3.3 Funcionalidades de VoIP con el Trunking Gateway

Para el procesamiento de llamada, el Media Gateway para Toncales proporciona las siguientes funcionalidades: tipo de codec, cancelación de eco, supresión de silencio, generación de ruido confortable (CNG), detección y generación de tonos, encubrimiento de paquetes perdidos (PLC).

#### 3.2.1.1 Codecs

Un Media Gateway debe soportar diferentes tipos de codec dentro de los que destacan los siguientes: G.711 (ley A / ley $\mu$ ), G.723.1, G.726, G.729 A, Clearmode (para pasar datos digitales sin codec o tratamiento de cancelación de eco). El código específico es seleccionado por el Softswitch y es señalizado hacia el Media Gateway.

La tasa de bits soportada por el codec G.711 es de 64 kbps (no incluye el encabezado del paquete). El código G.711 puede ser utilizado para pasar señales de fax y módem transparentemente. El periodo de empaquetamiento puede ser de 5, 10, 20, ó 40 milisegundos.

En el caso específico del hiG 1200 ambos modos (5.3 y 6.3 kbps) de G.723.1 son soportados (no incluye el encabezado del paquete). El periodo de empaquetamiento puede ser de 30 ó 60 milisegundos. La supresión de silencio es soportada de acuerdo al Anexo A.

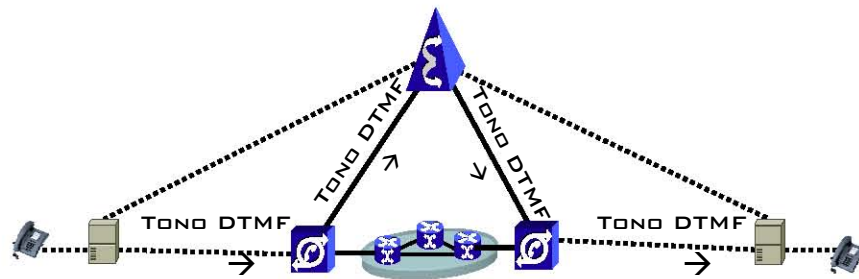


### 3. El Trunking Gateway

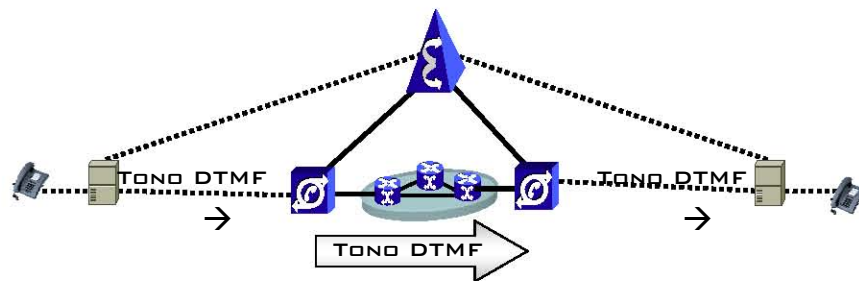
En el segundo método, el codec G.711 es igualmente utilizado para enviar transparentemente la señal de fax/módem, pero el cambio de codec es controlado específicamente por el MGC. El MG hace una notificación de un tono de fax/módem entrante. El MGC ordena al gateway de ingreso y al de egreso que cambie a G.711 y deshabilite los canceladores de eco.

Los datos de las llamadas xDSL e ISDN son reconocidas en el MGC. Los media gateways son informados por el MGC para utilizar el código CLEARMODE, el cual pasa los datos de la PSTN a la interfase IP sin ningún cambio.

En cuanto a los tonos DTMF la transmisión se puede manejar de dos formas, las cuales dependen del tipo de codec ya que el tono se puede ir “en banda” o “fuera de banda”. En el caso de los codecs G.729A, G.723 y G.726 los tonos de DTMF no son transmitidos por el canal de control, esto quiere decir que cada tono es detectado y enviado fuera del gateway por el MGC hasta el media gateway destino que recibe la orden de generar un tono DTMF. Esto es conocido como transmisión *fuera de banda* y puede ser apreciado en la Figura 3.4 (a). En caso de que el codec que se esté ocupando sea G.711 todos los tonos DTMF son transmitidos *en banda*, es decir, son enviados por la red de tráfico de voz (Figura 3.4 b)



(a) Fuera de Banda (outband)



(b) Dentro de Banda (inband)

Figura 3.4 Envío de tonos DTMF en un Media Gateway





### 3. El Trunking Gateway

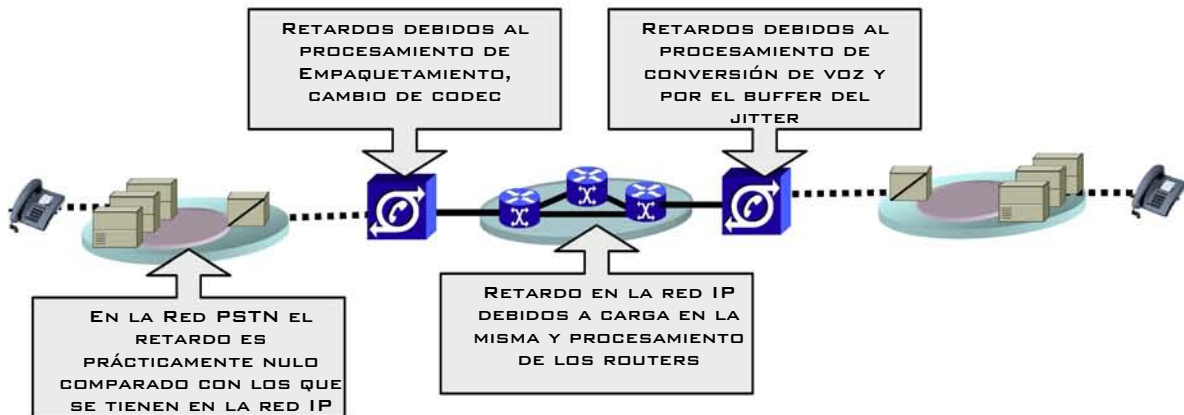


Figura 3.5 Contribución de retardo extremo a extremo en VoIP

	<i>G.711</i>	<i>G.723.1</i>	<i>G.726</i>	<i>G.729A</i>
<i>Ancho de Banda del Codec</i>	64 kbps	5.3 kbps	32 kbps	8 kbps
<i>Ancho de banda Total (en cada dirección, incluyendo RTP/UDP/IP)</i>	117 kbps	24 kbps	85 kbps	35 kbps
<i>Periodo de empaquetamiento</i>	20ms	30ms	20ms	20ms
<i>Retardo extremo a extremo</i>	< 50 ms	< 100 ms	< 60 ms	< 90 ms

Tabla 3.1 Contribución de Retardo extremo a extremo con diferentes Codecs

Como el retardo es un factor muy importante para el backbone de IP se tienen que soportar mecanismos de prioridad como el Tipo de Servicio (ToS\*) para garantizar el manejo de prioridad en los datos de voz sobre IP sobre el tráfico de datos. En general los Media Gateways deben soportar las características de diferentes prioridades al etiquetar los bits de ToS en el encabezado IP.

Existe un mecanismo de encubrimiento de pérdida de paquetes, el cual consiste en que cuando un paquete se pierde en el camino, el hiG 1200 utiliza un sofisticado mecanismo ocultador de la pérdida de paquetes para mantener las molestias tan bajas como sea posible para el usuario. Como un concepto general este Media Gateway para Troncales construye una muestra de conversación basada en la información recibida en los paquetes previamente recibidos.

\* También es conocido como Servicio Diferenciado o DiffServ

Los paquetes transmitidos sobre la red IP llegarán al gateway de salida con retardos diferentes debido a que los paquetes en los routers van haciendo fila o a la carga cambiante en la red. La variación en los tiempos de llegada de los paquetes es llamada jitter o variación de retardo.

Para las llamadas de voz, se mide el jitter y dinámicamente se adapta el tamaño del buffer a las necesidades de la red, es decir, se tiene un buffer adaptable, de manera que si las condiciones en la red mejoran o se degradan, el Media Gateway puede ajustar automáticamente el tamaño del buffer durante la llamada. En el caso del módem, fax, xDSL o ISDN el buffer es enviado a un valor fijo. El hiG 1200 soporta un buffer máximo de 150 milisegundos en incrementos de 10.

### 3.3 Arquitectura del Hardware y Software del hiG 1200

El hiG 1200 está compuesto principalmente por cuatro diferentes módulos de hardware y su respectivo módulo adaptador para la interfase física I/O:

- ✓ **CPE 2\***: *Call Processing Engine2* → Entidad Procesadora de Llamadas.
- ✓ **SCE 2\***: *Shelf Controller Engine2* → Entidad Controladora del Equipo.
- ✓ **DXM 2.5\***: *Digital eXchange Module 2.5* (Módulo TDM) → Modulo Digital de Cambio, aquí se incluye un cancelador de eco versión 2.5.
- ✓ **IPM 2\***: Módulo de Servicios IP que soporta hasta 2016 canales G.711.
- ✓ **IPM 4\***: Módulo de Servicios IP que soporta hasta 4032 canales G.711.

Este Media Gateway para Troncales utiliza una arquitectura de plano-medio, el cual contiene los conectores para varios módulos de aplicaciones y su modulo adaptador de Entrada/Salida (I/O). También alberga los diferentes bus de interconexión.

Los módulos I/O están conectados a la parte trasera del Trunking Gateway y proporcionan los puntos de conexión física para tráfico de voz, datos y administración. Los módulos se encuentran contruidos utilizando la mínima lógica posible para evitar errores al máximo.

#### 3.3.1 Call Processor Engine 2 (CPE2)

El CPE2 es el responsable del manejo del control en el hiG 1200 y se comunica con el Softswitch o MGC. El CPE2 asigna los recursos necesarios al DXM2.5 y al IPM2/4 cuando un comando es recibido. Además lleva la cuenta de todos los recursos de llamada en el hiG 1200 y el cambio de estado en las interfases es inmediatamente comunicado al MGC, por ejemplo, debido a la ruptura de una fibra o problemas con el enrutador. Una interfase

---

\* El número al final de las siglas representa la versión de Hardware





### 3. El Trunking Gateway

De forma esquemática las tarjetas del hiG 1200 se verían como aparece en la Figura 3.6.

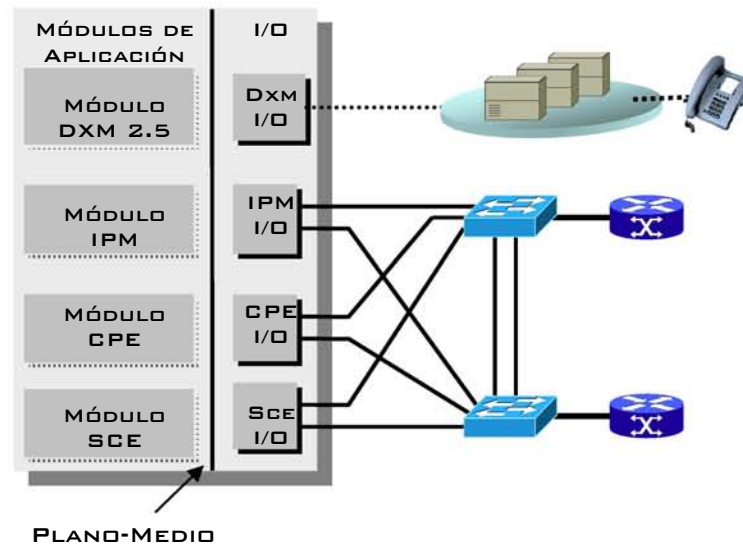


Figura 3.6 Vistazo de los Componentes de Hardware del hiG 1200 Versión 4.0

La Figura 3.7 ilustra la trayectoria de datos establecida en el hiG 1200 entre las redes de TDM y de IP descrita anteriormente.

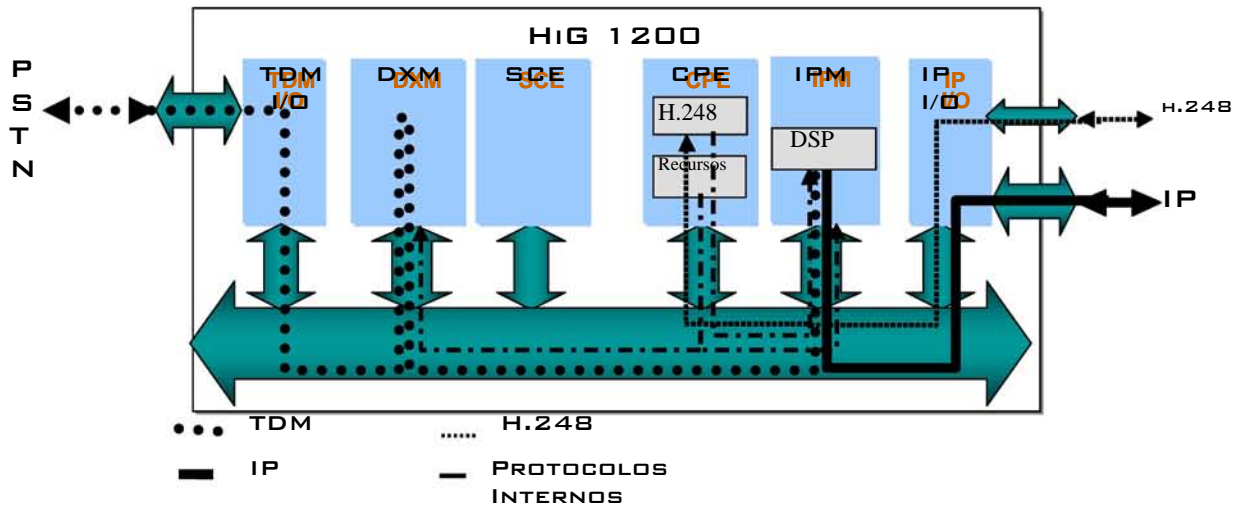


Figura 3.7 Trayectoria de datos establecida vía MEGACO/H.248



### 3. El Trunking Gateway

utilizados en pares redundantes: uno activo y el otro en espera. Hasta tres sistemas hiG 1200 pueden ser montados en un rack de 7 pies. En la Figura 3.8 se muestra un ejemplo del acomodo de las tarjetas dentro del hiG 1200 para la redundancia 1:4 en DXM y pooled en IPM.

	<i>Un solo módulo IPM</i>	<i>Sin redundancia</i>	<i>Con redundancia 1:1</i>	<i>Con redundancia 1:4 (pooling en IPM)</i>
<b>G.711</b>	4,032	19,530 (5 IPM & 10 DXM)	7,812 (4 IPM & 4 DXM)	15,624 (4 IPM & 8 DXM)
<b>G.726</b>	2,048	14,336 (7 IPM & 8 DXM)	6,144 (3 IPM & 4 DXM)	11,718 (6 IPM & 6 DXM)
<b>G.729</b>	1,600	12,800 (8 IPM & 7 DXM)	5,859 (4 IPM & 3 DXM)	9,600 (6 IPM & 5 DXM)
<b>G.723</b>	1,280	11,520 (9 IPM & 6 DXM)	5,120 (4 IPM & 3 DXM)	8,960 (7 IPM & 5 DXM)

Tabla 3.2 Densidad de puertos para el Trunking Gateway hiG 1200

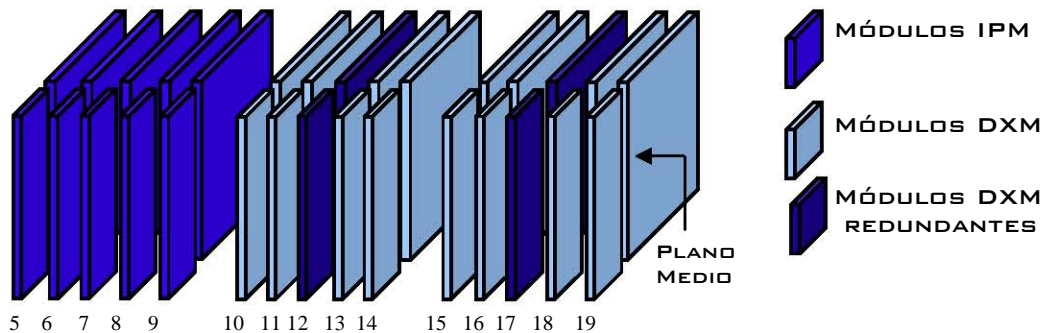


Figura 3.9 Ubicación de tarjetas con redundancia 1:4

Con estos datos se puede obtener el ancho de banda necesario para cada tipo de codec empleado, para ello se toman en cuenta que el encabezado RTP es de 12 bytes, el encabezado UDP es de 8 bytes, el encabezado de IP es de 20 bytes, además de que únicamente se toma una dirección (half-duplex) de tal forma que se tiene lo que se muestra en la Tabla 3.3



<i>Codec</i>	<i>Densidad</i>	<i>Tasa (kbps)</i>	<i>Periodo de paq.</i>	<i>Tamaño del Payload (bytes)</i>	<i>Tamaño total del paquete (bytes)</i>	<i>BW por canal (Kbps)</i>	<i>Tasa de paquetes por canal (Paq/seg)</i>	<i>BW por tarjeta (Kbps)</i>	<i>Tasa de paquetes por tarjeta (paq/seg)</i>
<b>G.711</b>	4032	64	20	160	238	95.2	50	383,846.4	201,600
<b>G.711 (vad)</b>	4032	64	20	160	238	57.12	30	230,307.84	120,960
<b>G.726</b>	2048	40	20	100	178	71.2	50	145,817.6	102,400
<b>G.726 (vad)</b>	2048	40	20	100	178	42.7	30	87,409.56	61,440
<b>G.723</b>	1208	6.4	30	24	102	27.2	33	34,861.0	42,667
<b>G.723 (vad)</b>	1208	6.4	30	24	102	16.32	20	20,889.6	25,600
<b>G.729</b>	1600	8	20	20	98	39.2	50	62,720.0	80,000
<b>G.729 (vad)</b>	1600	8	20	20	98	23.52	30	37,632.0	48,000

Tabla 3.3 Características para cada codec por tarjeta IPM4

Con esta tabla es fácil entender porque la mejor opción en cuanto a codec es el G.729, ya que, aunque no es de mayor compresión (como G.723) se pueden manejar más canales esto debido a que su algoritmo de compresión es menos complejo y eso consume menor procesamiento en el equipo.

### 3.3.6 Redundancia

#### 3.3.6.1 Redundancia 1:1 (Full Redundancy)

El concepto de confiabilidad está basado en la combinación de *Confiabilidad de la Red* y *Confiabilidad del Producto*. Todos los módulos del hiG 1200 pueden ser de redundancia 1:1, de tal forma que se pueden hacer cambios de tarjetas en caso de problemas para que ninguna llamada establecida se pierda. Para cada módulo activo se tendrá un módulo específico de respaldo configurado, el cual toma el control de las llamadas del módulo activo en caso de cualquier problema.

El SCE2 y el CPE2 son utilizados siempre en modo de redundancia 1:1 pero para los módulos IPM2/4 y los DXM2.5 son posibles otros tipos de redundancia. El modo de redundancia debe de ser seleccionado antes de que el hiG 1200 sea puesto en servicio. No es posible una mezcla de modos de redundancia diferentes para cada tarjeta en el mismo chasis de hiG 1200. El Media Gateway hiG 1200 debe ser configurado como todos 1:1 (módulos IP y TDM) o 1:N/Pooled (módulos IP y TDM).





### 3. El Trunking Gateway

- ✓ Falla en el disco en el subsistema interno del disco.
- ✓ Falla térmica en el sistema; la tarjeta reportada puede ser apagada por el SCE2 para conservar la operación del resto del subsistema.
- ✓ Reportes de fallas en los ventiladores.
- ✓ Falla en la comunicación interna.
- ✓ Registro de eventos lleno, pérdida de entradas posteriores.
- ✓ Falla en el acceso a un subsistema de administración debido a falla de autenticación.
- ✓ Falla en la fuente de poder primaria, forzando a cambiar a la fuente de respaldo.
- ✓ Versiones entre dos o más entidades no corresponden.
- ✓ Error en el formato del archivo.

El modulo SCE/IO proporciona una interfase física para el transporte de alarmas de administración hacia el NMC vía SNMP.

#### **3.4.2 Operaciones Básicas del NMC en el hiG 1200**

El NMC ejecuta las tareas básicas para la Operación Administración y Mantenimiento (OA&M) para los Media Gateways de Troncales hiG 1200. Las tareas son administradas por medio de un sistema de pantallas que son seleccionadas a través de un árbol de navegación. Este árbol de navegación se muestra del lado izquierdo de la pantalla y describe una vista lógica del hiG 1200 y sus objetos de administración en la red.

La pantalla principal es una ventana dividida, arriba de la pantalla se encuentra una barra de menú, la cual contiene una gran variedad de menús que son utilizados para la configuración del sistema. El árbol de navegación está compuesto por los objetos y grupos que conforman al hiG 1200 el cual se encuentra del lado izquierdo de la pantalla. Cuando se selecciona un elemento en el árbol de navegación, una o más pestañas aparecen en lado derecho de la pantalla. Cada pestaña contiene información del elemento seleccionado. Una barra de estado que se encuentra en la parte baja de la pantalla principal muestra el servidor al cual se está conectado, así mismo, se encuentra un icono que indica cuando el servidor recibe información del hiG 1200 seleccionado. En la Figura 3.11 se muestra una imagen de la pantalla principal de NMC utilizado.

El NMC puede salvar y restaurar la configuración de la base de datos tanto de un solo hiG 1200 como de múltiples elementos, haciendo posible al administrador de la red que respalde la configuración para propósitos de recuperación en caso de que esta se dañe. El NMC ofrece al operador de la red la opción de hacer respaldos manualmente o de forma programada cada determinado tiempo. Además se tiene la capacidad de guardar la configuración de la base de datos del hiG 1200, el NMC le da al operador de la red características de restauración de tal forma que puede restaurar la configuración de uno o varios elementos.

El NMC permite el monitoreo de varias estadísticas de desempeño (todas las medidas de funcionamiento y las interfases del hiG 1200):

- ✓ Datos de desempeño del STM-1/OC3, por ejemplo: violaciones de código, errores asignados a la selección de SDH/SONET, errores de trayectoria.
- ✓ Datos de desempeño del DS3/DS1/E1, por ejemplo: segundos activos, sin disposición.
- ✓ Datos de desempeño de la línea física IPM, la cual incluye lo siguiente: Octetos Recibidos/Transmitidos, Mensajes en Octetos/Tramas/Paquetes Recibidos/Transmitidos 64 bytes, 65-127 bytes, 128-255, 256-511, 512-1023, 1024-1518, etcétera.

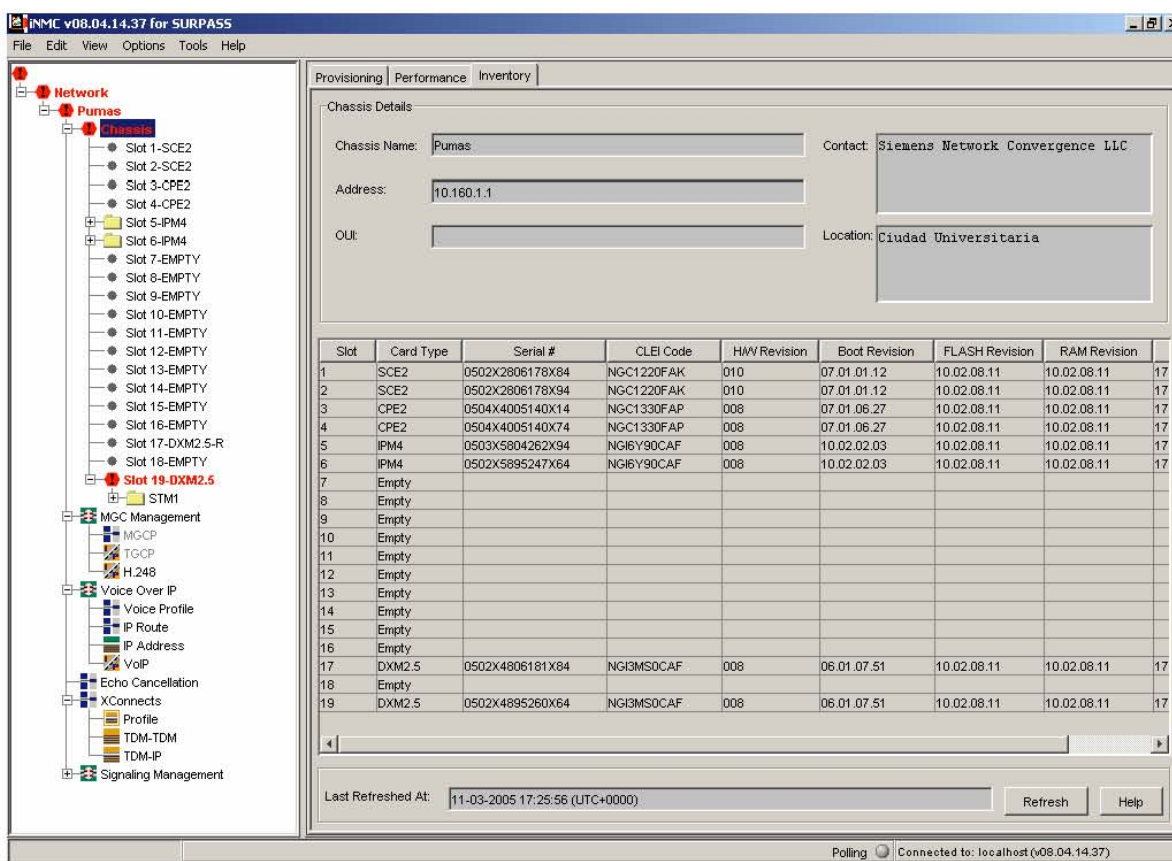


Figura 3.11 Pantalla principal del administrador de hiG 1200 (NMC)

### 3.4.3 Configuración

Todos los subsistemas (como los sistemas de reloj, alarmas del equipo, y los agentes SNMP) para el hiG 1200 son puestos en estado de default cuando el equipo es enviado. Por lo tanto, una de las primeras tareas del usuario es que debe hacerle una configuración inicial de los dispositivos físicos y otros parámetros del sistema. Entre otros, los pasos de la configuración incluyen:

### 3. El Trunking Gateway

- **Configurando Parámetros IP:** Antes de que el usuario pueda administrar el hiG 1200 sobre su red local, el usuario debe configurar una gran cantidad de parámetros de IP. Estos parámetros incluyen las direcciones de los dispositivos, las direcciones del gateway, y el nombre del equipo.
- **Introduciendo la Fecha y Hora actual:** Un paso importante en la configuración inicial del hiG 1200 es introducirle la fecha y la hora actual, la cual es utilizada para llevar un registro detallado del tiempo en que ocurren los eventos, dichos registros son almacenados en archivos dentro del hiG 1200 llamados *logs*.
- **Trabajando con Logs:** Cada módulo del hiG 1200 genera una gran variedad de mensajes de su estado los cuales pueden ser almacenados en un disco por los usuarios, estos mensajes se encuentran dentro del SCE y puede ser recuperados por medio de Telnet.
- **Configurando SNMP:** Los parámetros de SNMP deben de ser introducidos, algunos de los comandos son: agregar un destino SNMP, eliminar un destino SNMP, modificar un destino SNMP, entre otros.
- **Configurando las Fuentes de Tiempo en el Sistema:** El usuario debe introducir las fuentes de tiempo primario y secundario cuando se configura al hiG 1200 por primera vez. El hiG 1200 utiliza a la fuente primaria para mantener al sistema sincronizado, en caso de que esta fuente falle, la fuente secundaria entraría automáticamente a reemplazar a la que es inoperante.
- **Trabajando con archivos de Mediciones de Operatividad:** El hiG 1200 crea archivos de medición de operatividad (\*.res y \*.oms) que contienen información del uso de memoria del procesador para todas las tarjetas del hiG 1200.
- **Configurando Dispositivos Físicos:** El usuario debe configurar a los dispositivos físicos, los cuales incluyen a las tarjetas del chasis y sus puertos.

Con todo lo visto en este y los Capítulos anteriores podemos adentrarnos en lo que es la implementación de un Trunking Gateway para una empresa telefónica de tipo carrier que es lo que precisamente se hará a continuación en el siguiente Capítulo de esta Tesis.



## CAPÍTULO IV

# IMPLEMENTACIÓN DE TRUNKING GATEWAYS EN MÉXICO





## 4.1 Visión General del Proyecto en México

Como se ha mencionado anteriormente, la VoIP ofrece una gran cantidad de ventajas respecto a la telefonía tradicional, entre las que destacan nuevas funcionalidades que se pueden implementar y que el costo se hace independiente de la distancia. De ahí que la empresa telefónica más importante de México haya volteado a ver esta alternativa como una fuerte aliada para sus intereses y por consiguiente decidió implementar este sistema. Debido a sus características de carrier deben de ser tomadas en cuenta ciertas características de las que se hablará a lo largo de este Capítulo.

En la primera fase de este proyecto se requiere implementar la solución de VoIP en México y Estados Unidos, es decir, se busca tener distribuida la solución de Voz sobre IP para ofrecer el servicio de Larga Distancia Local entre ciudades mexicanas de mayor importancia en cuanto a tráfico de telefonía se refiere y también tráfico con Estados Unidos ya que es el país con que más llamadas de larga distancia se establecen.

### 4.1.1 Aspectos Generales

De forma general se pretende tener dos softswitches como cerebro central para manejar todo el tráfico y un Trunking Gateway por cada ciudad. Es importante mencionar que un softswitch es suficiente para manejar todo el tráfico, ya que en caso de crecimiento sólo se debe agregar Hardware, pero la razón por la que se ponen dos MGC es para contar con *redundancia geográfica*, es decir, que si uno de los dos softswitches deja de operar por cualquier motivo, el otro softswitch toma el control de todo el tráfico de tal forma que no se pierde el servicio. Se requiere que el otro softswitch se encuentre en una ubicación geográfica diferente para protegerse contra cualquier eventualidad que pudiera sucederle al sitio en donde se encuentra instalado el equipo, sobre todo recordando que México esta en una zona sísmica y ante cualquier siniestro uno de los elementos que no se debe de perder son los servicios de telecomunicaciones y mucho menos la telefonía.

En el caso de los Media Gateways se decidió tomar el de mayor capacidad, esto debido a la gran cantidad de llamadas que maneja una telefónica des este tamaño, es por ello que se utilizó un Trunking Gateway, es decir, un Media Gateway para Troncales como el que se analizó en el Capítulo anterior, él cual, puede procesar miles de llamadas simultáneamente. De tal forma que a manera de diagrama lo que se tiene es lo que se muestra en la Figura 4.1, donde podemos apreciar que todos los Trunking Gateways pueden ser manejados por cualquiera de los dos softswitches, teniendo uno como primario y el otro como secundario.

Ahora bien, en cuanto a la red IP que es proporcionada por la empresa telefónica se tienen dos redes. La primera red es la *red de gestión* o también llamada red corporativa de datos y por ella viaja únicamente el tráfico de administración de los equipos que nunca tiene contacto con otras redes, es por ello que ocupa las direcciones reservadas\* 10.x.x.x

---

\* Vea la sección 1.5.3.2 para mayor información

para dar direcciones a los equipos. La segunda red es en la que se transporta tráfico de control (para establecer las llamadas) y de payload (la voz en sí). Esta última red ocupa direcciones Clase C (192.168.x.x) y tiene contacto con otras redes alrededor del mundo para poder proporcionar servicios de larga distancia a todo el planeta. De forma esquemática las redes se verían como se muestra en la Figura 4.2.

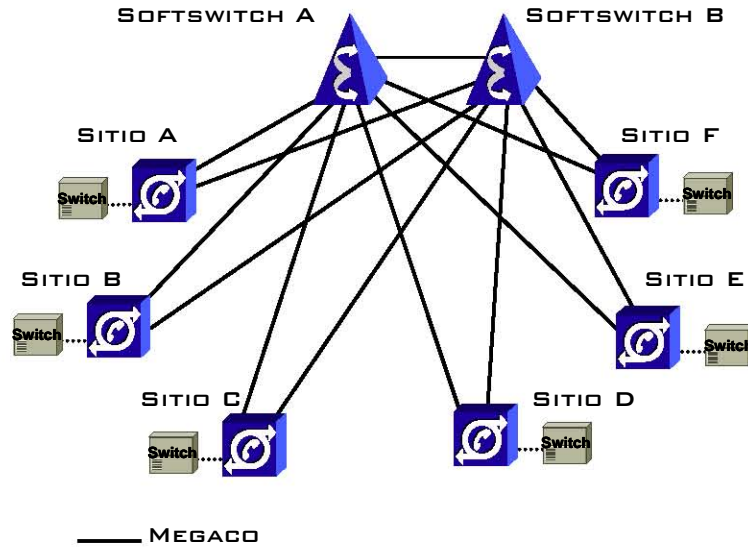


Figura 4.1 Arquitectura General del Proyecto en México

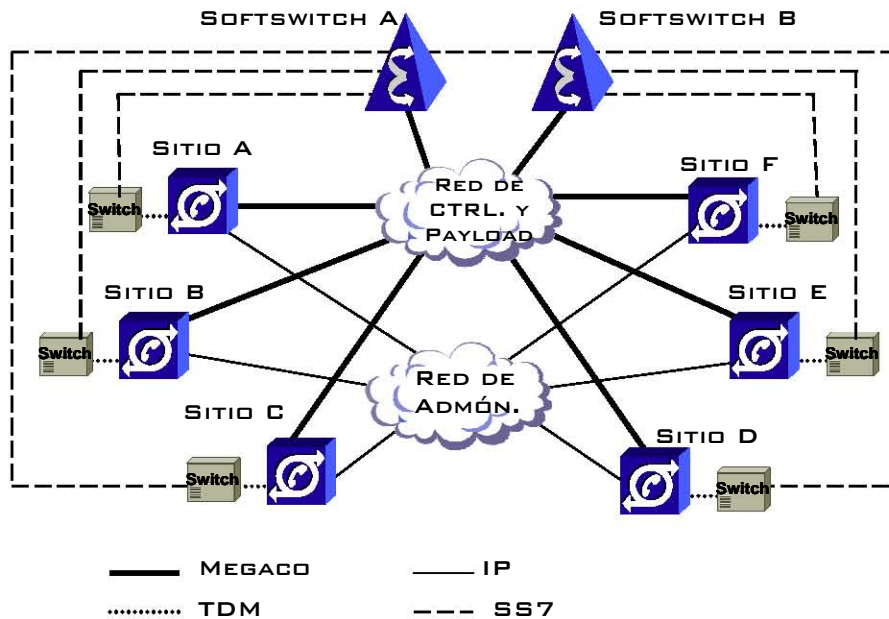


Figura 4.2 División de tráfico en dos redes diferentes







Un diagrama de conexiones externas quedaría como el que se muestra en la Figura 4.4. Aquí se aprecia que para darle mayor seguridad al sistema, a parte de la redundancia en las tarjetas también se proporciona redundancia en los elementos de la red IP (switches y routers), lo cual en conjunto con las listas de acceso, las VLANS y la separación de redes, proporciona una gran estabilidad al sistema en su conjunto, dando como resultado un tiempo de disponibilidad de 99.99989 tan solo del equipo, lo cual es mayor que el estándar de los 5 nueves.

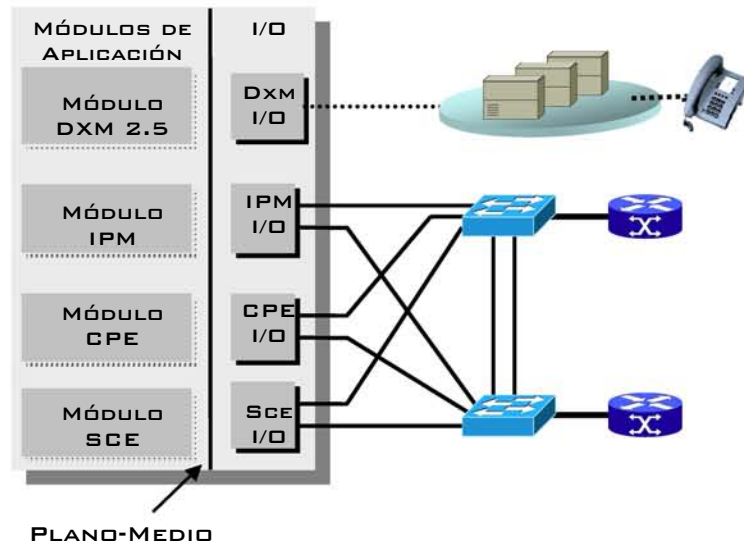


Figura 4.4 Diagrama de Conexiones de un Trunking Gateway

### **4.3 Parámetros Importantes dentro del Trunking Gateway para el Mercado Mexicano**

Como es de esperarse, de acuerdo a los estándares internacionales existen ciertos parámetros que se deben tener en los equipos en todo el mundo, pero también existen algunos otros parámetros que únicamente se aplican en el mercado mexicano o a la empresa en cuestión. A continuación se hará un análisis de cuáles son dichos parámetros y como son introducidos dentro del Media Gateway para Troncales.

#### **4.3.1 Parámetros Importantes Generales**

Dentro de los parámetros importantes que se deben de considerar en un equipo con características de Media Gateway destacan el tipo de codecs que maneja. Como se mencionó anteriormente el hiG 1200 puede manejar hasta 4 tipos de codec, pero para este proyecto en particular se utilizará G.711 para el envío de fax y módem, así como G.729A para el resto de las llamadas. Se selecciona G.729A porque de acuerdo a la Tabla 2.1 es el

#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

código de compresión que presenta menor retardo con una mejor calidad y mayor compresión de la voz.

La transmisión de datos se hace utilizando SDH\*, por lo que un aspecto muy importante es la sincronía, así que se le debe programar al Media Gateway para decirle de donde debe tomar la sincronía. Recordando que la referencia puede ser externa o interna se llegó a la conclusión que la mejor forma de mantener una óptima sincronía es poniendo como referencia de tiempo primaria la externa y como secundaria la interna (Stratum 3) que tiene un tiempo de holdover de hasta 24 horas. Es así que el equipo se configura para tomar la sincronía del propio STM-1 por donde le llega la voz. Otra ventaja de tomar la sincronía por esta interfase es que los STM-1s son muy estables, es decir, debido a que por medio de estas fibras se transporta la voz de la central telefónica hacia los Media Gateways en caso de perderla se perderían directamente llamadas y como consecuencia mucho dinero, es por ello que estas interfases son monitoreadas constantemente y en caso de falla son reparadas prácticamente en el instante. Para ver esto de forma gráfica se recurre al gestor de los Gateways (el NMC visto en el capítulo anterior) de tal forma que las referencias de reloj se ven así:

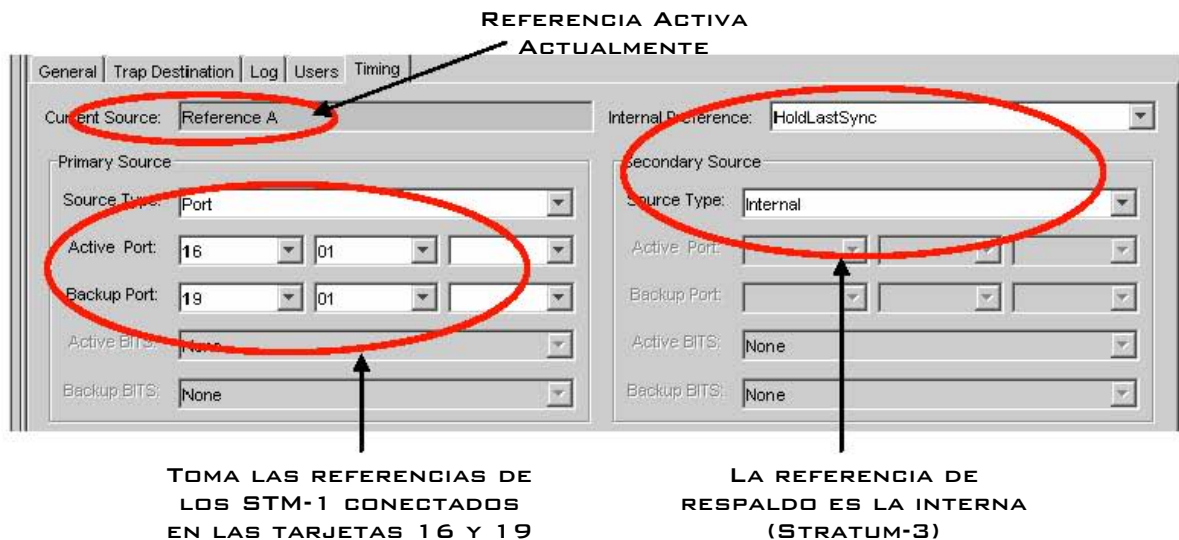


Figura 4.5 Referencias de sincronía en el Trunking Gateway

Como se puede apreciar en la figura anterior, se toma un STM-1 como redundante en caso de que el principal falle con lo cual se le da una mayor estabilidad al sistema.

Otro de los parámetros que se deben tener en cuenta en cualquier sitio donde se ponga un Media Gateways es si va o no a utilizar cancelador de eco, y en caso afirmativo por

\* Para mayor referencia vea la sección 1.3.2.4



cuanto tiempo va a ser almacenada la voz para hacerle el procesamiento respectivo de cancelación de eco. Este parámetro por lo general varía entre 10 ms y 128 ms dependiendo de la calidad de la red IP y debe de ser ajustado en cada sitio para tener una mejor calidad de voz.

## **4.3.2 Parámetros Importantes en México**

### **4.3.2.1 STM-1**

Para comenzar a analizar los parámetros que se aplican al mercado mexicano comencemos por los que tiene que ver con las interfases físicas. Es decir, a diferencia de nuestros vecinos del norte que manejan interfases de PDH con T1s, en México se sigue la norma europea y se utilizan E1s, los cuales son introducidos en una trama básica de SDH (STM-1) tendiendo 63 E1s por cada interfase STM-1.

Así mismo para el caso de telefonía ocupamos Modulación de Pulso Cuantificado (PCM\*) cuyo companding se hace con ley A y no con ley  $\mu$ , de igual forma se utiliza como código de línea para representar a la señal eléctricamente HDB3. También cabe recordar que en México no se utiliza la detección de errores por medio de CRC, por lo cual queda deshabilitada.

Todos estos parámetros se deben introducir al equipo de Trunking Gateway para poder tener comunicación de manera exitosa con la central telefónica, de lo contrario se tendrían muchos errores en la comunicación y en el peor de los casos se perdería totalmente.

Estos parámetros pueden ser vistos en el NMC de manera gráfica como se puede apreciar en la Figura 4.6 y 4.7 respectivamente. En la Figura 4.6 se aprecia claramente que está configurado para trabajar con STM-1s que contienen dentro de sí a los E1s con ley de companding A. En la Figura 4.7 se aprecia que los E1s utilizan como código de línea HDB3.

---

\* Vea sección 1.3.2.1

#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

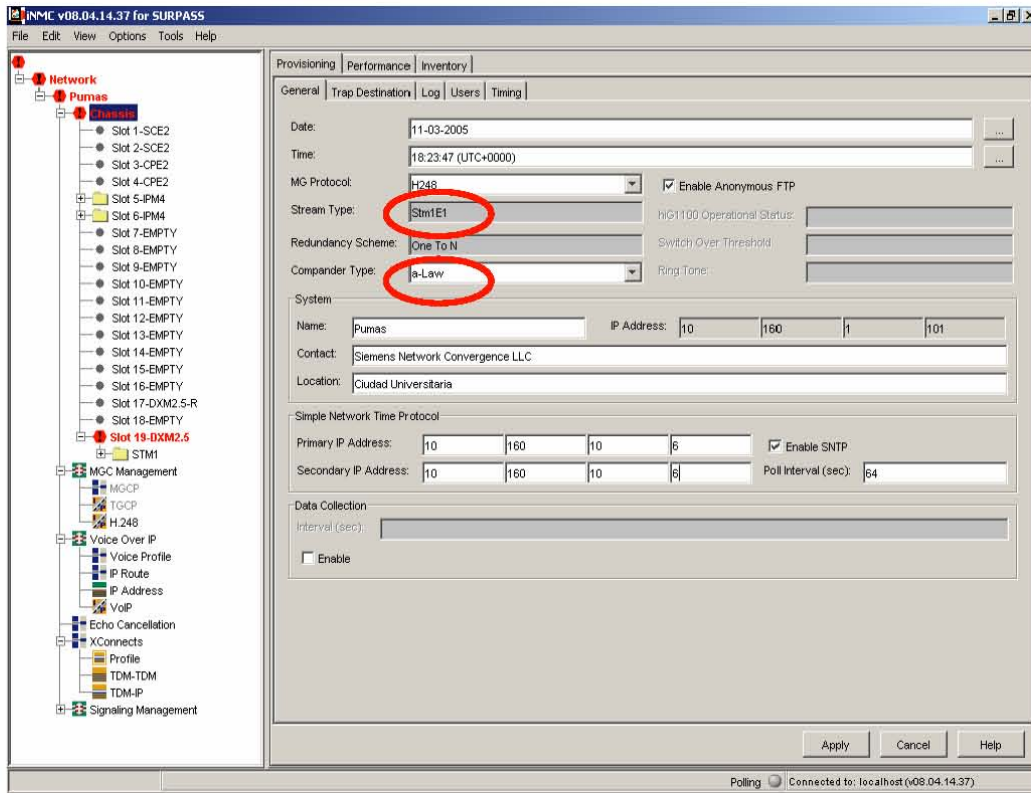


Figura 4.6 E1s con ley A en el compandig

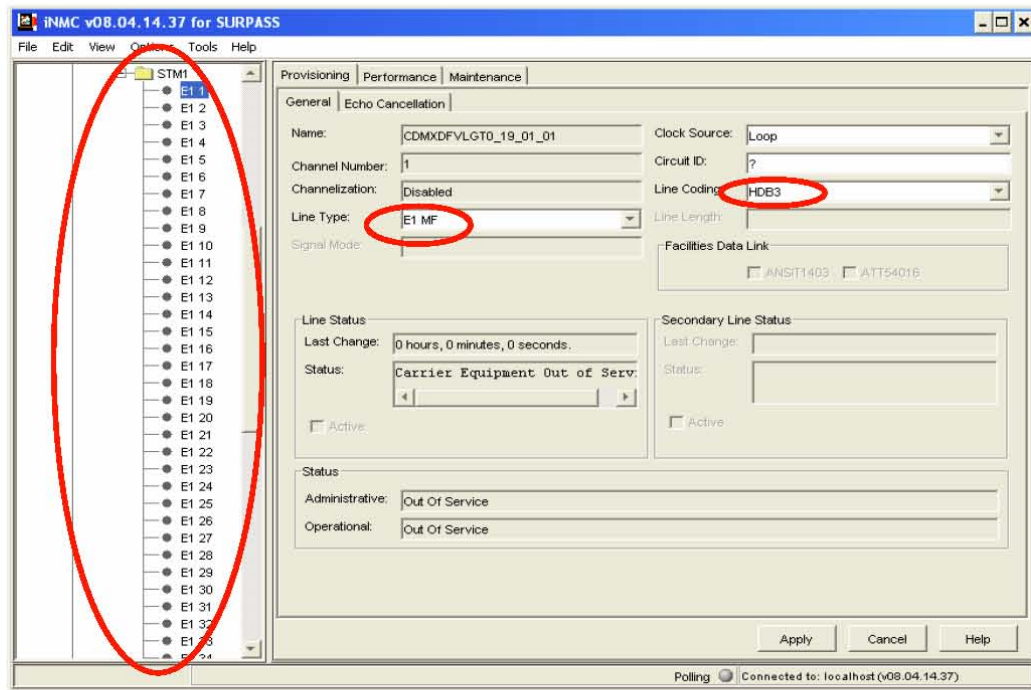


Figura 4.7 63 E1s en un STM-1 con código de línea HDB3



#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

en la red IP se utilizaron los primeros tres bits, con esto se logra darle un envío rápido. Para que esto se lleve a cabo, según la Tabla 2.3, dichos bits deben de estar en 011, es decir, si tomamos en cuenta que el tamaño del campo ToS en el encabezado IP es de 8 bits, entonces, se tendrá que poner un 96 (0110 0000) para que los routers identifiquen que se trata de un paquete de voz y le den mayor prioridad que a un paquete de datos, evitando de esta forma retardos mayores en la red para los paquetes de voz.

##### 4.3.2.5 Geo-redundancia

La geo-redundancia es un concepto que involucra no sólo la protección en caso de la falla de un elemento del propio equipo, sino que también protege contra la falla del softswitch. En cuanto se detecta una falla en el MGC que evita que los mensajes de control (Megaco) puedan ser intercambiados entre el Media Gateway y el MGC o cuando el softswitch no pueda tener el control sobre la red de señalización SS7, en ese momento el MG cambia a su dirección secundaria para que de esta forma sea controlado por otro softswitch que se encuentra en una ubicación geográfica diferente y nunca dejen de establecerse llamadas aún cuando el MGC este apagado o sin funcionar por cualquier causa. El hecho de que se encuentre en una ubicación geográfica diferente es para prevenir en caso de que algo le pase físicamente al softswitch, incluyendo un terremoto por un sismo o cualquier otro siniestro. Como se muestra en la siguiente figura, en el Trunking Gateway estos parámetros son introducidos como dirección primaria y secundaria (incluyendo sus puertos de operación).

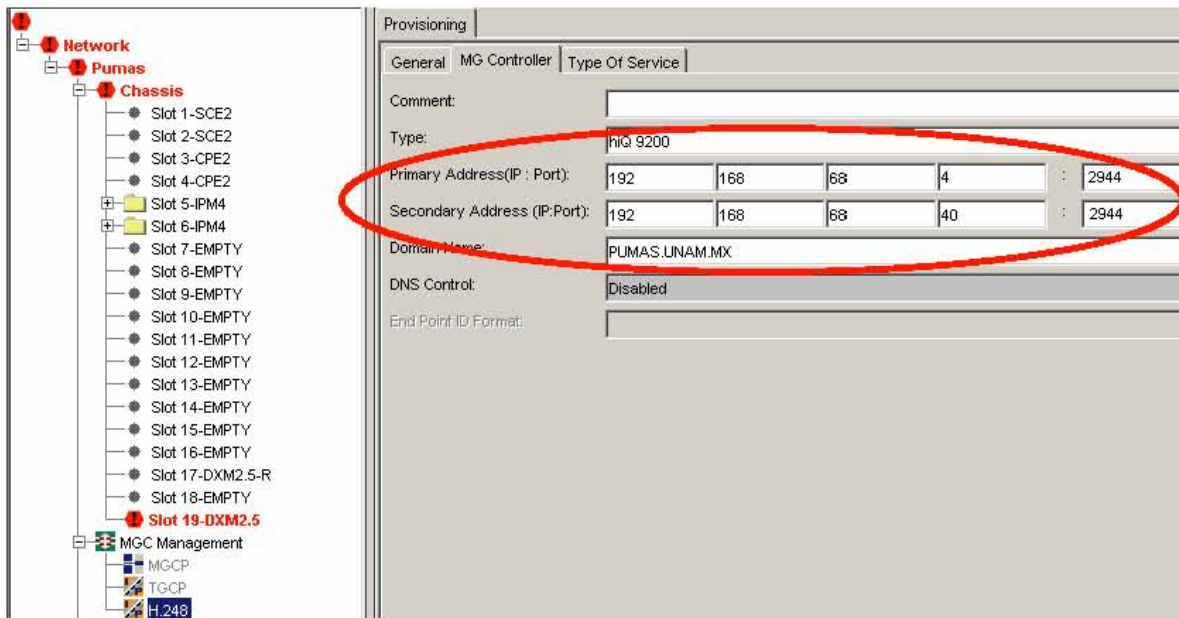


Figura 4.8 Geo-redundancia en el Trunking Gateway





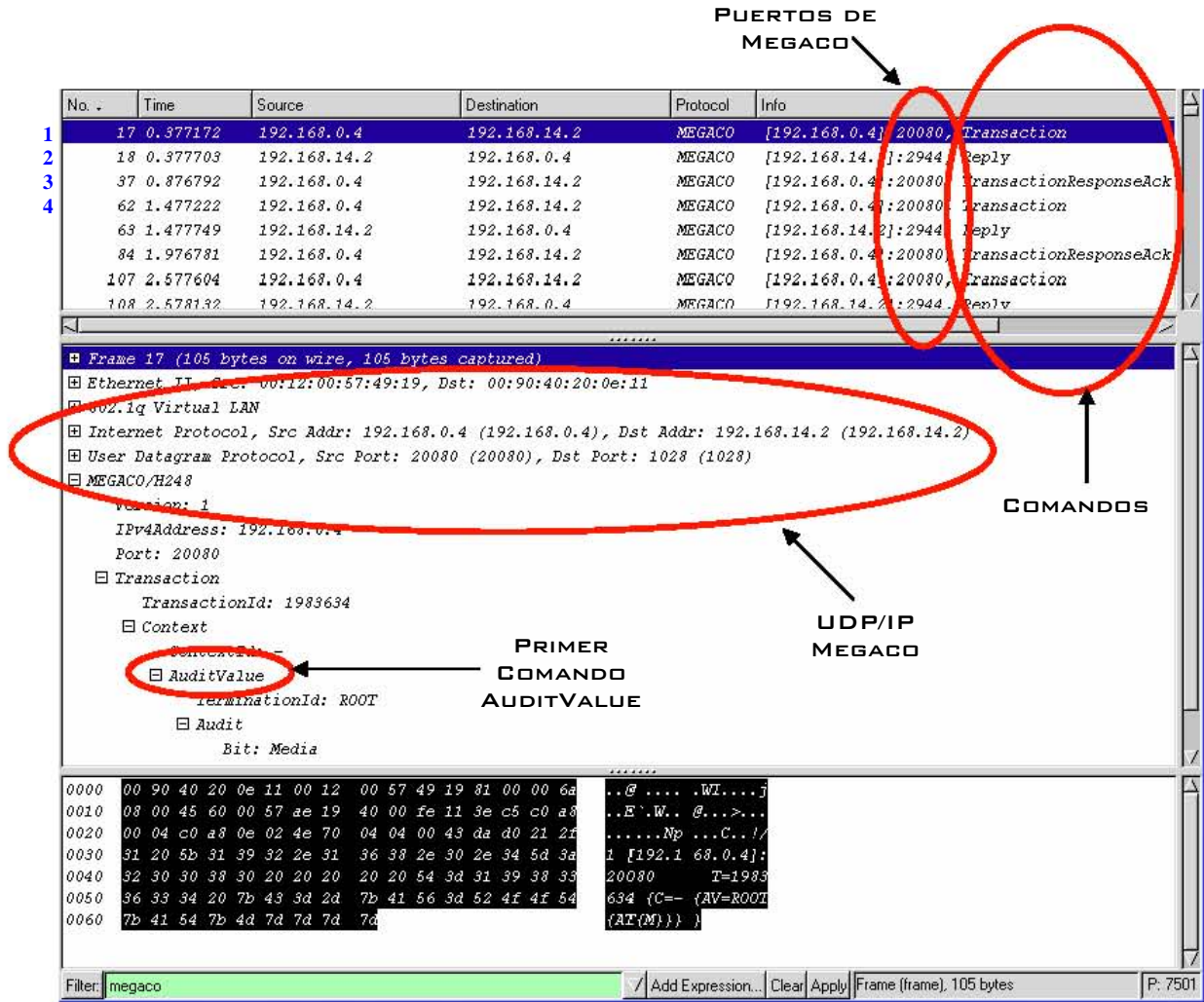


Figura 4.9 Interacción entre MGC y TG

#### 4.4.2 Mensajes en el establecimiento de una llamada

En esta sección vamos a analizar el comportamiento que deben tener los equipos al momento de establecer una llamada, para lo cual tomaremos como base lo visto en la sección 2.4.1.7 de esta misma Tesis con respecto al establecimiento de una llamada utilizando Megaco/H.248 como protocolo de señalización, de tal forma que se puede apreciar lo que se muestra en la Figura 4.10.



#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

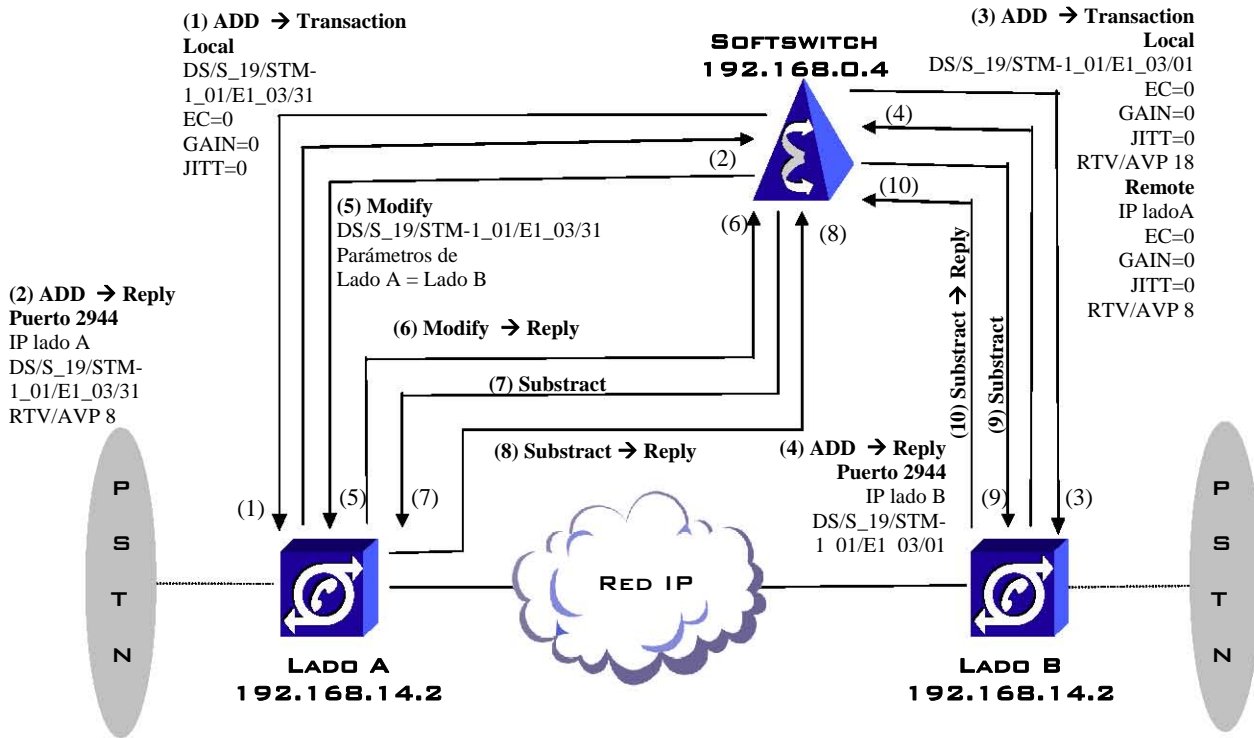


Figura 4.10 Establecimiento de una llamada utilizando Megaco

Si nos enfocamos en lo que sucede en el lado A de la llamada, veremos que se tiene como primer paso un *ADD* (1) el cual es generado por el softswitch (192.168.0.142) para indicarle al Trunking Gateway del lado A (192.168.0.5) que agregue una troncal con ciertas características de PSTN para establecer una llamada, a lo cual el TG responde afirmativamente con un *Reply* (2). Después el softswitch hace lo mismo con el lado B\* (3 y 4). Un punto importante es que las dos IP se conozcan y que las dos troncales tengan las mismas características como tipo de codec a utilizar, buffer del jitter, si se va a utilizar cancelador de eco y supresor de silencio o no, entre otras, es por ello que el softswitch debe informarle al lado A acerca de lo que conoce del lado B lo cual lo logra con un *Modify* (5) donde le especifica todas estas características así como la dirección IP y el puerto destino, a lo cual el TG responde con un *Reply* (6) de aceptación y de esta forma el softswitch sabe que el comando se entregó satisfactoriamente.

Finalmente, cuando el abonado en el lado A cuelga, el softswitch le indica la TG que puede liberar la troncal para que pueda ser ocupada por otra llamada, esto lo logra mediante

\* Para poder monitorear el lado A y el lado B al mismo tiempo y tenerlo en el mismo trazado se hizo una llamada cuyo origen y destino fuera el mismo Trunking Gateway, por lo que la dirección IP es 192.168.14.2 tanto para el lado A como para el lado B.



el comando *Substract* (7), a lo cual, nuevamente, el TG repondrá con un *Reply* (8) de aceptación. Este mismo procedimiento ocurre del lado B (9 y 10) y con esto se da por terminada la llamada.

En la siguiente figura se muestra este mismo procedimiento pero por medio del analizador de protocolos de redes, obteniendo:

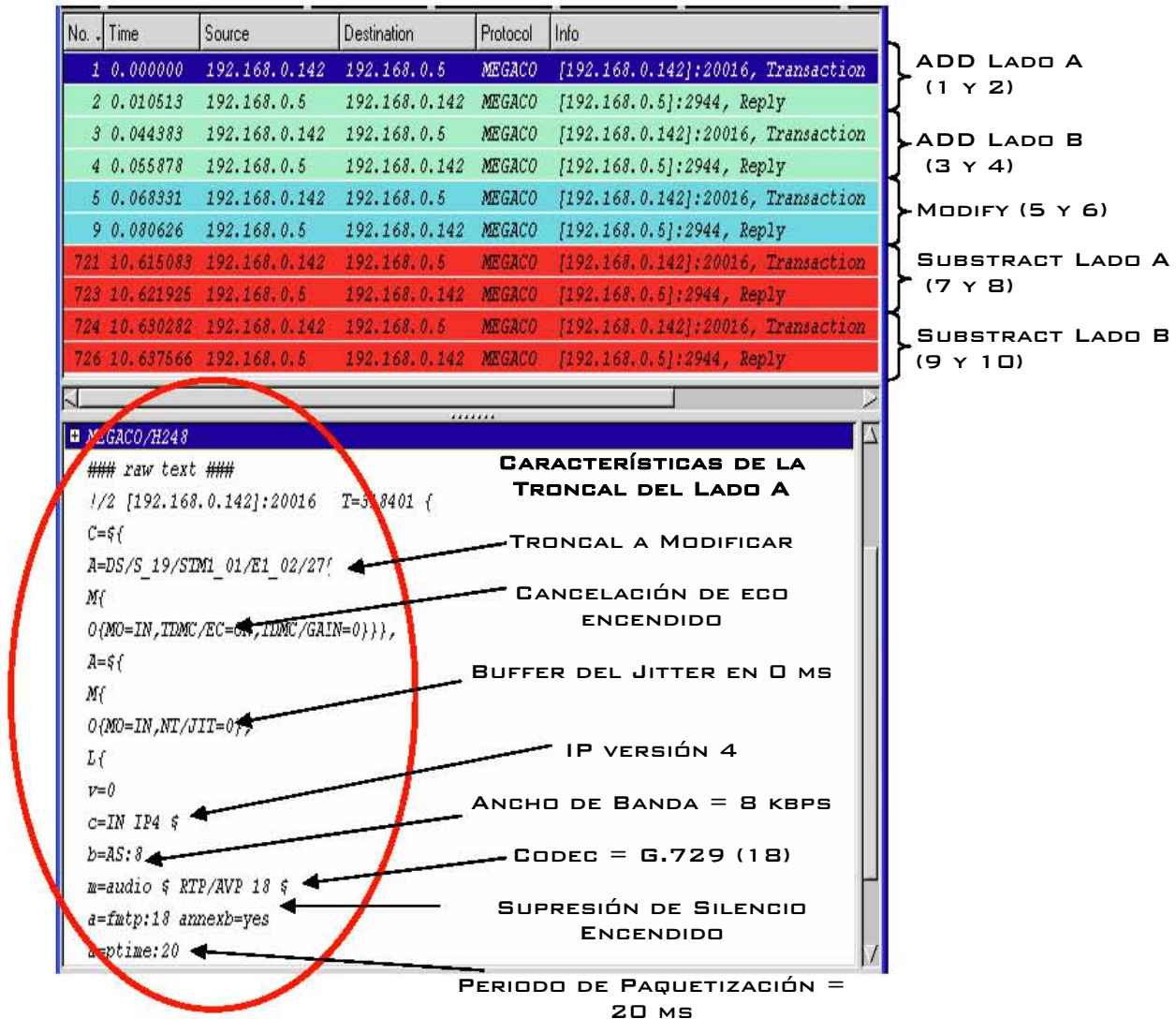


Figura 4.11 Establecimiento y liberación de una llamada en el lado A usando Megaco

#### 4.4.3 Mensajes en el envío de FAX/Módem

Con lo anteriormente mencionado podemos darnos cuenta de cómo se transmite la voz por IP, pero para hacerlo un poco más interesante, analicemos ahora lo que pasa cuando se requiere transmitir un fax o se detecta un módem. De acuerdo a la teoría si se está

#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

maneja un codec de compresión, digamos G.729, entonces al momento de detectar un tono de fax/módem, el codec debe cambiar a G.711 (sin compresión) para que los datos del fax/módem puedan ser interpretados correctamente, es de esta forma que ocurre lo que vemos en la Figura 4.12 cuando se detecta el tono de fax/módem:

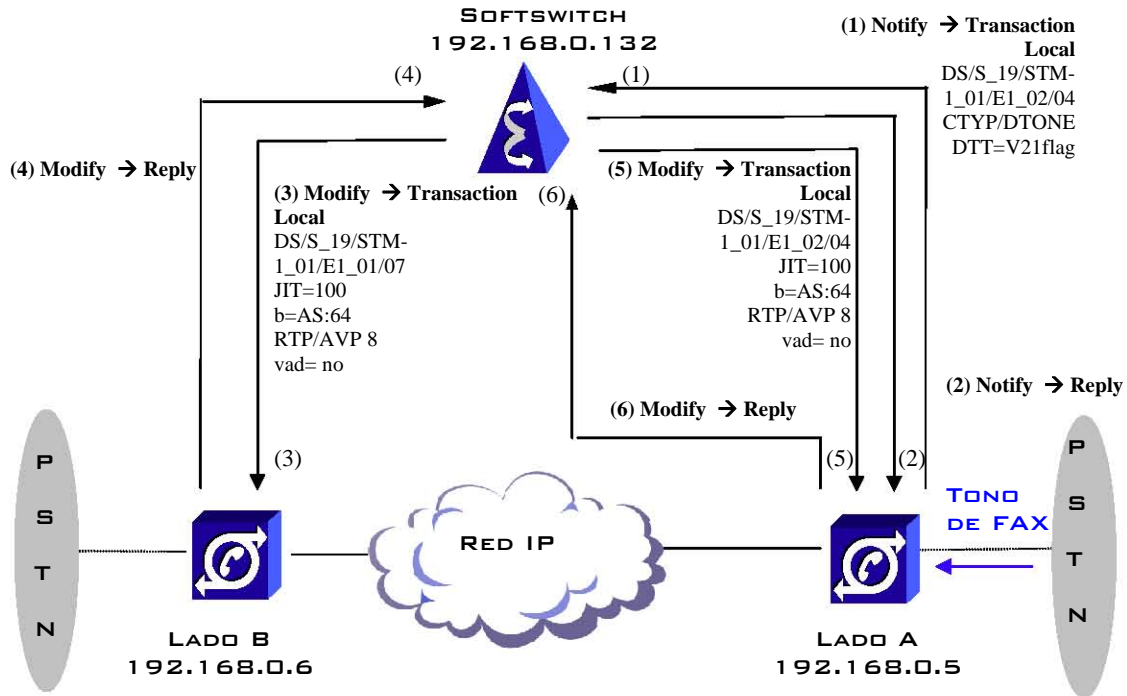


Figura 4.12 Detección de Fax/Módem con Megaco

Como observamos en la figura anterior, cuando se detecta el tono de fax/módem, lo que se debe de hacer es informarle al softswitch (192.168.0.132) que se ha detectado este tipo de tono (en este ejemplo es un módem V21 a 300 bps) por lo cual se envía desde el TG (192.168.0.5) un *Notify*\* (1) a lo que el softswitch responde con un *Reply* (2) y por otro lado también le informa al otro extremo (lado B 192.168.0.6) que modifique los parámetros de la troncal de tal forma que el fax/módem pueda pasar sin ningún tipo de procesamiento a la señal, esto lo hace mediante un *Modify* (3). Para informarle al MGC que se ha aceptado el cambio, el TG responde con un *Reply* (4). Este mismo procedimiento ocurre con el origen (lado A 5 y 6), de tal forma que las dos troncales cuenten con los mismos parámetros.

\* Este es uno de los pocos comandos que pueden ser generados por el Trunking Gateway, por lo general el que los origina es el softswitch

Los parámetros importantes a modificar son como primer punto el codec, independientemente del que se tenga, se debe cambiar a G.711 que es el que no comprime la señal, además el buffer del jitter se hace más grande para esperar a que llegue toda la información y que no tenga errores el fax/módem, además se cancelan todos los procesamientos a la señal como pueden ser la cancelación de eco y la detección de voz.

Si este procedimiento lo observamos con el analizador de protocolos de redes, encontramos lo que se aprecia en la Figura 4.13 para el lado A cuando se envía el *Notify* desde el lado A (1).

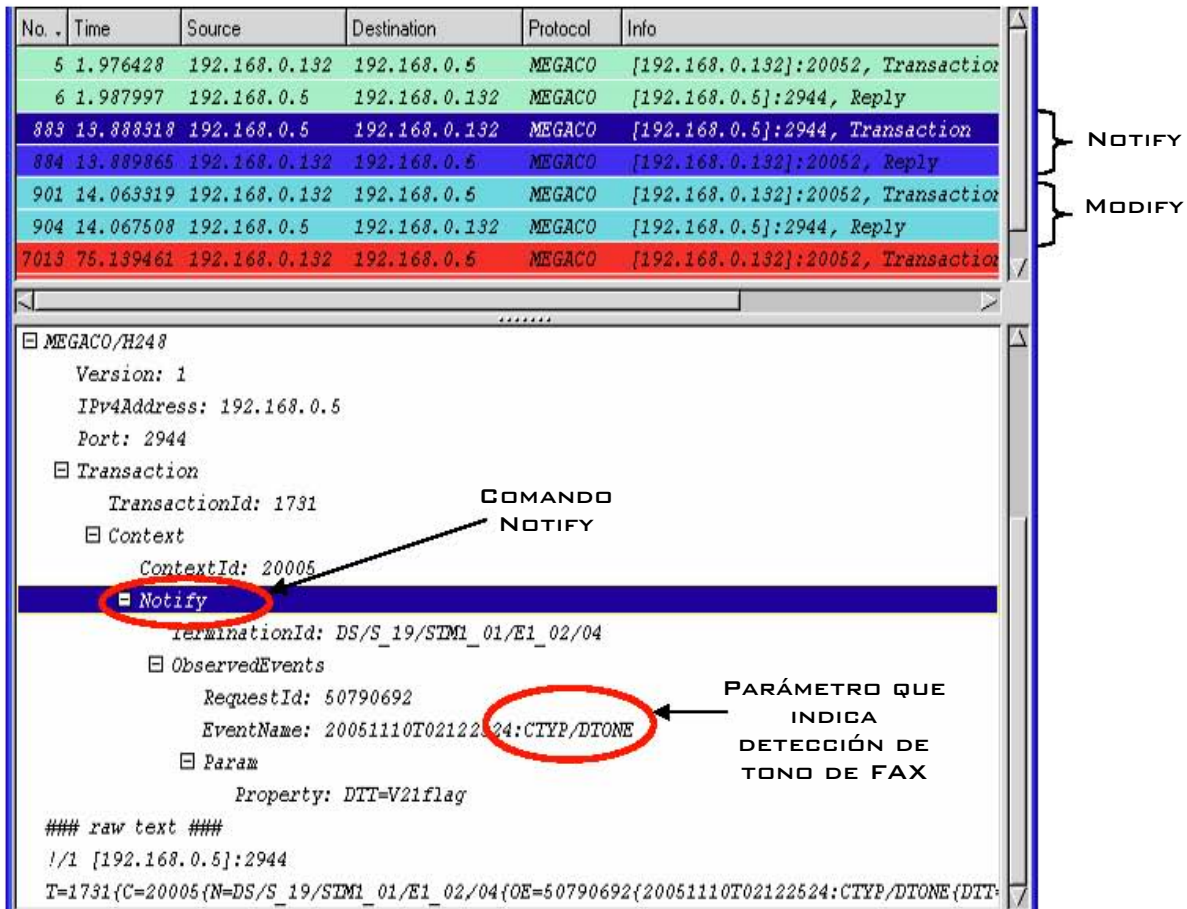


Figura 4.13 Envío de FAX utilizando Megaco

Para confirmar que efectivamente el Trunking Gateway hizo el cambio podemos analizar los paquetes de RTP con el mismo analizador de protocolos de redes (Ethereal), de tal forma que en la Figura 4.14 podemos apreciar claramente como los paquetes RTP en un principio se envían con G.729 y después cambian en el paquete 546 a G.711.

#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

Aprovechemos esta misma figura para analizar la información que nos proporciona el paquete de RTP\*, por ejemplo, que no contiene relleno (padding), que tiene el codec G.729 (18), que su número de secuencia es el 373, su fuente de sincronización es la 21469 y la información que transporta en hexadecimal es 63C2E267... Esta información es interpretada por el equipo Terminal o por otro Media Gateway como un mensaje de voz y es decodificado para que pueda ser comprendido.

Así mismo, podemos analizar que previamente al cambio de codec aparece un paquete de RTCP (Sender Report) cuya función es básicamente la de llevar el control de los paquetes de RTP y a nivel de RTP informarle al equipo que ha sido detectado un fax/módem y el codec debe cambiar.

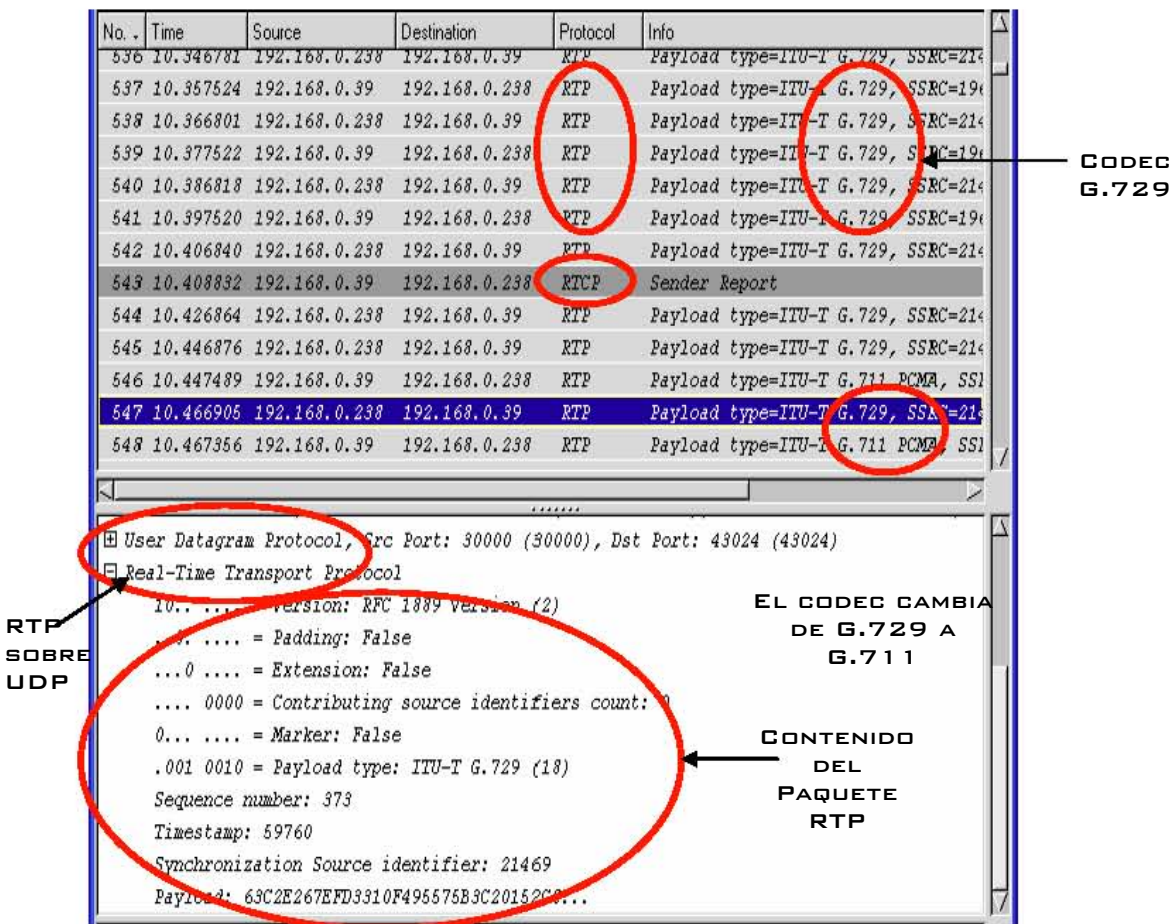


Figura 4.14 Cambio de codec de G.729 a G.711 al enviar un FAX

\* Para mayor información referente a RTP y RTCP vea la sección 4.2.4



Como se puede apreciar en la figura anterior, las direcciones de origen y destino son diferentes a las de control de la Figura 4.9, esto es porque el intercambio de información en RTP se da por las interfases de payload IPM4 (voz), mientras que el intercambio de mensajes de control se da por las interfases de control CPE2 (Megaco) y sus direcciones IP son diferentes.

Otro aspecto importante es el referente a que se puede apreciar claramente que los paquetes de RTP se transportan usando el protocolo UDP, las razones son porque es un protocolo sencillo y al no haber retransmisión de paquetes evita muchos problemas con la voz. Por ejemplo si hubiera retransmisión de paquetes de voz habría un retardo mayor porque se tendría que esperar a que llegaran todos los paquetes para poder enviar el mensaje de voz.

#### 4.4.4 Verificación etiquetado de RTP (DiffServ)

Para comprobar que los paquetes están siendo etiquetados de manera correcta, como ese especificó en la sección 4.3.2.4 (96 = 0110 000), se utilizó un analizador de protocolos de redes para observar el contenido de los paquetes RTP y el resultado se encuentra en la siguiente figura:

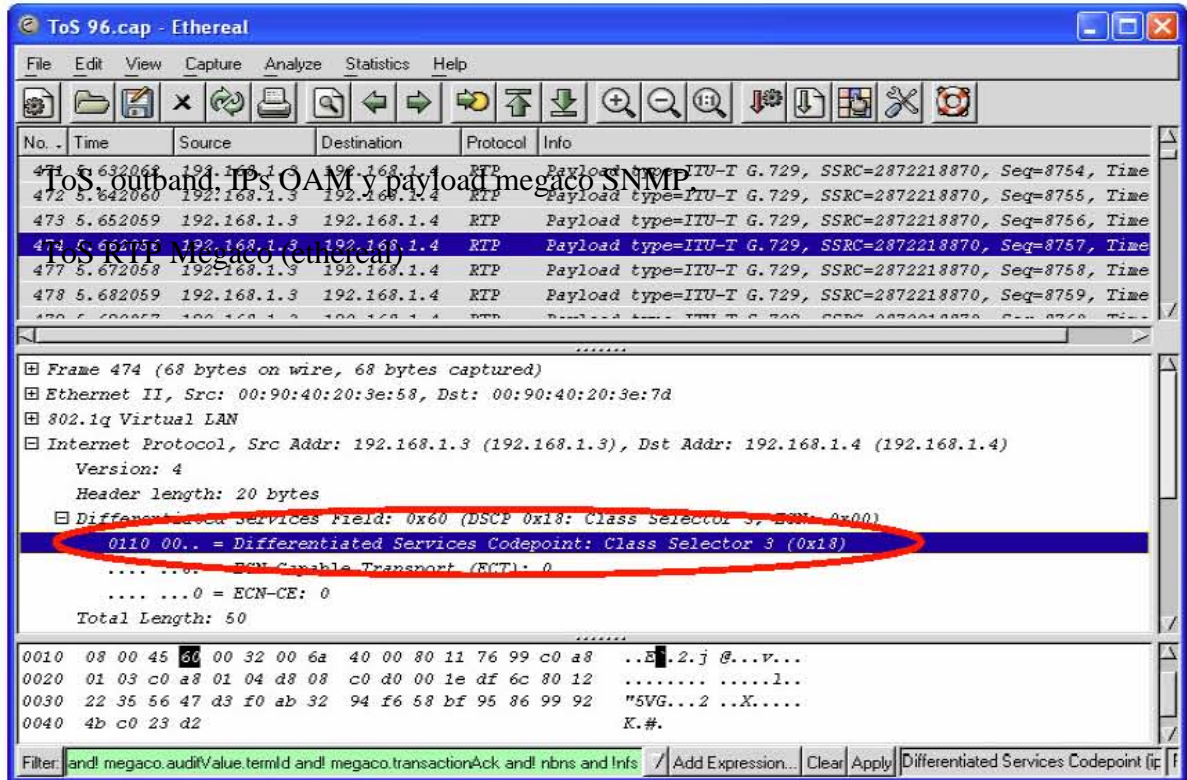


Figura 4.15 Trazado donde se muestra el DiffServ de 96

#### 4.4.5 Pruebas de Tráfico y Calidad de Voz

Una vez conociendo que el equipo cumple con los protocolos de VoIP (Megaco y RTP/RTCP), entonces la pregunta lógica es ¿Cómo reacciona el equipo y la red ante grandes cantidades de tráfico de voz y de control, que es para lo que fue diseñado? Así pues, con el objetivo de responder esta pregunta se ideó un mecanismo para generar tráfico utilizando un equipo de medición ISTS (Integrated Signaling and Traffic Simulator), este equipo permite generar tráfico sobre TDM y analizar el nivel de calidad de la voz.

Para poder mostrar que tan eficiente es la solución presentada en condiciones reales, se hizo un escenario en el que varias llamadas simultáneas (un E1) inundaran la red de datos IP, para que de esta forma se observara como reaccionan los equipos, como fluyen los paquetes de RTP/RTCP y Megaco, tanto de VoIP como los de ruteo, ante un gran número de llamadas simultáneas.

A continuación se presenta una imagen donde se muestra el escenario con el que se probó a los equipos ante grandes cantidades de tráfico.

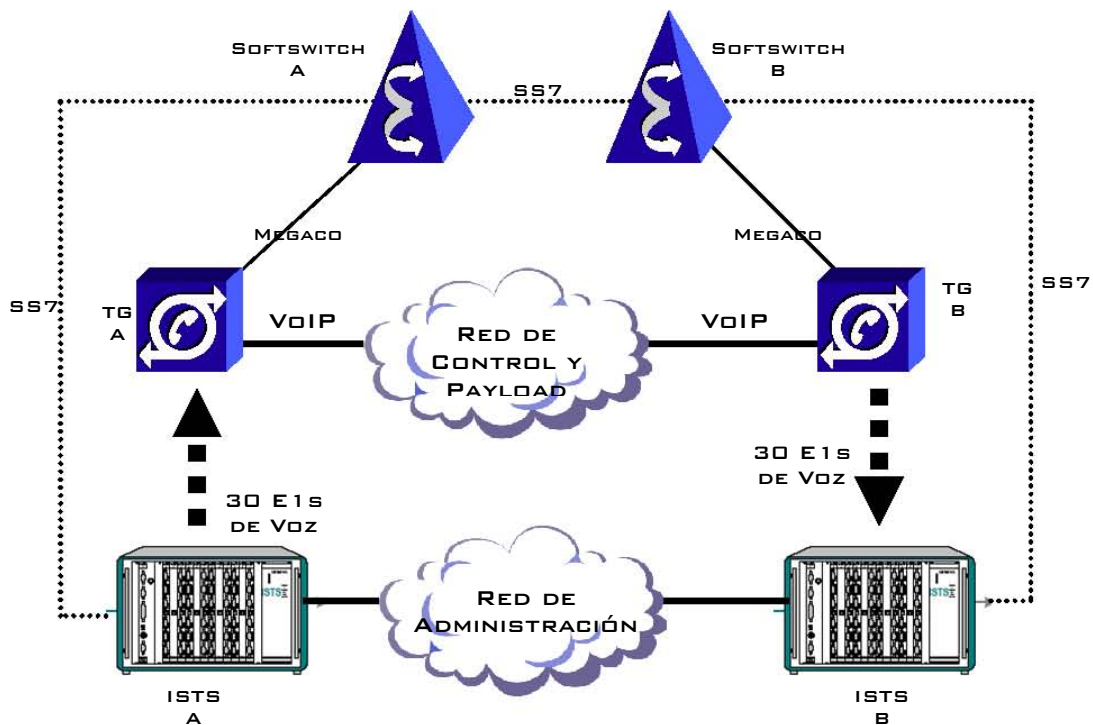


Figura 4.16 Escenario para hacer pruebas de tráfico

Como se puede apreciar, se tienen dos Trunking Gateways, cada uno controlado por su propio softswitch (A y B). Los equipos generadores y analizadores de tráfico de voz (ISTS) por un lado se conectan al softswitch para proporcionarle la señalización número 7 que se



#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

jitter que se tiene no afecta de ninguna manera a la conversación, además de que no se tienen paquetes perdidos, por lo anteriormente mencionado podemos decir que la conversación es bastante clara.

Además por medio del ISTS podemos obtener más datos como se muestran en la Tabla 4.1. Es importante mencionar que con un E1 se genera una gran cantidad de paquetes RTP/RTCP y por consecuencia el gran consumo de tiempo y de recurso que se lleva analizar estos paquetes durante un lapso de tiempo muy grande está fuera de los alcances de esta Tesis. La razón principal es por que los equipos necesarios para este procesamiento son excesivamente costosos y no cualquier compañía los maneja, por ello nos limitaremos a tomar una muestra aleatoria de 10 segundos en la que se obtuvieron los siguientes resultados:

	<i>Total</i>	<i>%</i>
<i>Paquetes UDP</i>	65,829	99.4
<i>Paquetes RTP (G.729)</i>	65,659	99.1
<i>Paquetes RTCP</i>	139	0.2
<i>Paquetes Megaco</i>	31	0.005
<i>Paquetes por llamada</i>	1059	1.6
<i>Paquetes perdidos</i>	0	0
<i>Paquetes IP</i>	66,237	100

Tabla 4.1 Estadísticas generadas al hacer llamadas por un E1 utilizando a la red IP\*

En la Tabla 4.1 se puede apreciar claramente la gran cantidad de paquetes RTP que se generan en 10 segundos cuando se tiene un E1 conectado al Trunking Gateway y lo poco que se genera de Megaco. Con esto nos damos cuenta de la mínima cantidad de paquetes de señalización (comparado con los de RTP) y es por ello que se elige Megaco sobre otros protocolos de señalización de VoIP para carriers, ya que si esto ocurre con un solo E1 que podemos esperar con un STM-1 o incluso con varios STM-1s.

Aprovechando el mismo escenario (ver Figura 4.16) se cargaron al máximo los equipos ISTS, lo que representa 30 E1s, para obtener mediciones de la calida de voz (MOS\*\*). Para ello se dejó corriendo la prueba enviando mensajes con voz masculina durante 2 horas. Los equipos de voz sobre IP estaban configurados para transformar la voz TDM en IP utilizando el codec G.729.

Una vez terminadas las 2 horas que duró la prueba, por medio del ISTS se obtuvieron las siguientes Gráficas para 30 E1s con G.729 para voz de hombre.

---

\* Obtenida por mediciones hechas con el ISTS el 17 de Octubre de 2005 con centrales telefónicas y redes IP mexicanas reales.

\*\* Para mayor referencia vea la sección 2.3.5



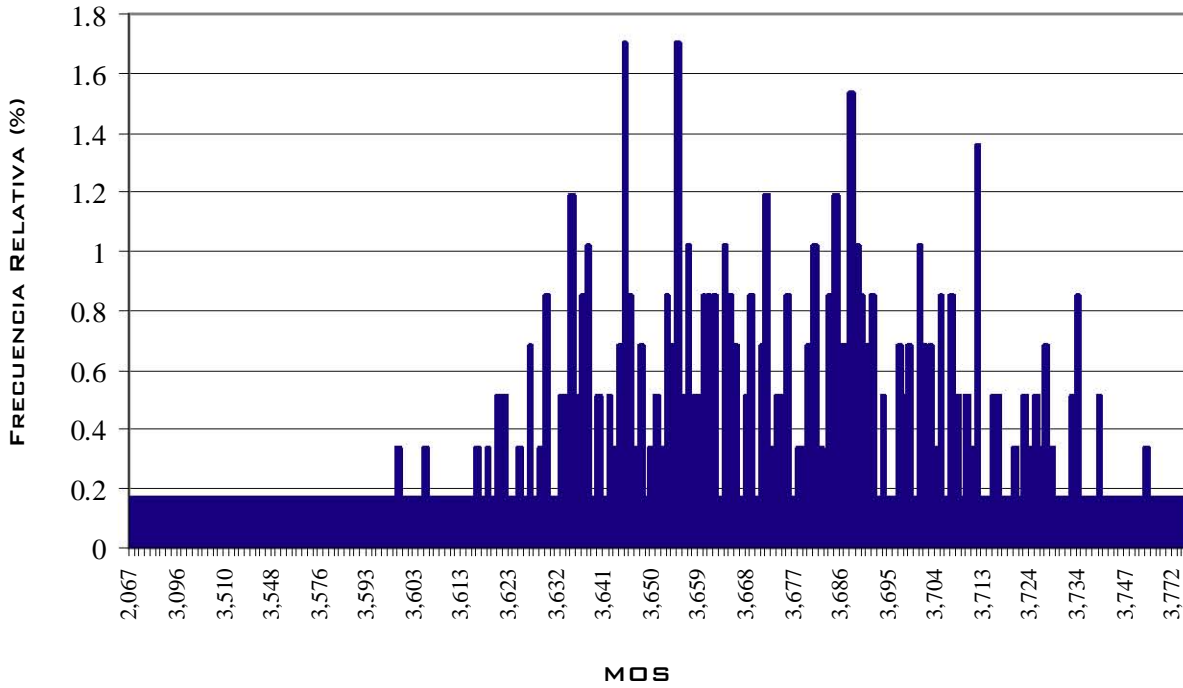


Figura 4.18 Frecuencia Relativa de los Valores de MOS

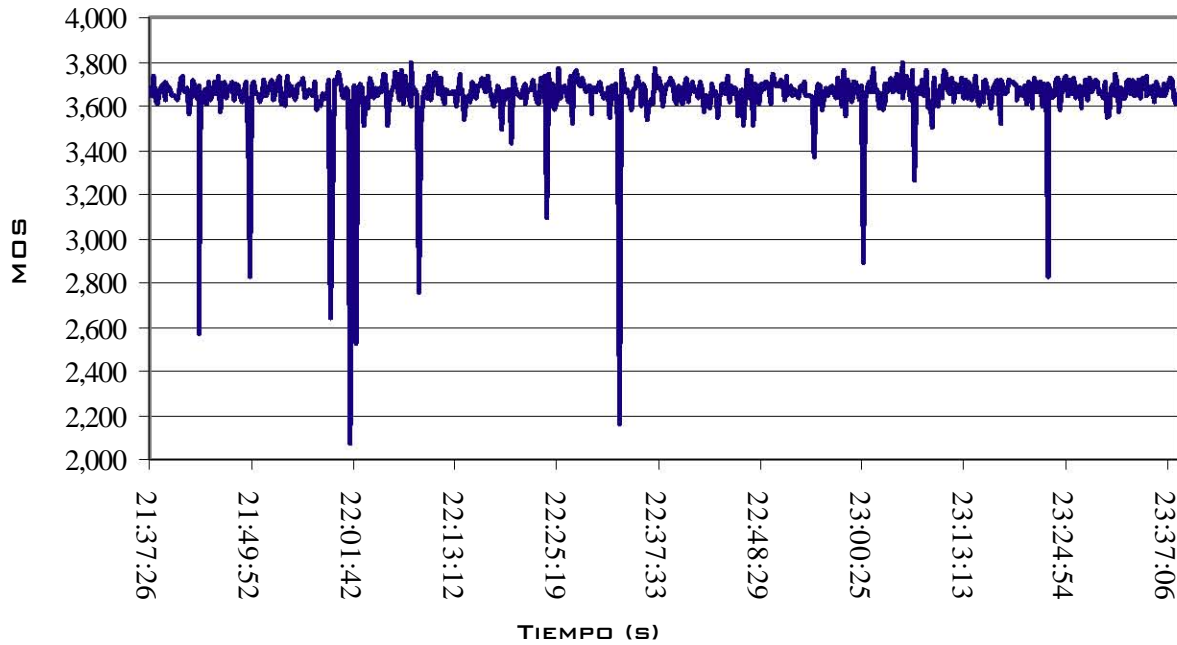


Figura 4.19 Curso cronológico del MOS

#### 4. Implementación de Trunking Gateways en México

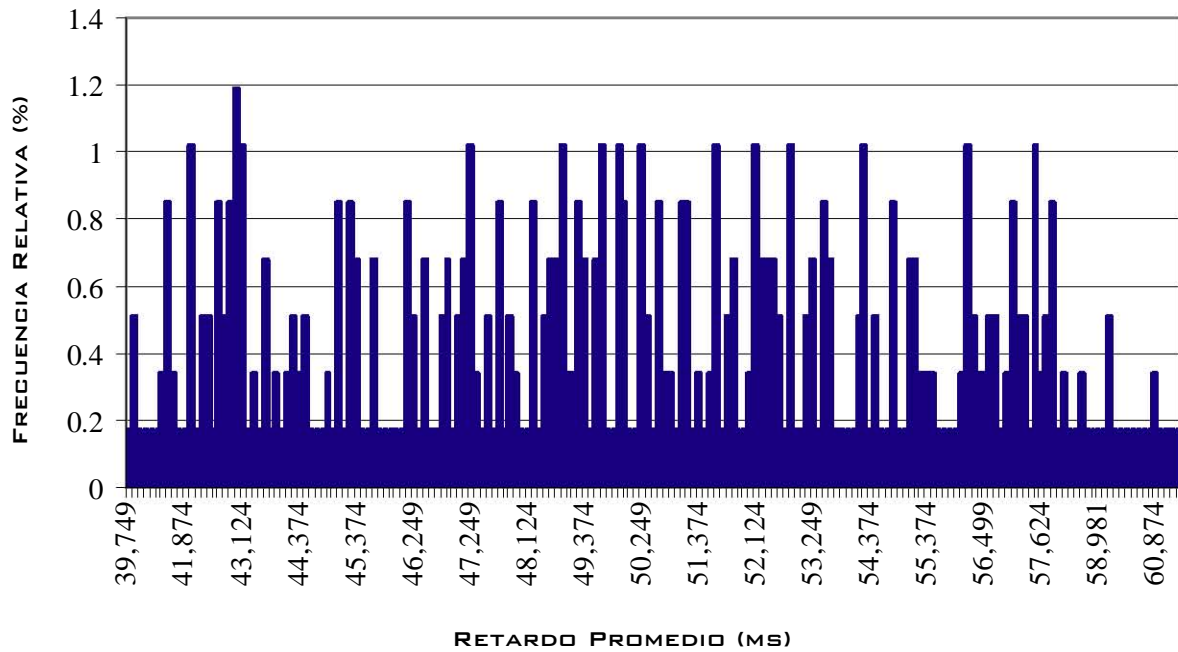


Figura 4.20 Frecuencia Relativa del Retardo

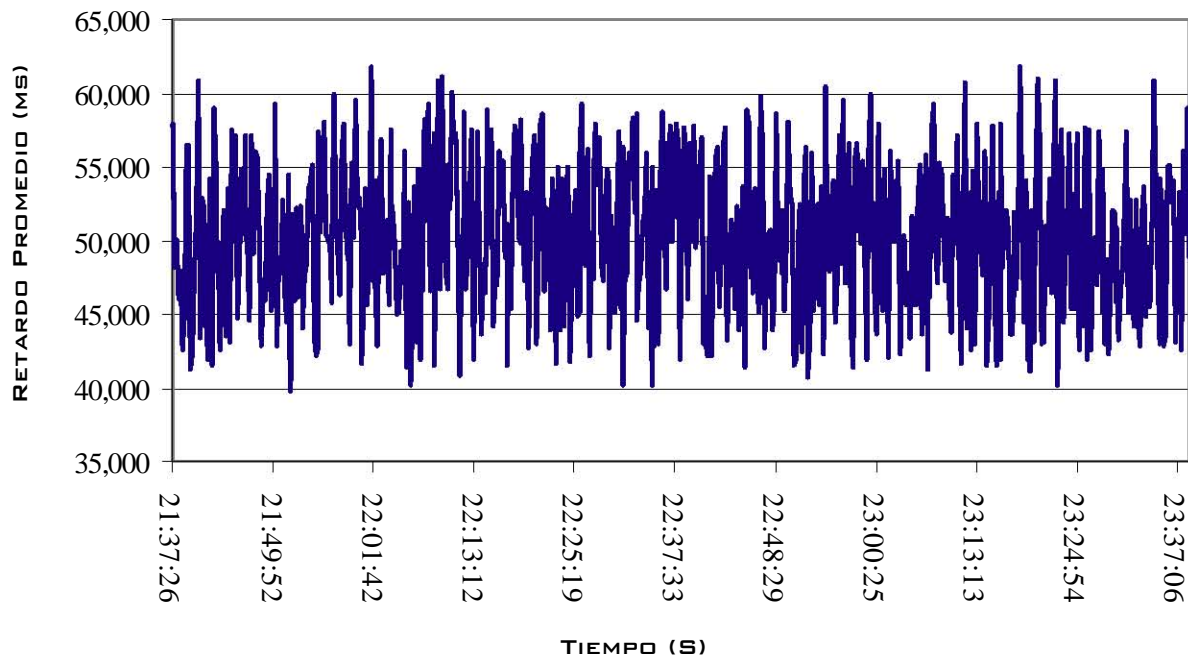


Figura 4.21 Retardo promedio en el tiempo





## **CAPÍTULO V**

# **CONCLUSIONES**



## 5. Conclusiones

En esta Tesis se hizo un análisis, tanto teórico como práctico, de cómo implementar una solución de voz sobre IP para el mercado mexicano en una empresa tipo carrier. Un punto importante para que esto se lleve a cabo es hacer un cambio de tecnología de forma gradual, de tal forma que no se tenga que tirar a la basura todos los equipos de la telefonía tradicional que han funcionado durante décadas. Además, se debe tener en cuenta que no se puede hacer el cambio total de un día para otro, por lo cual, como primer paso las llamadas seguirán surgiendo en la red PSTN y terminadas en la red PSTN, únicamente se utilizará la red de voz sobre IP para el transporte y para los pocos usuarios que cuenten con una Terminal de VoIP, lo cuales hasta el momento son muy pocos comparados con los usuarios PSTN. Será hasta después de un tiempo cuando se podrán hacer llamadas originadas y terminadas en IP, pero siempre hay que empezar con algo.

Es ahí donde surge la importancia de los Media Gateways, ya que, estos equipos tienen la facilidad de mediar entre la telefonía tradicional y las redes de VoIP, esto lo hacen gracias a que convierten la voz en paquetes y viceversa, con lo cual se logra que puedan convivir ambos mundos y por lo cual se convirtió en uno de los principales puntos de estudio de esta Tesis.

La necesidad de incorporar el servicio de VoIP es básicamente por las ventajas que ofrece sobre la telefonía tradicional, entre dichas ventajas destacan la creación de nuevos servicios (gracias a que los equipos Terminales poseen una mayor “inteligencia”), además de que las llamadas se hacen independientes de la distancia con lo cual desaparece el concepto de larga distancia y finalmente otra ventaja es que los costos bajan considerablemente, tanto para los proveedores del servicio como para los usuarios finales.

Como era de esperarse nos encontramos con una gran variedad de dificultades para poner en marcha estos equipos, sin embargo, estas pueden ser enfrentadas y solucionadas satisfactoriamente si se tiene el conocimiento de sus causas, es por ello que se decidió empezar esta Tesis con una base teórica. Dentro de los problemas que se tuvieron algunos fueron de tipo administrativo y otros de tipo técnico, pero es en los de tipo técnico en los que esta Tesis se basa.

Para empezar, uno de los problemas que se tuvieron que enfrentar fue la cuestión referente al tipo de protocolo de VoIP que se iba a utilizar. Si bien, se tienen una gran variedad de ellos, se llegó a la conclusión de que Megaco, también conocido como H.248, es la opción ideal para nuestro caso. La razón principal de esta afirmación es que, a diferencia de otros protocolos, Megaco utiliza una menor cantidad de mensajes para establecer una llamada y además se transporta sobre UDP. Estas dos características hacen que se disminuya considerablemente el ancho de banda al establecer una llamada, lo cual es de suma importancia para una empresa tipo carrier que maneja millones de llamadas simultáneas y por lo tanto genera bastante tráfico, no sólo de las llamadas en sí, sino que también de la señalización que se genera para establecerlas.









# ANEXO: ABREVIATURAS

ACK	Reconocimiento ( <i>Acknowledge</i> )
ACM	Mensaje completo de dirección ( <i>Address Complete Message</i> )
ADSL	Línea de abonado digital asincrónica ( <i>Asynchronous Digital Subscriber Line</i> )
ANIS	Acceso analógico en conmutación ISDN ( <i>Analog access at ISDN-Exchange</i> )
ANM	Mensaje de respuesta ( <i>Answer Message</i> )
ANSI	Instituto Nacional de estándares Americano ( <i>American National Standards Institute</i> )
ARP	Protocolo de resolución de direcciones ( <i>Address Resolution Protocol</i> )
ARQ	Solicitud de admisión ( <i>Admission Request</i> )
ARQ/ACF	Admission Request/Admission Confirm
ATM	Modo de transferencia Asincrónico ( <i>Asynchronous Transfer Mode</i> )
BGP	<i>Border Gateway Protocol</i>
BHCA	Intentos de llamada en hora pico ( <i>Busy Hour Call Attempts</i> )
BIT	Unidad de cantidad de información electrónica formada por dígitos binarios
BW	Ancho de Banda
CAS	Señalización por canal asociado ( <i>Channel Associated Signaling</i> )
CCBS	Completar la llamada para un usuario ocupado ( <i>Call Completion to Busy Subscriber</i> ) ( <i>ISDN Supplementary Service</i> )
CCG	Generador de clock central ( <i>Central Clock Generator</i> )
CCS7	Señalización N° 7 de canal común ( <i>Common Channel Signaling No. 7</i> )
CF	Reenvío de llamada ( <i>Call Forwarding</i> )
CIC	Código de identificación de circuito ( <i>Circuit Identification Code</i> )
CLI	Interfaz de línea de comandos ( <i>Command Line Interface</i> )
CLI	Identidad de la línea que llama ( <i>Calling Line Identity</i> )
CO	Oficina central ( <i>Central Office</i> )
CTI	Integración computadora telefonía ( <i>Computer Telephony Integration</i> )
DB	Base de datos ( <i>Database</i> )
DNS	Servicio de nombres de dominio ( <i>Domain Name Service</i> )
DPC	Código de punto destino ( <i>Destination Point Code</i> )
DS0 / DS1	Señal Digital 0 (64Kbps), Señal Digital 1 (DS1 transporta 24 canales de voz de 64kbps)
DSL	Línea de abonado digital ( <i>Digital Subscriber Line</i> )

DSP	Procesador digital de señales ( <i>Digital Signal Processor</i> )
DTMF	Frecuencia múltiple de dos tonos ( <i>Dual Tone Multi-Frequency</i> )
Erl	Erlang
ETSI	Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeo ( <i>European Telecommunication Standardization Institute</i> )
FoIP	Fax sobre IP ( <i>Fax over IP</i> )
FTP	Protocolo de transferencia de archivos ( <i>File Transfer Protocol</i> )
GUI	Interfaz de usuario gráfica ( <i>Graphic User Interface</i> )
GW	<i>Gateway</i>
H.323	Familia de protocolos para voz sobre IP ( <i>Protocol family for VoIP</i> )
HTML	Lenguaje de marcas de hipertexto ( <i>HyperText Markup Language</i> )
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto ( <i>HyperText Transfer Protocol</i> )
HW	Hardware
IAD	Servicios de acceso integrado ( <i>Integrated Access Devices</i> )
IAM	Mensaje de dirección inicial ( <i>Initial Address Message</i> )
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica ( <i>Institute of Electrical and Electronic Engineering</i> )
IETF	Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet ( <i>Internet Engineering Task Force</i> )
IP	Protocolo de Internet ( <i>Internet Protocol</i> )
ISDN	Red digital de servicios integrados ( <i>Integrated Services Digital Network</i> )
ISTS	Señalización integrada y simulador de tráfico ( <i>Integrated Signaling and Traffic Simulator</i> )
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones ( <i>International Telecommunications Union</i> )
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estandarizaciones de Telecomunicaciones ( <i>International Telecommunications Union – Telecommunication Standardization Sector</i> )
IVR	Repuesta de voz interactiva ( <i>Interactive Voice Response</i> )
LAN	Red de área local ( <i>Local Area Network</i> )
MEGACO	<i>Media Gateway Control = H.248</i>
MG	<i>Media Gateway</i>
MGC	<i>Media Gateway Controller</i>
MGC/SG	<i>Media Gateway Controller / Signaling Gateway</i>
MGCP	<i>Media Gateway Control Protocol</i>
NE	Elementos de red ( <i>Network Elements</i> )

NGN	Red de próxima generación una arquitectura de red distribuida basada en paquetes de acuerdo al Foro de conmutación multiservicios ( <i>Next Generation Network</i> )
NMC	Centro de gestión de red ( <i>Network Management Center</i> )
OAM	Operación, administración y mantenimiento ( <i>Operation, Administration and Maintenance</i> )
OSI	Interconexión de sistemas abiertos ( <i>Open Systems Interconnection</i> )
PAM	Modulación por amplitud de pulso ( <i>Pulse Amplitude Modulation</i> )
PBX	Central de conmutación privada ( <i>Private Branch Exchange</i> )
PCM	Modulación por pulso codificado ( <i>Pulse Code Modulation</i> )
PDH	Jerarquía digital plesiócrona ( <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> )
PRI	Interfaz de velocidad Primaria ( <i>Primary Rate Interface</i> )
PSTN	Red telefónica conmutada pública ( <i>Public Switched Telephone Network</i> )
QAM	Modulación en amplitud y cuadratura ( <i>Quadrature amplitude modulation</i> )
QoS	Calidad de servicio ( <i>Quality of Service</i> )
RFC	Solicitud para comentarios IETF ( <i>Request For Comments</i> )
RTCP	Protocolo de control de tiempo real RTP ( <i>Real Time Control Protocol</i> )
RTP	Protocolo de transporte para tiempo real ( <i>Real-time Transport Protocol</i> )
SCP	Punto de control de señalización ( <i>Signaling Control Point</i> )
SDH	Jerarquía digital sincrónica ( <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> )
SDP	Protocolo de descripción de sesión ( <i>Session Description Protocol</i> )
SEP	Señalización del punto extremo ( <i>Signaling Endpoint</i> )
SG	Gateway de señalización ( <i>Signaling Gateway</i> )
SIP	Protocolo de iniciación de sesión ( <i>Session Initiation Protocol</i> )
SMP	Procesador múltiple simétrico ( <i>Symmetric múltiple Processor</i> )
SMS	Servicio de mensajes cortos ( <i>Short Message Service</i> )
SMTP	Protocolo de transferencia de mensajes simple ( <i>Simple Message Transfer Protocol</i> )
SNMP	Protocolo de gestión de red simple ( <i>Simple Network Management Protocol</i> )
SONET	Red óptica sincrónica ( <i>Synchronous Optical Network</i> )
SS7	Sistema de señalización N° 7 ( <i>Signaling System No. 7</i> )
STP	Punto de transferencia de señalización ( <i>Signaling Transfer Point</i> )
SW	SoftWare
TCP	Protocolo de control de transmisión ( <i>Transmission Control Protocol</i> )
TDM	Multiplexación por división de tiempo ( <i>Time Davison Multiplexing</i> )

TGCP *Trunking Gateway Control Protocol*  
ToS Tipo de servicio (*Type Of Service*)  
TTL Tiempo de vida (*Time-to-Live*)  
UDP Protocolo de datagrama de usuario (*User Datagram Protocol*)  
VAD Detección de actividad de voz (*Voice Activity Detection*)  
VoIP Voz sobre el protocolo de Internet (*Voice over Internet Protocol*)  
VPN Red privada virtual (*Virtual Private Network*)  
WAN Red de área amplia (*Wide Area Network*)  
WWW Red de amplitud global (*World Wide Web*)  
XDSL Línea de abonado digital X (*X Digital Subscriber Line*)



# REFERENCIAS

- [1] Jenkins Neil, Schatt Stan; “*Redes de Área Local (LAN)*”; Ed. Prentice Hall; México; 1996.
- [2] Kumar Vineet, Korpi Markku, Sengodan Senthil; “*IP telephony with H.323: architectures for unified networks and integrated services*”; Ed. Wiley; Nueva York; 2001.
- [3] Thomas Stephen; “*IP and the TCP/IP protocols: implementing the next generation internet*”; Ed. Wiley; Nueva York; 1996.
- [4] Neri Rodolfo, “*Líneas de transmisión*”; Ed. McGraw-Hill; México.
- [5] Carey David; “*The telephone*”; Ed. Ladybird book; Inglaterra; 1972
- [6] Raya Cabrera José, Raya Pérez Cristina; “*Redes locales y TCP/IP*”; Ed. Alfaomega; México; 1997.
- [7] Arias Rodolfo, “*Ingeniería en Telecomunicaciones, Redes de Teleinformática*”; UNAM; México; 2001.
- [8] Graham Norman; “*TCP-IP addressing: designing and optimizing your IP addressing scheme*”; Ed. Academic, San Diego; 2001.
- [9] Held Gilbert; “*The ABCs of TCP/IP*”; Ed. Auerbach; 2003.
- [10] Ares Roberto; “*Sistema de Señalización SS7*”; iPlan; Argentina; 2000.
- [11] Ares Roberto; “*Telefonía PCM*”; iPlan; Argentina; 2000.
- [12] Ares Roberto; “*Jerarquía Digital Plesiocrona PDH*”; iPlan; Argentina; 2000.
- [13] Chuck Semeria; “*Understanding IP Addressing: Everything You Ever Wanted To Know*”; 3Com Corporation; 1996.
- [14] De Aguiar Gonçalves Leandro, Peixoto Carlos; “*Métodos Quantitativos para Avaliação de Qualidade de Voz em Ambientes de Telefonia IP*”; Universidad Nacional de Río de Janeiro, Brasil, 2003.
- [15] Moreno José, Soto Ignacio, Larrabeiti David; “*Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP*”; Universidad Carlos III de Madrid; España; 2001.
- [16] Bellamy John; “*Digital telephony*”; Ed. Wiley; Nueva York; 1982.



- [17] Keiser Berhard, Strange Eugene; “*Digital telephony and network integration*”; Ed. Van Nostrand Reinhold; Nueva York; 1985.
- [18] Kiefer Roland; “*Test solutions for digital networks: basic principles and measurement techniques for PDH, SDH, ISDN and ATM*”; Ed. Huthig; 1998.
- [19] Siemens; “*Surpass hiE 9200 IP Package OAM*”; Training Institute; Alemania; 2005.
- [20] Siemens; “*Introducción a los Productos y Soluciones Surpass*”; Training Institute; Alemania; 2005.
- [21] Siemens; “*Surpass hiG 1200 OAM for Gateway*”; Training Institute; Alemania; 2005.
- [22] Chong Hui Min, Matthews Scott; “*Comparative Analysis of Traditional Telephone and Voice-over-Internet Protocol (VoIP) Systems*”; Department of Civil and Environmental Engineering Carnegie Mellon University Pittsburgh; EUA; 2004.
- [23] Ozren Kopajtic Riko LuSa; “*H.248 - implementation and interoperability Issues*”; Ericsson Nikola Tesla; IEEE; 2003.
- [24] Conte Alberto, Anquetil Laurent-Philippe, Levy Thomas; “*Experiencing Megaco Protocol for Controlling Non-decomposable VoIP Gateways*”; ALCATEL, Colporate Research Center Route de Nozay; Francia; 2003.
- [25] Taylor Tom, Chair; “*Megaco/H.248: A New Standard for Media Gateway Control*”; IETF Megaco Grupo de Trabajo; IEEE; 2000.
- [26] Borut Klepec, Anton Kos; “*Performance of VoIP Applications in a Simple Differentiated Services Network Architecture*”; IEEE; 2001.
- [27] Chatras Bruno, Garcin Sébastien, “*Service Drives for selecting VoIP protocols*”; France Telecom; IEEE; 2002.
- [28] Goode Bur; “*Voice Over Internet Protocol (VoIP)*” PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 90, NO. 9, SEPTEMBER 2002.
- [29] Siegwart; “*VoIP Trunking Connection Agnet using MEGACO/H.248*”; Siemens 2004.
- [30] <http://www.angelfire.com/me3/aesponda/Diplomado/RedesTelef.htm> → Diplomado de Redes de Telefonía; UNAM; 2003.
- [31] <http://www.rfc.net/rfc793.html> → RFC de TCP; 1981.
- [32] <http://rfc.net/rfc3015.html> → RFC de Megaco Versión 1; 2000.
- [33] <http://rfc.net/rfc1889.html> → RFC de RTP; 2000.

