

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO Y GESTION DE LA CALIDAD DE SERVICIO
DE UNA RED VOIP TIPO PSTN-IP-PSTN**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR:

ALAÍN VÍCTOR RAMÍREZ MARTÍNEZ

PROMOCIÓN

2004-II

LIMA – PERU

2009

DISEÑO Y GESTION DE LA CALIDAD DE SERVICIO
DE UNA RED VOIP TIPO PSTN-IP-PSTN

Dedicatoria

Con mucho cariño a mis padres que siempre se han esforzado mucho para hacer de mí un profesional y una persona de bien.

SUMARIO

En el transcurso de los últimos años se han ido implementado, cada vez con más frecuencia, redes que utilizan el protocolo IP para proporcionar servicios de voz a los usuarios. A medida que tecnología ha evolucionado, el rendimiento del Internet público ha mejorado y los despliegues de redes VoIP son cada vez más frecuentes. Estas redes son susceptibles a diversos factores y pueden afectar la calidad de servicio de extremo a extremo percibida por los usuarios.

Asimismo, muchos Operadores Internacionales de Voz han adoptado como tecnología y medio transporte el estándar VoIP. Estas compañías requieren de herramientas y métodos confiables que permitan diseñar, dimensionar y gestionar la calidad de servicio de una red VoIP. Es decir, brindar comunicación en ambos sentidos en tiempo real y, lo más importante, con calidad de servicio.

Muchos conceptos que se utilizan para el diseño y gestión de la calidad de servicio no son enseñados con la profundidad necesaria. El autor propone: dar a conocer de una forma simple la razón de estos métodos y procedimientos que son utilizados en la mayoría de Operadores VoIP para la gestión de la calidad de servicio: las herramientas y mecanismos de análisis de tráfico que permiten dimensionar una red VoIP.

En base a los criterios anteriormente expuestos, se realiza el diseño de una red VoIP que cursa tráfico de voz internacional entre Perú y destinos de USA y Europa.

INDICE

Introducción

CAPITULO I

MARCO TEORICO	2
1.1. Introducción a la tecnología VoIP	2
1.1.1. Equipamiento de una red VoIP	3
1.1.2. Protocolos de señalización	7
1.1.3. Compresión de la voz	17
1.2. Factores determinantes en la calidad de servicio de una red VoIP	20
1.2.1. Latencia	20
1.2.2. Pérdida de paquetes	21
1.2.3. Jitter	22
1.3. Arquitectura de una red PSTN-IP-PSTN	22
1.4. Marco genérico de la calidad de servicio	24
1.4.1. Categorización y aplicabilidad	24
1.4.2. Calidad de la conexión	24
1.4.3. Claridad de la llamada	25
1.4.4. Repercusiones en una red IP	25
1.4.5. Gestión de la calidad de servicio en una red PSTN-IP-PSTN	26
1.5. Normas de desempeño y calidad de servicio en VoIP	27
1.5.1. Obtención de una calidad de servicio PSTN en redes IP	27
1.5.2. Características y expectativas del servicio VoIP	28

CAPITULO II

CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN UNA RED VOIP	32
2.1. Análisis de tráfico	32
2.1.1. Mediciones de carga de tráfico	33
2.1.2. Grado de servicio	34
2.1.3. Tipos de tráfico	35
2.1.4. Métodos de muestreo	35
2.2. Modelos de tráfico	38
2.2.1. Patrón de llegada	38

2.2.2. Bloqueo de llamadas	39
2.2.3. Número de fuentes	39
2.2.4. Tiempo de ocupación	39
2.2.5. Erlang B	39
2.3. Consumo de ancho de banda en una red VoIP	40
2.3.1. Ancho de banda por llamada en VoIP	40
2.3.2. Fórmulas para el cálculo del ancho de banda	41
2.4. Alta disponibilidad	42
2.5. Confiabilidad	43
2.6. LCR	43
CAPITULO III	
APLICACIÓN A UNA RED EN SERVICIO	45
3.1. Gestión de la calidad de funcionamiento	45
3.2. Parámetros de medición de la calidad de servicio	47
3.2.1. PDD	47
3.2.2. PGAD	48
3.2.3. ASR	49
3.2.4. ALOC	50
3.2.5. MOS	51
3.3. Comparaciones estadísticas	52
CAPITULO IV	
DISEÑO DE UNA RED VOIP PERU - EUROPA – USA	54
4.1. Parámetros determinantes	54
4.1.1. ACD	54
4.1.2. BHT	55
4.2. Estimación de troncales	56
4.3. Estimación del ancho de banda	59
4.4. Relación entre minutos-mes y troncales	59
4.5. Viabilidad de implementar una solución VoIP	60
4.5.1. Valor futuro	64
4.5.2. Flujo de caja libre	65
4.5.3. Coste del capital	66
4.5.4. Método para analizar la rentabilidad de la inversión	66
4.6. Cálculos y consideraciones finales	66
Conclusiones	70

VIII

Anexos	72
Anexo A	
Evaluación Técnico, Económica e Interoperabilidad	73
Anexo B	
Cálculo de Rentabilidad	79
Bibliografía	87

INTRODUCCION

El propósito del presente trabajo es dar a conocer las herramientas que se utilizan en la actualidad para diseñar, medir, gestionar y en consecuencia garantizar la calidad de servicio del tráfico de voz transportado utilizando el estándar VoIP.

En el primer capítulo se desarrolla el marco teórico de la tecnología VoIP, los principales parámetros que afectan la calidad de servicio en una red IP en general, la arquitectura de una red VoIP tipo PSTN-IP-PSTN y se definen los principales métodos de medición de la calidad de servicio en una red de voz.

En el segundo capítulo se dan a conocer las consideraciones que se deben tener al momento de diseñar una red que ofrezca calidad de funcionamiento y eficiencia en el uso de recursos.

En el tercer capítulo se analiza la metodología que se debe seguir si se desea mejorar el servicio prestado por una red de voz en servicio. También se describen métodos para brindar alta disponibilidad y el monitoreo en tiempo real de los parámetros definidos para medir la calidad de servicio en una red VoIP.

Finalmente, en el cuarto capítulo se hace el diseño de una red VoIP analizando la factibilidad y rentabilidad de implementar una solución de este tipo considerando costos de equipamiento, ingresos, gastos y costos propios de una empresa. Se adjunta el análisis técnico-económico y de rentabilidad aplicado a este trabajo.

Cabe precisar que el enfoque del presente trabajo ha sido dirigido principalmente a una red de transporte de tráfico de voz internacional.

OBJETIVO 1:

Conocer los parámetros y factores determinantes en la calidad de Servicio de una red utilizando el protocolo de Internet y orientado al servicio de telefonía pública.

OBJETIVO 2:

Determinar las herramientas, procedimientos y métodos de cálculo necesarios para diseñar y gestionar una red VoIP tipo PSTN-IP-PSTN que ofrezca calidad de servicio.

OBJETIVO 3:

Diseñar una red VoIP para tráfico internacional que cumpla con los Objetivos 1 y 2.

CAPITULO I MARCO TEORICO

El crecimiento y despliegue masivo de redes IP, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permiten la calidad de servicio en redes IP, han creado un entorno donde es posible transmitir telefonía sobre IP [1].

Si a todo lo anterior, se le suma el fenómeno Internet, junto con el potencial ahorro económico que este tipo de tecnologías puede llevar acarreado, la conclusión es clara: La tecnología VoIP (Voz sobre el Protocolo IP), es estratégica para los operadores de voz que deseen competir en un mercado cada vez más competitivo [1].

Ciertamente, existen objeciones de importancia, que tienen que ver con la calidad del sistema de VoIP y con el tiempo entre fallas de las redes de datos en comparación con las de telefonía. Sin embargo, la versatilidad y los costos del sistema han hecho posible que, en la actualidad, la mayoría de Operadores de Voz ofrezcan servicios de voz sobre IP (VoIP) [2].

1.1 Introducción a la tecnología VoIP

El concepto original es relativamente simple: se trata de transformar la voz en "paquetes de información" manejables por una red IP.

La voz puede ser obtenida desde un micrófono conectado a la placa de sonido del PC, desde un teléfono analógico convencional o desde un teléfono IP. Existen Gateways, dispositivos que veremos más adelante, que permiten intercomunicar las redes de telefonía tradicional (PSTN) con las redes de datos (Ej. Ethernet). De hecho, en la actualidad, un sistema telefónico puede desviar sus llamadas a Internet para que, una vez alcanzado el servidor más próximo al destino, esa llamada vuelva a ser traducida como información analógica y sea transmitida hacia un teléfono común por la red telefónica tradicional [2]. Este concepto es la base del presente trabajo y nos permite brindar conversaciones teléfono a teléfono (PSTN-IP-PSTN).

La idea de utilizar la infraestructura de datos para el transporte del tráfico de voz es relativamente antigua. No obstante, es la aparición de nuevos estándares, así como la

mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión de voz, lo que ha provocado finalmente su implantación y despliegue masivo.

En los años 90 surgieron soluciones desde distintos fabricantes que, mediante el uso de multiplexores, permitían utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y Frame Relay) para la transmisión del tráfico de voz. La falta de estándares, así como el largo plazo de amortización de este tipo de soluciones no permitió una amplia implantación de las mismas [2].

La aparición del estándar VoIP junto con el abaratamiento de los DSPs (Procesador Digital de Señal), los cuales son claves en la compresión y descompresión de la voz, son los elementos que han hecho posible el despegue de estas tecnologías. Para este auge existen otros factores, tales como la aparición de nuevas aplicaciones o la apuesta definitiva por VoIP de fabricantes como Cisco Systems, Nortel-Bay Networks, 3COM, Siemens, etc. Por otro lado la mayoría de operadores de telefonía locales e internacionales están ofreciendo o piensan ofrecer en un futuro cercano, servicios IP de calidad a las empresas y hogares [2].

A finales de 1997 el VoIP fórum del IMTC había llegado a un acuerdo que permite la interoperabilidad de los distintos elementos que pueden integrarse en una red VoIP. Debido a la ya existencia del estándar H.323 de la ITU-T, que cubría la mayor parte de las necesidades para la integración de la voz, se decidió que el H.323 fuera la base del VoIP. De este modo, el VoIP debe considerarse como una clarificación del H.323, de tal forma que en caso de conflicto, y a fin de evitar divergencias entre los estándares, se decidió que H.323 tendría prioridad sobre el VoIP. El VoIP tiene como principal objetivo asegurar la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos, tales como la supresión de silencios, codificación de la voz, direccionamiento y establecer nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional [2].

1.1.1 Equipamiento de una red VoIP

En esta sección se describen los principales componentes de una red VoIP. Cabe precisar que en la actualidad algunos elementos pueden operar con diferentes protocolos de señalización como H323, SIP y Megaco.

a) Gateway de voz

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

- FXO. Para conexión a extensiones de centralitas ó a la red telefónica básica.

- FXS. Para conexión a enlaces de centralitas o a teléfonos analógicos.
- E&M. Para conexión específica a centralitas.
- BRI. Acceso básico RDSI (2B+D).
- PRI. Acceso primario RDSI (30B+D).
- G703/G.704. (E&M digital) Conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

Los distintos elementos pueden residir en plataformas físicas separadas, o nos podemos encontrar con varios elementos conviviendo en la misma plataforma [1]. El término pasarela de VoIP en ocasiones también se suele utilizar para hacer referencia a otros elementos funcionales, entidades específicas como proxies VoIP, transcodificadores VoIP, traductores de direcciones de red VoIP, etc., caen en esta categoría de pasarelas de VoIP [1].

Los Gateways en este contexto son básicamente dispositivos lógicos, aunque también pueden ser, y de hecho son, dispositivos físicos. Tienen una serie de atributos que caracterizan el volumen y tipos de servicios que pueden proveer, por ejemplo:

- Capacidad, expresa el volumen de servicio que puede brindar la pasarela, estando relacionado directamente con el número de puertos que tiene (igual al número máximo de llamadas simultáneas) y la velocidad del enlace de acceso.
- Protocolos de señalización soportados, tanto relativos a redes de VoIP como relativos a redes PSTN. (H323, SIP, Megaco, MGCP, etc.)
- Códec de voz utilizado.
- Algoritmos de encriptado que soporta.
- Rango de direccionamiento, que es el rango o abanico de números telefónicos que se tiene acceso en la PSTN desde la red IP. En relación con la tarificación, este rango de direccionamiento puede o no estar fraccionado [1].

En general, los Gateways tienen que proporcionar los siguientes “mecanismos” o funciones:

- Adaptación de señalización, básicamente tiene que ver con las funciones de establecimiento y terminación de las llamadas,
- Control de los medios, se relaciona con la identificación, procesamiento e interpretación de eventos relacionados con el servicio, los cuales son generados por usuarios o terminales,
- Adaptación de medios, según requerimientos de las redes [1].

La pasarela o Gateway de interconexión también desarrolla la función de control de medios, que se ocupa de “manejar” toda la información de control generada por el Terminal. Para el caso de comunicaciones de voz, la información de control de usuario

más a destacar es el tono de multi-frecuencia (DTMF) que produce un teclado telefónico convencional (por ejemplo, para interactuar con un servidor de voz). Ahora bien, dadas las características de estas señales, en el sentido que están en el rango audible pero no son señales de voz, sino tonos, es necesario prestar particular atención para su trasvase por la conexión híbrida que representa la pasarela de interconexión. Las técnicas de compresión de voz de baja velocidad introducen considerable distorsión en los tonos DTMF, provocando la recepción y correspondiente decodificación incorrecta en los receptores. Entonces, esto requiere que las señales de audio y los tonos DTMF sean separados en la pasarela (si es que no lo ha sido anteriormente en el emisor) y conducidos de forma independiente al receptor. Hay dos posibles soluciones para el transporte de los tonos DTMF:

Transporte “dentro de banda”: Consiste en transportar estos tonos, digitalizados y paquetizados, con los protocolos RTP/UDP, mediante un formato de carga útil dedicado.

Transporte “fuera de banda”: conlleva a utilizar un canal de control de medios seguro (no UDP, sino TCP) para el transporte de las señales DTMF.

El transporte de los tonos DTMF “dentro de banda” se ve afectado por la falta de garantía en la entrega de paquetes que el protocolo UDP ofrece, con nefastas consecuencias para el funcionamiento del servicio en caso de pérdida de un paquete asociado a un tono DTMF. Tiene la ventaja de que los tonos permanecen sincronizados en el tiempo con respecto a la voz.

En cambio, en el transporte “fuera de banda” si bien se gana en seguridad respecto a la entrega segura de los paquetes, las señales pierden su referencia exacta en el tiempo en relación con los paquetes de voz.

Esta es precisamente la solución adoptada en la Recomendación H.323, mediante el canal H.245 [1].

b) Gatekeeper

Otro dispositivo es el Gatekeeper (GK) o controlador de acceso (este dispositivo es opcional), proporciona servicio de control de llamada a los puntos finales. En una red H.323 puede existir más de un Gatekeeper que se interaccionan entre sí. En cada una de las zonas puede haber un o más Gatekeeper y deben prestar las siguientes funciones:

- Conversión de dirección. El Gatekeeper traduce alias a dirección IP o a dirección E.164 necesarios para el establecimiento de las comunicaciones a través de una tabla de traducciones.

- Control de admisiones. El Gatekeeper controla el establecimiento de llamadas mediante mensajes Admission Request /Admission Confirm /Admission Reject (ARQ/ACF/ARJ).
- Control de ancho de banda. El Gatekeeper controla el número de usuarios simultáneo soportados mediante mensajes de Bandwidth Request /Bandwidth Confirm /Bandwidth Reject (BRQ/BRJ/BCF).
- Gestión de zona. El Gatekeeper coordina acciones entre dispositivos de la misma zona como terminales registrados, Gateways y MCU.
- Control de señalización (opcional). Usa el modelo Gatekeeper Router Call Signaling GKRCS [3].

c) Softswitch

El Softswitch es el principal dispositivo en la capa de control dentro de una arquitectura VoIP ó NGN. Encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP).

El Softswitch actúa como gestor en el momento de interconectar las redes de telefonía tradicional, e incluso las redes inalámbricas 3G con las redes de conmutación de paquetes(IP), buscando como objetivo final lograr la confiabilidad y calidad de servicio similar a la que brinda una red de conmutación de circuitos con un menor precio.

Desde el punto de vista de VoIP, se suele considerar al Softswitch como el Proxy o elemento de registro en el protocolo SIP o como el Gatekeeper en H.323. También se lo puede asociar cuando se habla de un MGC (Media Gateway Controller) en MGCP y MEGACO.

Las ventajas de control y gestión de una red multi-servicios que presenta el Softswitch, hace que la arquitectura de redes de nueva generación (NGN) se presente claramente como la evolución de la red tradicional de telefonía (PSTN) comportándose como una PBX tradicional [4].

d) Session Border Controller

El Session Border Controller (SBC) es un equipo controlador de sesiones optimizado para la interconexión entre redes VoIP de diferentes dueños: corporaciones, ISPs ó Operadores VoIP. Con él las empresas podrán pasar todo su tráfico telefónico en uno o más puntos de su red a múltiples proveedores mediante una simple conexión IP con capacidad de entregar hasta miles de conversaciones simultáneas. Lo anterior permite un gran ahorro, mayor seguridad y una amplia disponibilidad de oferentes para dirigir su tráfico por la alternativa más económica.

Al mismo tiempo en que los ISP y Operadores implementan redes de VoIP y otros protocolos, aparecen desafíos que incluyen temas básicos de seguridad en la red, compatibilizar señalizaciones entre diferentes redes e interoperabilidad en un ambiente de múltiples proveedores.

El Session Border Controller permite que los proveedores de VoIP públicos y privados interconecten sus redes vía IP con las redes basadas en SIP y H.323 de los clientes VoIP corporativos, implementando una conexión segura, y dejando en el pasado las antiguas tramas TDM de la red tradicional [5].

d.1 Características básicas de un SBC

El SBC es un equipo que controla, con altos estándares de seguridad, el tránsito de entrada y salida de todas las transmisiones de voz que viajan sobre su red. Este dispositivo tiene la capacidad de vigilar todas las comunicaciones desde y hacia su red diferenciado que es voz y que no, evitando ataques que puedan poner en peligro el servicio. Además, es escalable sin necesidad de invertir en equipos, dado que puede trabajar con 250 hasta 10 mil sesiones simultáneas con sólo una actualización de licencia.

Típicamente, un SBC brinda las siguientes funcionalidades:

- Altos niveles de seguridad
- Amplía el control del borde de la red.
- Comunicaciones a través de Operadores IP a valores muy bajos, utilizando terminadores de todo el mundo.
- Alta disponibilidad al trabajar en pares.
- Monitoreo de llamadas
- Balanceo de Carga [5]

1.1.2 Protocolos de señalización

En esta sección se describen brevemente los algunos de los principales protocolos de señalización para VoIP que se utilizan en la actualidad; H323, SIP y H248 (megaco).

La UIT-T a través de sus Comisiones de Estudio (SG) 11 y 16 ha estado trabajando de manera activa en la señalización telefónica IP. Por un lado el SG 16 elaboró la Recomendación H.323 (Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes). Mientras que los grupos de trabajo del Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (IETF) tales como el iptel (telefonía IP), pint (Internet PSTN), sigtran (transmisión de señalización), megaco (control de pasarelas de medios) y mmusic (control de sesiones de medios y partes múltiples) también han estado trabajando en varios protocolos relacionados con la Internet, tales como el protocolo de iniciación de sesiones (*Session Initiation Protocol* = SIP), el protocolo de iniciación de sesiones para telefonía (*Session*

Initiation Protocol for Telephony = SIP-T), el protocolo de transporte de control de tren (*Stream Control Transport Protocol* = SCTP), y el control de pasarela de medios (*Media Gateway Control* = Megaco). Merece mencionarse que el protocolo H.248/Megaco, usado para coordinar pasarelas de medios desde un controlador de tales pasarelas, ha sido elaborado conjuntamente por la Comisión de Estudio 16 del UIT-T y el grupo de trabajo Megaco del IETF [6].

a) H323

H.323 es una familia de estándares definidos por la ITU-T para las comunicaciones multimedia sobre redes LAN. Está definido específicamente para tecnologías LAN que no garantizan una calidad de servicio (QoS). Algunos ejemplos son TCP/IP e IPX sobre Ethernet, Fast Ethernet o Token Ring. La tecnología de red más común en la que se implementa H.323 es IP (Internet Protocol).

Este estándar define un amplio conjunto de características y funciones. Algunas son necesarias y otras opcionales. El H.323 define mucho más que los terminales. El estándar define los siguientes componentes más relevantes:

- Terminal.
- Gateway.
- Gatekeeper.
- Unidad de Control Multipunto.

H.323 utiliza los mismos algoritmos de compresión para el vídeo y el audio que la norma H.320, aunque introduce algunos nuevos. Se utiliza T.120 para la colaboración de datos [1].

a. 1 Perspectiva histórica

Anteriormente al H.323, el ITU se enfocó exclusivamente en la estandarización de las redes globales de telecomunicaciones. Por ejemplo, en 1985 se comenzó el trabajo en la especificación que define el envío de imagen y voz sobre redes de circuitos conmutados, tales como RDSI. La ratificación de la norma (H.320) tuvo lugar 5 años después (fue aprobada por el CCITT en Diciembre de 1990). Sólo 3 años después se dispuso de equipos que cumplieran con la norma y que permitieran la interoperabilidad entre sí.

En Enero de 1996, un grupo de fabricantes de soluciones de redes y de ordenadores propuso la creación de un nuevo estándar ITU-T para incorporar videoconferencia en la LAN. Inicialmente, las investigaciones se centraron en las redes de área local, pues éstas son más fáciles de controlar. Sin embargo, con la expansión de Internet, el grupo hubo de contemplar todas las redes IP dentro de una única recomendación, lo cual marcó el inicio del H.323 [1].

El H.323 soporta vídeo en tiempo real, audio y datos sobre redes de área local, metropolitana, regional o de área extensa. Soporta así mismo Internet e intranets. En Mayo de 1997, el Grupo 16 del ITU redefinió el H.323 como la recomendación para "los sistemas multimedia de comunicaciones en aquellas situaciones en las que el medio de transporte sea una red de conmutación de paquetes que no pueda proporcionar una calidad de servicio garantizada".

Nótese que H.323 también soporta videoconferencia sobre conexiones punto a punto, telefónicas y RDSI. En estos casos, se debe disponer un protocolo de transporte de paquetes tal como PPP [1].

En la figura 1.1 se presentan la serie de protocolos H.323.

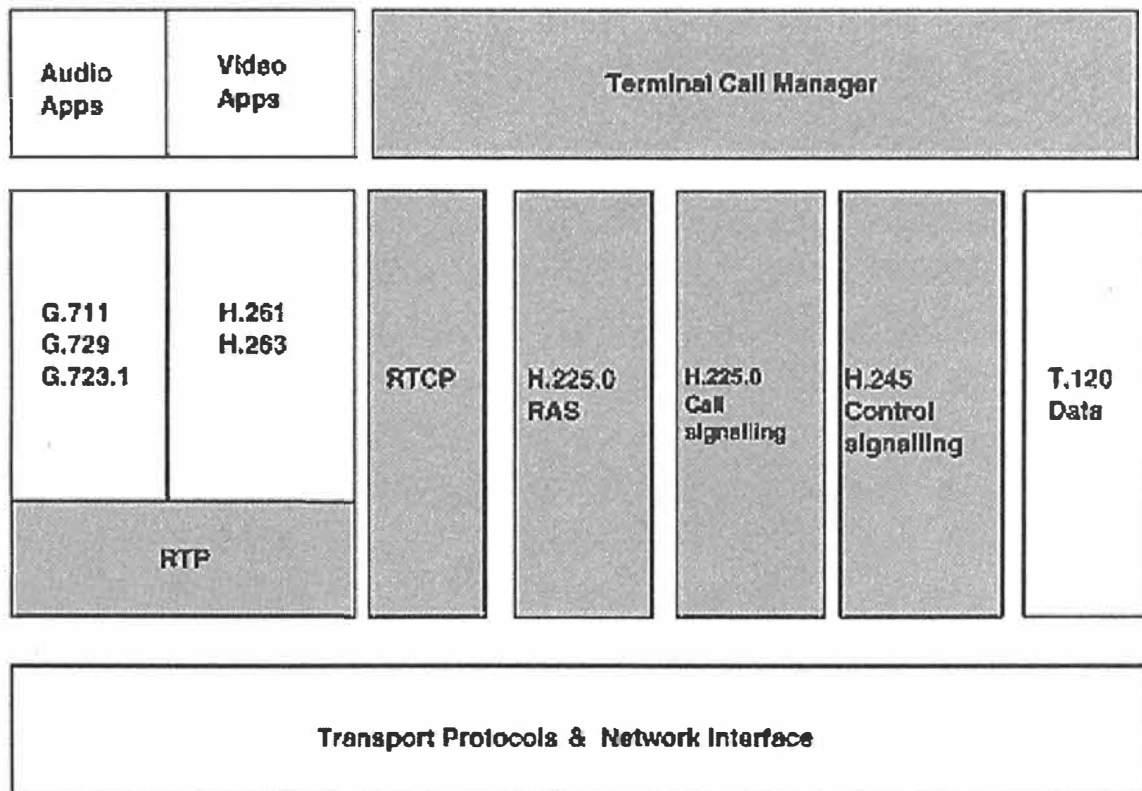


Fig. 1.1 Serie de protocolos H323 [7]

Las comunicaciones conforme a la H.323 son una combinación de señales de audio, video, datos y control. La H.323 incluye lo siguiente:

- H.245 para el control,
- H.225.0 para el establecimiento de conexiones,
- H.323 para grandes conferencias,
- H.450.1, H.450.2 y H.450.3 para servicios suplementarios,
- H.235 para la seguridad, y

- H.246 para el interfuncionamiento con servicios conmutados [6].

Las capacidades de audio, el transporte de medios RTP/RTCP, el establecimiento de llamadas, la inscripción, control de admisión y situación (RAS), y la señalización H.245 son componentes requeridos; las demás capacidades, incluido el video y los datos, son optativas.

La norma H.323 emplea un modelo entre pares en el que la terminal de origen y/o la pasarela es una entidad par de la terminal y/o pasarela destinataria. Optativamente, requiere una función de controlador de acceso de puerta análoga a un gestor de conexiones. La H.323 tiene su mayor aplicación en los puntos extremos que poseen potencia procesadora integrada. Éstos incluyen los clientes de telefonía Internet con PC y las pasarelas VoIP integradas con centralitas privadas y sistemas esenciales con potencia inherente de procesamiento de llamadas. La H.323 es la norma más usada entre las soluciones de la primera generación de telefonía Internet [6].

a.2 Evolución del H323

En la actualidad, se puede afirmar que el protocolo H.323 es un conjunto de normas relativamente maduras. La versión 2 se aprobó en enero de 1998, y la 3 en septiembre de 1999. El SG 16 aprobó la versión 4 en noviembre de 2000, la versión 5 en julio de 2003 y la versión 6 en junio de 2006. La guía de implementación para el documento de sistemas del H.323 incluye una compilación de defectos identificados y reportados en las versiones de la Recomendación H.323 del UIT-T y sus Recomendaciones actualmente vigentes.

Una de las ventajas de usar un protocolo más maduro como el H.323 es que ya se han hecho muchas pruebas de interoperabilidad, con lo que se ha obtenido el interfuncionamiento de equipos de diferentes proveedores. Desde octubre de 1996, el Consorcio Internacional de Teleconferencias por Multimedia (IMTC) lleva a cabo todos los años varios eventos de interoperabilidad H.323. En dichos eventos para proveedores solamente se permite a los realizadores efectuar pruebas de a pares con otros proveedores, lo cual da como resultado el interfuncionamiento entre los productos de diferentes proveedores, permitiendo además corregir incongruencias de la norma. Más de 50 proveedores han participado en dichos eventos. Una de las mayores ventajas de la H.323 es su madurez y el alto grado de interfuncionamiento de los equipos de diversos proveedores.

Expandiendo aún más los alcances de la H.323, el IMTC y el grupo de trabajo iNOW! han estado preparando perfiles de dicha norma para aplicaciones específicas. Las pruebas de interfuncionamiento de los perfiles de iNOW! Se están actualmente incluyendo en los eventos de interfuncionamiento de IMTC [6].

b) SIP

El protocolo SIP (Session Initiation Protocol) fue desarrollado por el grupo MMUSIC (Multimedia Session Control) del IETF, definiendo una arquitectura de señalización y control para VoIP. Inicialmente fue publicado en febrero del 1996 en la RFC 2543, ahora obsoleta con la publicación de la nueva versión RFC 3261 que se publicó en junio del 2002.

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP/RTCP y SDP. El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real (igual que para el protocolo H.323, mientras que el protocolo SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

SIP es un protocolo de señalización en el ámbito de aplicación para establecimiento y gestión de sesiones con múltiples participantes. Se basa en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como HTTP y SMTP [3].

b.1 Componentes SIP

SIP soporta funcionalidades para el establecimiento y finalización de las sesiones multimedia: localización, disponibilidad, utilización de recursos, y características de negociación. Para implementar estas funcionalidades, existen varios componentes distintos en SIP. Existen dos elementos fundamentales, los agentes de usuario (UA) y los servidores.

b.1.1 User agent (UA): consisten en dos partes distintas, el User Agent Client (UAC) y el User Agent Server (UAS). Un UAC es una entidad lógica que genera peticiones SIP y recibe respuestas a esas peticiones. Un UAS es una entidad lógica que genera respuestas a las peticiones SIP.

Ambos se encuentran en todos los agentes de usuario, así permiten la comunicación entre diferentes agentes de usuario mediante comunicaciones de tipo cliente-servidor [3].

b.1.2 Servidor SIP

Los servidores SIP pueden ser de tres tipos:

- **Proxy Server:** retransmiten solicitudes y deciden a qué otro servidor deben remitir, alterando los campos de la solicitud en caso necesario. Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor con el propósito de establecer llamadas entre los usuarios. Este servidor tienen una funcionalidad semejante a la de un Proxy HTTP que tiene una tarea de encaminar las peticiones que recibe de

otras entidades más próximas al destinatario. Existen dos tipos de Proxy Servers: Statefull Proxy y Stateless Proxy.

- *Statefull Proxy*: mantienen el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones. Permite división de una petición en varias (forking), con la finalidad de la localización en paralelo de la llamada y obtener la mejor respuesta para enviarla al usuario que realizó la llamada.
- *Stateless Proxy*: no mantienen el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones, únicamente reenvían mensajes.
- **Registrar Server**: es un servidor que acepta peticiones de registro de los usuarios y guarda la información de estas peticiones para suministrar un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.
- **Redirect Server**: es un servidor que genera respuestas de redirección a las peticiones que recibe. Este servidor reencamina las peticiones hacia el próximo servidor [3].

b.2 Mensajes SIP

SIP es un protocolo textual que usa una semántica semejante a la del protocolo HTTP. Los UAC realizan las peticiones y los UAS retornan respuestas a las peticiones de los clientes. SIP define la comunicación a través de dos tipos de mensajes. Las solicitudes (métodos) y las respuestas (códigos de estado) emplean el formato de mensaje genérico establecido en el RFC 2822 , que consiste en una línea inicial seguida de un o más campos de cabecera (headers), una línea vacía que indica el final de las cabeceras, y por último, el cuerpo del mensaje que es opcional.

b.2.1 Métodos SIP

Las peticiones SIP son caracterizadas por la línea inicial del mensaje, llamada Request Line, que contiene el nombre del método, el identificador del destinatario de la petición (Request-URI) y la versión del protocolo SIP (ver figura 1.2). Existen seis métodos básicos SIP (definidos en RFC 2543) que describen las peticiones de los clientes:

- INVITE: Permite invitar un usuario o servicio para participar en una sesión o para modificar parámetros en una sesión ya existente.
- ACK: Confirma el establecimiento de una sesión.
- OPTION: Solicita información sobre las capacidades de un servidor.
- BYE: Indica la terminación de una sesión.
- CANCEL: Cancela una petición pendiente.
- REGISTER: Registrar al User Agent.

Sin embargo, existen otros métodos adicionales que pueden ser utilizados, publicados en otros RFCs como los métodos INFO, SUBSCRIBER, etc.



Fig. 1.2 Ejemplo de una petición SIP en Wireshark

b.2.2 Respuestas SIP (Códigos de estado)

Después de la recepción e interpretación del mensaje de solicitud SIP, el receptor del mismo responde con un mensaje. Este mensaje, es similar al anterior, difiriendo en la línea inicial, llamada Status-Line, que contiene la versión de SIP, el código de la respuesta (Status-Code) y una pequeña descripción (Reason-Phrase).

El código de la respuesta está compuesto por tres dígitos que permiten clasificar los diferentes tipos existentes (ver tabla 1.1). El primer dígito define la clase de la respuesta.

TABLA N° 1.1 Códigos de Respuesta

Código	Clases
1xx	Mensajes provisionales
2xx	Respuestas de éxito
3xx	Respuestas de redirección
4xx	Respuestas de falla de método
5xx	Respuestas de falla de servidor
6xx	Respuestas de fallas globales

A Continuación, en la figura 1.3 se incluye un ejemplo de un código de respuesta.



Fig. 1.3 Ejemplo de una respuesta SIP capturada en Wireshark

b.3 Cabecera SIP

Las cabeceras se utilizan para transportar información necesaria a las entidades SIP (ver figura 1.4). A continuación, se detallan los campos:

- Via: Indica el transporte usado para el envío e identifica la ruta del request, por ello cada proxy añade una línea a este campo.
- From: Indica la dirección del origen de la petición.
- To: Indica la dirección del destinatario de la petición.
- Call-Id: identificador único para cada llamada y contiene la dirección del host. Debe ser igual para todos los mensajes dentro de una transacción.
- Cseq: Se inicia con un número aleatorio e identifica de forma secuencial cada petición.
- Contact: Contiene una (o más) dirección que pueden ser usada para contactar con el usuario [3].

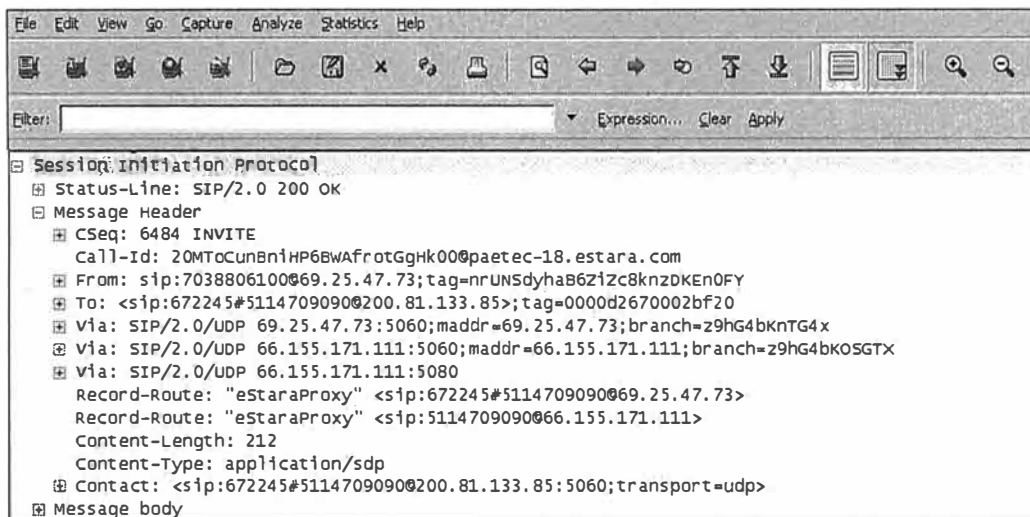


Fig. 1.4 Ejemplo de los campos de una Cabecera SIP

b.4 Direccionamiento SIP

Una de las funciones de los servidores SIP es la localización de los usuarios y resolución de nombres. Normalmente, el agente de usuario (User Agent) no conoce la dirección IP del destinatario de la llamada, sino su e-mail o username.

Las entidades SIP identifican a un usuario con las SIP URI (Uniform Resource Identifiers) definido en el RFC 2396. Una SIP URI tiene un formato similar al del e-mail, consta de un usuario y un dominio delimitado por una @, como muestra los siguientes casos:

usuario@dominio, donde dominio es un nombre de dominio completo.

usuario@equipo, donde equipo es el nombre de la máquina.

usuario@dirección_ip, donde dirección_ip es la dirección IP del dispositivo.

número_teléfono@gateway, donde el Gateway permite acceder al número de teléfono a través de la red telefónica pública.

La solución de identificación de SIP, también puede ser basada en el DNS descrito en el RFC 3263, donde se describen los procedimientos DNS utilizados por los clientes para traducir una SIP URI en una dirección IP, puerta y protocolo de transporte utilizado, o por los servidores para retornar una respuesta al cliente en caso de que la petición falle [3].

b.5 Descripción del protocolo SDP

El protocolo SDP (Session Description Protocol) RFC 2327 se utiliza para describir sesiones multicast en tiempo real, siendo útil para invitaciones, anuncios, y cualquier otra forma de inicio de sesiones. Se trata de un lenguaje para la descripción del medio de comunicación, es decir, es más la definición de una sintaxis que un protocolo.

La propuesta original de SDP fue diseñada para anunciar información necesaria para los participantes y para aplicaciones de multicast MBONE (Multicast Backbone). Actualmente, su uso está extendido para el anuncio y la negociación de las capacidades de una sesión multimedia en Internet.

Puesto que SDP es un protocolo de descripción, los mensajes SDP se pueden transportar mediante distintos protocolos con SIP, SAP, RTSP, correo electrónico con aplicaciones MIME o protocolos como HTTP.

Como el SIP, el SDP utiliza la codificación del texto. Un mensaje del SDP se compone de una serie de líneas, denominados campos, donde los nombres son abreviados por una sola letra, y está en una orden requerida para simplificar el análisis. El SDP no fue diseñado para ser fácilmente extensible. La única manera de ampliar o de agregar nuevas capacidades al SDP es definir un nuevo atributo. Sin embargo, los atributos desconocidos pueden ser ignorados. En la tabla 1.2 podemos observar todos los tipos de campos en un mensaje SDP y en la figura 1.5 se presenta una traza capturada.

TABLA N° 1.2 Descripción de la sesión

Tipo	Descripción	Obligatorio
V	Versión de protocolo	o
O	Identificador	o
S	Nombre de sesión	o
I	Información de la sesión	O
U	URI de la descripción	*
e	Dirección de correo	*
p	Número de teléfono	*

C	Información de conexión	*
b	Ancho de banda	*
Z	Tiempo de corrección	*
K	Clave de encriptación	*
a	Atributos	*
T	Tiempo de sesión (Start y stop)	o
R	Tiempo de repetición	*
m	Información del protocolo de transporte (media)	O

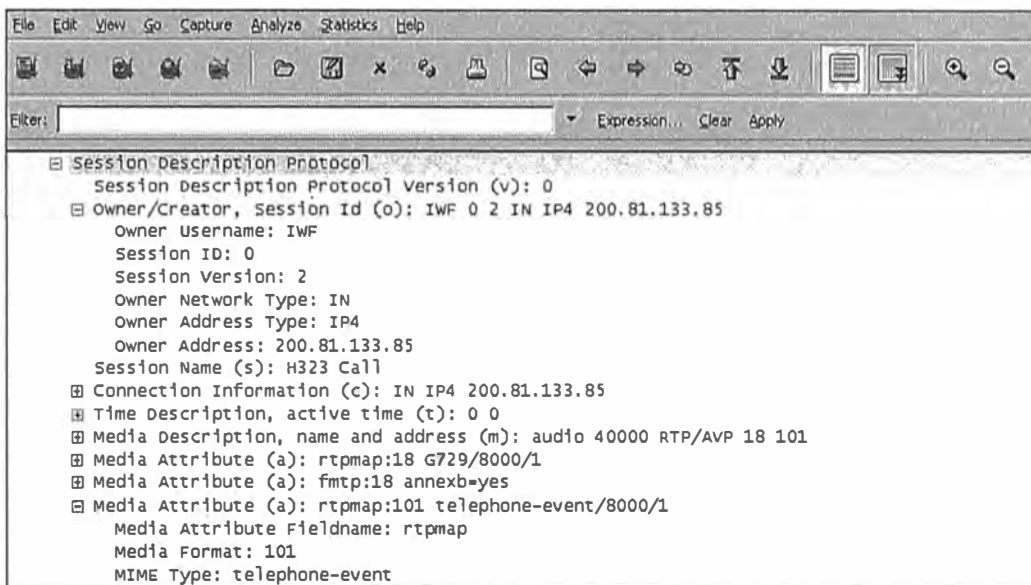


Fig. 1.5 Ejemplo de un mensaje SDP capturado en Wireshark

c) Megaco/H.248

El Grupo de Trabajo Megaco (*Media Gateway Control* = control de pasarela de medios) del IETF y el Grupo de Estudio 16 del UIT-T colaboraron en la definición del protocolo Megaco/H.248. La tarea se originó en el grupo de trabajo Megaco del IETF, y la mayoría de las discusiones técnicas y ultimación de las cuestiones tuvieron lugar en ese entorno [6].

El Megaco/H.248 es un protocolo de control de pasarela con muchas aplicaciones. Puede usarse para una gran variedad de aplicaciones de pasarela trasladando trenes de información de redes IP PSTN, ATM, y otros sistemas. La norma emplea un modelo amo-esclavo en el que la terminal de origen y/o la pasarela son esclavas del controlador de pasarela de medios.

El UIT-T aprobó la Recomendación H.248 el 15 de junio de 2000, y poco después el IETF emitió un protocolo Megaco RFC 2885. En la RFC 2886 (fe de erratas) se registran los errores hallados en el documento del protocolo Megaco/H.248 [RFC 2885], junto con los cambios propuestos en el texto de ese documento para resolverlos. La

RFC 3015 (norma propuesta) es el resultado de aplicar los cambios de la RFC 2886 al texto de la RFC 2885. RFC 3015 obsoletas RFC 2885 y RFC 2886. En la guía de paquetes H.248 versión 1 del UIT-T se resumen los paquetes que han sido normalizados en el período del 6/2000 al 6/2001.

La RFC 3525 "Protocolo de Control de Pasarela Versión 1" reemplaza a la RFC 3015.

La RFC 3525 incorpora el texto original de RFC 3015, modificado mediante correcciones y aclaraciones discutidas en la lista de correo electrónico de Megaco. La versión 2 de la H.248 fue finalizada en la reunión del SG 16 en febrero de 2002. La RFC 3525/H.248v2 contiene correcciones actualizadas al RFC 3015/H.248v1 que estaban en la guía de implementadores, además de otros cambios tales como la depreciación del descriptor del módem, aclaración del texto de auditoría, y adición de auditorías dirigidas; mejora de la recolección de dígitos; y adición de multiplaje Nx64 al descriptor del múltiplex [6].

El H248 fue reenumerado cuando se revisó el 29-03-2002. El cuerpo principal del H.248, Anexos A a E y el Apéndice I se incluyeron en el H.248.1, "Protocolo de Control de Pasarela Versión 1". Los anexos siguientes fueron numerados en consecuencia en las series, por ejemplo, H.248 Anexo F se volvió H.248.2.

El 22 de mayo de 2002, se aprobó el H.248.1, "Protocolo de Control de Pasarela Versión 1". La Versión 2 incluye algunas mejoras a la Versión 1, tales como la auditoría individual de la propiedad, señal, evento y estadística; un mejor manejo de multiplexación; la topología para tren de bits; una mejor descripción de los perfiles; y la capacidad de modificar el Service Change. Actualmente el último anexo incluido es H.248.45 ("Paquete de información MGC") H.248.1 - "Protocolo de Control de Pasarela Versión 3", aprobado en septiembre de 2005. La Versión 3 incluye varias mejoras, aclaraciones y correcciones [6].

1.1.3 Compresión de la voz

El modo más simple de trabajar con el hecho de que la voz digital es típicamente generada a 64 Kbps PCM es aplicar algún algoritmo de compresión a la voz PCM. No es la voz la que se comprime sino la trama PCM. Actualmente se logran transmisiones de voz con calidad adecuada, a tasas de 13Kbps y 8Kbps. Se debe destacar que la compresión de la voz no hace que la misma sea en ráfagas. La voz a 8Kbps sigue siendo a una tasa constante. Para hacer que la voz comprimida sea en ráfagas es necesario remover los periodos de silencio existentes en la conversación.

Cuando se diseña una red para el transporte de voz sobre infraestructura de paquetes, tramas o celdas, es importante comprender y considerar el retardo introducido por los componentes de la red [2].

a) Algoritmos de compresión

Los complejos algoritmos de compresión de voz utilizados en los Gateways, trabajan analizando un bloque PCM de muestras enviados por el códec de voz. Estos bloques varían en el largo, dependiendo del códec utilizado. Por ejemplo, el tamaño de bloque básico utilizado por el algoritmo G.729 es de 10 ms mientras que el del algoritmo G.723.1 es de 30 ms. Un ejemplo de cómo el sistema de compresión G.729 trabaja se muestra en la figura 1.6.

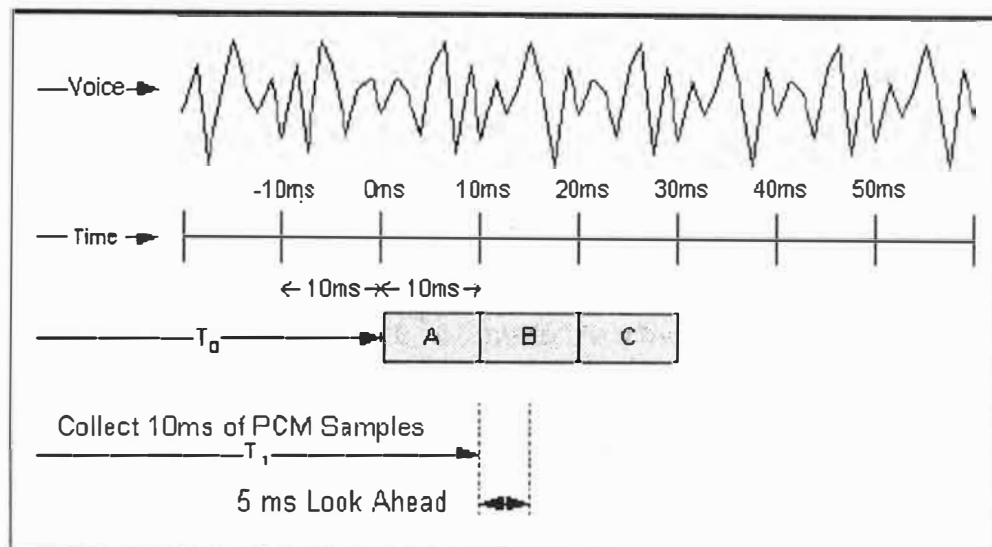


Fig. 1.6 Compresión de la Voz

El flujo de voz analógico es digitalizado a muestras PCM y enviado hacia el algoritmo de compresión en intervalos de 10 ms [2].

b) Códec de voz

Un *códec* es un algoritmo de codificación / decodificación o compresión / descompresión. Los códec son utilizados para codificar y decodificar (o comprimir y descomprimir) varios tipos de datos que de otra manera utilizarían una gran cantidad de ancho de banda, tales como audio y video.

Un *transcoder* es un dispositivo que toma el flujo de salida de un códec y lo convierte (transcodes) de un tipo de compresión a otro. Por ejemplo, puede tomar un flujo de salida de un códec G.711 y convertirlo en tiempo real en un flujo de entrada G.729 admisible por cualquier códec G.729.

Los codificadores de voz se clasifican en tres grandes grupos:

- Codificadores de la forma de onda
- Vocoders
- Codificadores híbridos

En el primer grupo, *codificadores de forma de onda*, se engloban aquellos codificadores que intentan reproducir la forma de la onda de la señal de entrada sin tener en cuenta la naturaleza de la misma. Generalmente se diseñan para ser independientes a la señal, de tal forma que pueden ser usados para codificar una gran variedad de señales. Presentan una degradación aceptable en presencia de ruido y errores de transmisión. Sin embargo, para que sean efectivos, sólo se deben usar a bit-rates medios, del orden de 32 Kbps [2].

En el grupo de *vocoders* están aquellos codificadores que sí tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar, en este caso la voz, y aprovechan las características de la misma para ganar en eficiencia. Permiten trabajar con muy bajas tasas de bits, pero la señal de voz que producen suena demasiado sintética. Los vocoders intentan producir una señal que suene como la voz original, independientemente de si la forma de onda se parece o no. En el transmisor se analiza la voz y se extraen los parámetros del modelo y la excitación. Esta información se envía al receptor donde se sintetiza la voz. El resultado es que se produce voz inteligible a muy baja tasa de bits, pero tiene el problema de que no suena natural.

En el tercer grupo, los *codificadores híbridos*, encontramos aquellos que combinando técnicas de los vocoders y de los codificadores de la forma de la onda aúnan las ventajas de ambos, permitiendo una alta calidad de voz a bajas tasas de bits.

Las técnicas de codificación están estandarizadas por la ITU-T en las Recomendaciones de la Serie G [2].

b.1 G.711

Describe la técnica de compresión de voz, PCM de 64-Kbps. En G.711, la voz codificada se encuentra en el formato adecuado para su transmisión digital sobre la PSTN o PBX.

Hay dos subgrupos de códec G.711: Ley Mu y Ley A. La Ley Mu es utilizada en las redes telefónicas de Norte América y Japón, mientras que la Ley A es utilizada en Europa, América del Sur y el resto de los países del mundo. Ambas leyes, utilizan compresión a muestras de 8 bits muestreando a 8Khz.

b.2 G.723.1

Describe una técnica de compresión que puede ser utilizada para comprimir voz, o componentes de señales de audio a tasas de bits bajas, como parte de la familia de estándares H.324. Hay dos variantes de este estándar, G.723.1 y G.723.1A. Este códec tiene dos tasas de bits asociadas con él: 5.3 y 6.3 Kbps. Para lograr 6.3 Kbps se utiliza la tecnología MP-MLQ. El flujo de bits de 5.3 Kbps se basa en ACELP.

b.3 G.726

Describe la codificación ADPCM a 40, 32, 24, y 16 Kbps. La voz codificada ADPCM puede ser intercambiada entre la red de paquetes de voz, la PSTN y redes de PBXs siempre y cuando estés la red PBX este configurada para soportar ADPCM.

b.4 G.728

Describe una variante de la compresión LD-CELP de bajo retardo de 16 Kbps. La codificación LD-CELP debe convertirse a formato de telefonía pública para su transporte hacia o sobre la PSTN.

e) G.729

Describe la compresión CS-ACELP donde la voz es codificada a 8 Kbps. Hay cuatro variantes de este estándar (G.729, G.729A, G.729B y G.729AB) que difieren principalmente en la complejidad del algoritmo [2].

1.2 Factores determinantes en la calidad de servicio de una red VoIP

En el transcurso la mayor parte del desarrollo de la tecnología VoIP se ha enfocado en algoritmos de compresión y la capacidad de operar con un servicio que ofrezca una calidad similar a la tradicional PSTN. Las redes IP son por su propia naturaleza sensibles a factores como latencia, pérdida de paquetes y el jitter. Sin bien es cierto, los primeros desarrollos en VoIP en redes corporativas fueron típicamente sobre redes privadas como Frame-Relay ó ATM, en los que era siempre posible controlar estos factores [8], en la actualidad, el mayor despliegue de redes VoIP son a través de la red pública de Internet, la cual, como es sabido, es afectada por estos y otros factores que a continuación se describen.

1.2.1 Latencia

La latencia es causada por una serie de factores que contribuyen a ello, pero el mayor contribuyente es de lejos el retraso inherente en la propagación de la luz, es decir, el tiempo que tarda la luz para viajar de un destino a otro. La velocidad de la luz varía según el medio a través del cual se propaga, desde un máximo de 300,000 km. por segundo, a través del vacío, hasta unos 193,000 km. por segundo a través de cable de fibra óptica.

Dividir la distancia recorrida por la velocidad de la luz muestra en cuanto contribuye la propagación de la luz a retrasar el viaje de ida y vuelta (round-trip) y por ende, aumentar la latencia.

En el caso del tráfico internacional que utiliza conexiones por satélite, se presentan latencias del orden de 500-600 ms (round-trip), veamos el ejemplo de un satélite que se ubica a 35,400 km. sobre la Tierra;

$$2 \times 35,400 \text{ km.} / 300,000 \text{ km/sec.} = 236 \text{ ms}$$

Debido a la congestión y las demoras de gestión de colas es común ver altas latencias durante los períodos más activos y/o de congestión, especialmente en las troncales ofrecidas por un Internet Service Provider (ISP) de bajo costo, que en general están mal diseñados o no tienen capacidad suficiente. Una cosa que queda claro es que, debido a diversos acuerdos igualitarios y de mapas de red, ningún proveedor de servicios de Internet tiene la menor latencia hacia cada destino. El efecto que tiene la latencia sobre el VoIP es tal que si la latencia aumenta entonces el retraso ó delay en las llamadas aumenta. Los procesos de comprimir, descomprimir, cifrar y descifrar el tráfico de VoIP tienen un efecto añadido en la latencia.

Una vez que llega a la latencia de 100 ms. de ida y vuelta, el retraso se hace notable a los seres humanos, causando que los interesados en hablar interrumpan el discurso del otro. La mayoría de hardware para VoIP puede tratar una alta latencia con más facilidad que un alto nivel de pérdida de paquetes o jitter [8].

Podemos afirmar que el retardo o latencia de una red VoIP se caracteriza por el tiempo que le lleva a la voz, desde que sale de la boca del abonado llamante hasta que llega al oído del abonado llamado [2].

1.2.2 Pérdida de paquetes

La mayoría de las implementaciones de VoIP utilizan UDP (User Datagram Protocol), el cual es un protocolo no orientado a conexión de capa 4. A diferencia de TCP (Transmission Control Protocol, los paquetes UDP no se retransmiten cuando se pierden. Cuando se pierden paquetes UDP en VOIP la persona que llama por lo general escucha saturación o pérdida parcial del habla. Si la pérdida de paquetes es lo suficientemente severa, la llamada será cortada. Incluso bajos niveles de pérdida de paquetes de 1 - 3% pueden tener un impacto negativo sobre la calidad de la llamada, como cortar la conversación o ruidos de fondo. La cantidad de paquetes perdidos que un equipo VoIP puede soportar antes de que fracase la llamada varía según el fabricante. La pérdida de paquetes es generalmente causado por no tener suficiente capacidad de ancho de banda en una red. Esto es común durante las horas pico y de mayor saturación, lo que provoca que el tráfico converja en un camino alternativo. Cuando el volumen de tráfico es superior a la capacidad de la red y de gestión de colas (buffers), los Routers dejarán caer paquetes a fin de mantener la integridad de la red.

Errores de secuencia pueden confundirse con pérdida de paquetes, dependiendo de la sofisticación del hardware utilizado. En algunos operadores de VoIP, los errores de secuencia son causados por la realización de balanceo de carga de paquetes dentro de las troncales con el fin de obtener una mejor utilización de la capacidad. Esto puede causar que los paquetes UDP lleguen fuera de orden, ya que uno de los caminos será

más largo que otro. La mayoría de aplicaciones VoIP, descartan los mecanismos de secuencia de paquetes, y lo toman como pérdida de paquetes [8].

1.2.3 Jitter

El jitter es una fluctuación de latencia a lo largo del tiempo, y es generalmente causado por la congestión de la red. El Jitter tiene un enorme impacto sobre VoIP. Los equipos VoIP tratan con diferentes niveles de jitter, dependiendo del tamaño de los buffers del dispositivo. Cuando una llamada VoIP está establecida, los dispositivos a cada extremo saben qué round-trip de latencia existe en la conexión, y esperan la llegada de los paquetes a intervalos regulares. Si de repente aumenta la latencia debido a un evento en la red, un paquete de VoIP no llegará a tiempo y provocará una pérdida temporal de información de voz.

Los equipos VoIP responden almacenando una precarga de la llamada, es decir crean un delay. Dependiendo del tamaño de los buffers, el delay puede ser aumentado hasta el punto de que no es notable y no interfiere con la comunicación, de manera que los usuarios puedan hablar una a otro con total normalidad. En el peor de los casos, el jitter puede saturar el búfer, provocando el corte o fracaso de la llamada. Los valores de jitter de más de 15 ms pueden ser impactantes para el servicio [8].

En la actualidad, es muy frecuente que los Operadores VoIP se vean afectados constantemente por algunos de los parámetros anteriormente descritos. Es importante considerar todos los retardos potenciales de la red, esto asegura que el desempeño de la misma sea aceptable.

"La calidad de la voz es función de muchos factores incluyendo algoritmos de compresión, errores y pérdida de paquetes, jitter, cancelación de eco y latencia" [2].

1.3 Arquitectura de una red PSTN-IP-PSTN

Para mantener la calidad de funcionamiento de una red al nivel necesario para proporcionar servicios con la calidad deseada, han de tenerse en cuenta distintas cuestiones de orden práctico. Entre éstas se incluye la definición de las medidas de calidad de funcionamiento de la red y sus objetivos, los asuntos relacionados con el interfuncionamiento entre redes que utilizan diversas tecnologías, los puntos de medición de la red, la información que ha de intercambiarse entre los operadores de red, etc. [9].

El escenario que se analiza en el presente trabajo es uno de los escenarios definidos por la UIT-T como "Redes de próxima generación" (NGN) *Escenario c: Una llamada vocal desde un teléfono PSTN hacia otro teléfono PSTN a través de una red IP*

En este escenario ambos extremos son terminales PSTN (teléfonos) y están conectados a la PSTN, por lo menos en lo que a acceso local se refiere (arquitectura PSTN-IP-PSTN). Esta arquitectura de red es empleada por muchos Operadores

Internacionales de Voz en todo el mundo. En este caso, es posible que el usuario desconozca las modificaciones que se aplican a la tecnología subyacente, por lo que sus expectativas de calidad de servicio siguen siendo iguales [9].

La arquitectura de referencia básica PSTN-IP-PSTN para los servicios de voz por IP es la que se muestra en la figura 1.7

La diferencia con la PSTN para el servicio vocal es el "bloque de función de interfuncionamiento (IWFB, *interworking function block*) entre la PSTN y una red IP" en una arquitectura PSTN existente.

Este "bloque de función de interfuncionamiento entre la PSTN y la red IP":

- Permite el interfuncionamiento de la PSTN y la red IP.
- Es una parte esencial para los servicios vocales en una arquitectura PSTN-IP-PSTN.
- Está compuesto por un equipo de Call Control (Softswitch) ó Gatekeeper, un Gateway ó Media Gateway y una red IP [9].
- En la actualidad, es común utilizar un Session Border Controller como equipo de Call Control.

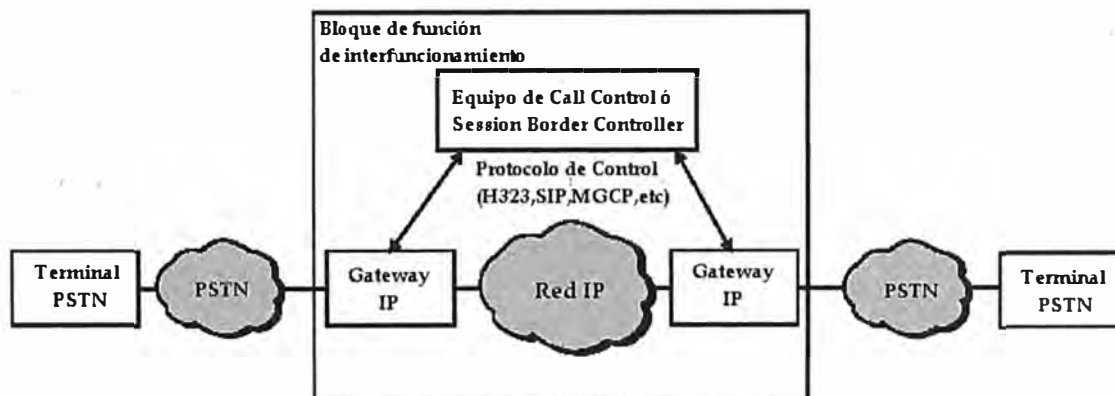


Fig. 1.7 Arquitectura de una red PSTN-IP-PSTN [9]

Los elementos de la figura 1.7 son los siguientes:

- Terminal PSTN ó teléfono PSTN.
- PSTN (en una nube): se incluyen las centrales nacionales y/o internacionales.
- Red IP (en una nube): red basada en el protocolo Internet.
- Gateway IP: Pasarela de conversión de medios entre la PSTN y una red IP.
- Equipo de Call Control: Entidad que controla el tráfico entre los Gateways IP a través de la red IP.
- Session Border Controller: Entidad en con múltiples funcionalidades y que a modo de Firewall de Voz realiza múltiples funciones (Call Control, Control de Acceso, Balanceo de Carga, IWK, etc).

- Protocolo de Control de los Gateways IP: Protocolo para el control de los equipos de VoIP (por ejemplo, H.323, SIP, MGCP, Megaco/H.248) [9].

Notas:

- En la figura 1.7 se muestra la arquitectura genérica para el interfuncionamiento de la PSTN con tecnologías IP. De este modo, puede haber más de una red IP representada por una nube. La figura no indica la propiedad de los dominios de red.
- El protocolo de control de la pasarela de medios es, en general, responsable de realizar la función de interfuncionamiento entre la señalización con conmutación de circuitos y la señalización IP. Además, debe analizar la disponibilidad de características ó facilidades y tener la capacidad de determinar exactamente la disposición de llamadas [9].

1.4 Marco genérico de la calidad de servicio

En los párrafos anteriores hemos desarrollado un marco teórico de la tecnología VoIP (arquitectura, protocolos de señalización, componentes, etc.). A continuación veremos los principales métodos para el análisis de calidad de servicio en una red VoIP.

La aplicación de políticas de calidad de servicio (QoS) a una arquitectura PSTN-IP-PSTN de voz por IP es posible desde el punto de vista del servicio voz. Desde el punto de vista de la red, no obstante, han de definirse los parámetros específicos de calidad de funcionamiento de la red [9].

1.4.1 Categorización y aplicabilidad

A continuación se identifican todos los parámetros de calidad de funcionamiento de extremo a extremo pertinentes para una arquitectura PSTN-IP-PSTN. Se supone que la mayor parte de las métricas de calidad y los métodos de medición definidos para el servicio telefónico en otras Recomendaciones de la UIT puedan aplicarse a la configuración de red PSTN-IP-PSTN con enmiendas menores:

- Las dos principales categorías de calidad telefónica existentes, *conectividad de llamada* y *claridad de la llamada*, pueden también adoptarse para la arquitectura PSTN-IP-PSTN.
- Los parámetros como el ASR, NER, ALOC y algunos métodos definidos en otras recomendaciones de la UIT pueden resultar de utilidad al comparar la calidad de funcionamiento de la ruta de voz por IP y de conmutación de circuitos con origen y destino común [9].

1.4.2 Calidad de la conexión

En lo que se refiere a los métodos de medición intrusivos, es decir aquellos orientados a la calidad del servicio que percibe el usuario, en el presente trabajo se considera que

los métodos aplicados a la PSTN tradicional son también aplicables a una Red PSTN-IP-PSTN [9]. En lo que se refiere a los métodos de medición no intrusivos ó estadísticos, se considera que las métricas y métodos de medición de la conectividad recomendados por la UIT, tales como el ASR, ABR y NER son también aplicables a una configuración PSTN-IP-PSTN. Ambos métodos son explicados más adelante y definen con mayor detalle los parámetros de medición aplicables a una arquitectura PSTN-IP-PSTN.

1.4.3 Claridad de la llamada

En lo que respecta a la claridad, pueden aplicarse en la configuración PSTN-IP-PSTN las distintas métricas que ya existen para la PSTN, por ejemplo, nivel, ruido, eco, mutilación, etc. Estas métricas pueden utilizarse normalmente para la medición subjetiva tanto intrusiva como no intrusiva.

En general, una medición de corta duración de las métricas de claridad de llamada (por ejemplo, un minuto) puede no ser suficiente para calibrar la posible variabilidad de la calidad en las llamadas de voz sobre IP [9].

1.4.4 Repercusiones en una red IP

En una arquitectura PSTN-IP-PSTN, la calidad de servicio de una llamada de voz se ve principalmente afectada por las características propias de los componentes del "bloque de función de interfuncionamiento". Así pues, para estudiar la calidad del servicio telefónico en la PSTN-IP-PSTN, han de estudiarse los factores de calidad de cada componente del "bloque de función de interfuncionamiento", incluidas las interacciones con otros componentes. Del mismo modo, deben identificarse y analizarse los factores de deterioro de la calidad para cada una de las principales categorías de calidad.

En la Tabla 1.3 se representan las funciones relacionadas con la calidad de voz y las correspondientes categorías de calidad de servicio del "bloque de función de interfuncionamiento" [9].

TABLA N° 1.3 Calidad de Servicio en el Bloque de Interfuncionamiento [9]

Componentes	Categoría de calidad de servicio relacionada	Funciones relacionadas de calidad de servicio
Gateway	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad de la conexión - Claridad de la llamada 	<ul style="list-style-type: none"> - Codificación/Transcodificación - Paquetización - Memoria intermedia de fluctuación de fase - Detección de actividad vocal - Compensación del eco, etc.
Equipo de Call Control ó	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad de la conexión 	<ul style="list-style-type: none"> - Control de la llamada

Session Border Controller	- Encaminamiento de llamada, etc.
Red IP	- Claridad de la conexión
	- Latencia (Delay)
	- Claridad de la llamada
	- Fluctuación de fase (Jitter)
	- Pérdida de paquetes, etc.

A continuación se enumeran los principales factores de deterioro de la calidad del "bloque de función de interfuncionamiento":

- Retardo del procesamiento de la llamada en el "bloque de función de interfuncionamiento".
- Falta de transparencia de la DTMF debido a la transcodificación.
- Pérdida de paquetes debida a la congestión de paquetes IP.
- Pérdida de paquetes debida a la variación del retardo de llegada de paquetes.
- Retardo de transferencia de paquetes y variación del retardo.
- Algoritmo de codificación (por ejemplo, en el "bloque de función de interfuncionamiento") y estado de congestión de la red IP.
- Algoritmo de detección de actividad vocal (VAD).
- Naturaleza asimétrica de las redes IP, etc [9].

1.4.5 Gestión de la calidad de servicio en una red PSTN-IP-PSTN

Puede considerarse la medición y la gestión de la QoS en la arquitectura PSTN-IP-PSTN desde el punto de vista de los aspectos de calidad de servicio generales.

Es decir, deben tenerse en cuenta la medición y la gestión del "bloque de función de interfuncionamiento", incluida la PSTN existente.

El "bloque de función de interfuncionamiento" puede dividirse en dos secciones: la red IP misma y el "bloque de función de interfuncionamiento" en general.

Los temas tratados en esta sección se pueden observar en la figura 1.7 y en la tabla 1.4 respectivamente [9].

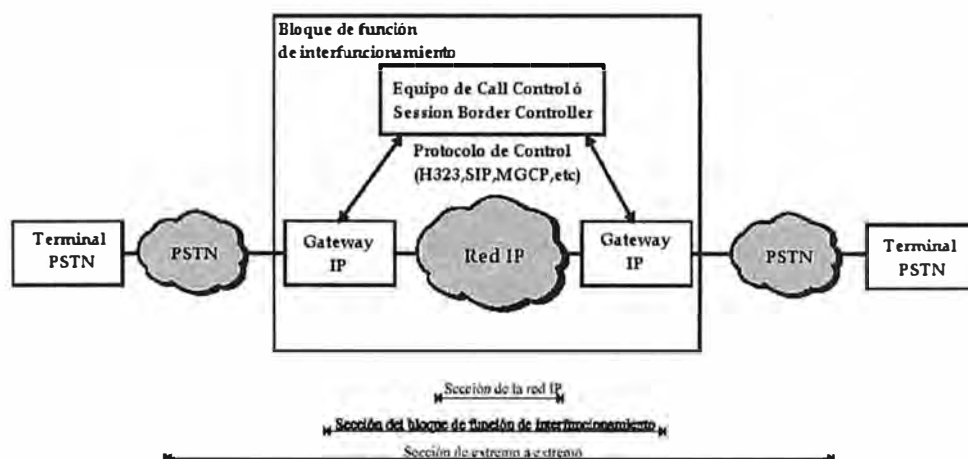


Fig. 1.8 Alcance de la medición y gestión de la Arquitectura PSTN-IP-PSTN [9]

TABLA Nº 1.4 Secciones de medición y gestión [9]

Sección/Perspectiva	Campos de estudio	Comisión de Estudio relacionadas/Recs. UIT-T
A) Red IP misma	- Repercusión de la red IP en la QoS - Parámetros de calidad de funcionamiento de la red IP	CE 13 (Y.1540, Y.1541, etc.)
B) Bloque de función de interfuncionamiento	- Funciones de interfuncionamiento relacionadas con los servicios vocales	CE 12, CE 13, Y.1530 CE 16 (H.323, SIP, etc.)
C) Extremo a extremo, incluida la PSTN	- Parámetros de QoS desde la perspectiva del usuario	CE 12 (E.437, E.470, etc.) CE 12 (G.1000, G.1010, etc.)

En la arquitectura PSTN-IP-PSTN, el punto de concentración del tráfico internacional, ya sea en la red de conmutación de circuitos o en la red IP, tiene una repercusión importante en los métodos utilizados para medir la calidad de servicio.

Como ya se ha señalado en la cláusula anterior, los métodos de medición existentes (es decir, intrusivas y no intrusivas) pueden aplicarse a la arquitectura PSTN-IP-PSTN.

En el caso de las mediciones no intrusivas, la supervisión puede realizarse en la central de conmutación (local/de tránsito/pasarela internacional) o en el "bloque de función de interfuncionamiento".

Por otro lado, teniendo en cuenta la estratificación del protocolo IP, es preferible aplicar una medición y una gestión en cada capa del "bloque de función de interfuncionamiento" [9].

1.5 Normas de desempeño y calidad del servicio

Hemos visto que una de las tareas más difíciles que enfrenta un proveedor VoIP es suministrar un sistema o técnica para las transmisiones de voz por IP (VoIP) que ofrezca un desempeño y calidad del servicio (QoS) equivalente a la de la red telefónica pública conmutada (PSTN) actual [6].

La presente sección se refiere solamente a los dominios de empresas que ofrecen el mismo servicio. No se hace referencia al interfuncionamiento de dominios múltiples (abarcando a diferentes operadores de voz) a un nivel IP, por lo que no se consideran los nodos límite. Es probable que esos nodos tengan ciertos requisitos especiales en cuanto a la QoS, y este tema no es parte de este estudio. Esta sección tiene el objeto de describir opciones en materia de QoS sólo para redes VoIP [6].

1.5.1 Obtención de una calidad de servicio PSTN en las redes IP

Primero, debe notarse que la PSTN es una red que cursa eficazmente una variedad de servicios, además de un simple servicio de "voz". En realidad, la PSTN tradicional

proporciona no sólo el servicio básico que todos usan para la comunicación vocal elemental con otras personas, sino también servicios auxiliares "en banda" que típicamente se emplean para comunicaciones no humanas (p. ej., fax, módems de acceso por discado, tonos digitales, etc.). La mayoría de dichos servicios "en banda" dependen en sumo grado de las características de voz básicas de la PSTN con multiplaje por distribución en el tiempo para obtener una buena calidad del servicio. Típicamente, esas características están relacionadas con el ancho de banda, la frecuencia, la propagación, técnicas de modulación y armónicos, entre otras cosas.

Cuando se suministran transmisiones de voz a través de una red de transmisión IP, los operadores de voz pueden usar códec de alta velocidad (p. ej., G729, G723), siempre que la demora y las fluctuaciones sean limitadas en la red IP, para que la calidad suministrada a los usuarios sea equivalente a la de la PSTN [6].

Sin embargo, como las posibilidades de lograr condiciones comparables de demora y fluctuación en la red IP general (o sea, en la Internet) son muy pocas, se han propuesto diversas normas y otros mecanismos para poder trabajar con esos tipos de servicios cuando un número de servicios de voz y datos se cursan juntos. Por lo general, dichos mecanismos suponen el uso de determinados códec de voz de velocidad más baja junto con técnicas para convertir bits/bytes en trenes de información ASCII equivalentes, y enviar la información convertida como flujos de datos IP "fuera de banda" o paralelos. Por ejemplo, las transmisiones de facsímil se convierten en las pasarelas y se envían como trenes de datos ASCII a través de una red IP a la pasarela del extremo lejano, que convierte la información nuevamente en tonos de módem de fax para su recepción final por el módem fax terminal extremo. Se han propuesto otras técnicas similares para diversos tonos (p. ej., DTMF, MF) que normalmente atraviesan la PSTN TDM usando la "banda de voz" del servicio vocal [6].

1.5.2 Características y expectativas del servicio VoIP

En general, el servicio VoIP puede dividirse en tres componentes de flujos de datos:

- los paquetes de portador/voz (normalmente cursados como paquetes RTP)
- señalización/control (éstos pueden incluir H.323, H.248, SIP, SIP-T, BICC), y
- operaciones y mantenimiento (OAM) (éstos incluyen, entre otros, SNMP, TFTP, COPS) [6].

Cuando se trata con la QoS para el servicio de voz, el interés principal tiende a ser en el tren de portadores, ya que esto es lo que generalmente afectará a un abonado (y, más concretamente, su impresión de la calidad de la voz). Los demás componentes son igualmente importantes en lo que toca a la QoS general del servicio. Sin una QoS adecuada para la señalización/control, las llamadas podrán no establecerse o tomar

mucho tiempo para hacerlo. De la misma manera, desde un punto de vista operacional, sin QoS para OAM, el aprovisionamiento podrá fallar o ser muy demorado, las fallas de la red podrán pasar inadvertidas, el mantenimiento preventivo podrá no ser posible o demorarse considerablemente, etc. Todo esto se reflejaría por último en la impresión que el abonado tenga del servicio ofrecido.

Además, no todos estos componentes del servicio requieren la misma QoS, por lo que es probable que cada uno tenga diferentes necesidades de servicio de datos. Esto parecería ajustarse muy bien al paradigma de "servicios diferenciados" enunciado en el marco IP Diff-Serv ((IETF RFC 2475) (Informativo). Por consiguiente, el método recomendado es entender las características esenciales de cada componente y determinar cuantitativamente los niveles de desempeño que puede suministrar la estructura IP Diff-Serv correspondiente [6].

Sin embargo, para complicar esto un tanto, las "expectativas" del usuario final (más precisamente, las "expectativas cambiantes" de los usuarios) confunden las cosas de manera que las características no son necesariamente estáticas o fácilmente cuantificables para todos los usuarios y proveedores de servicios. A diferencia del servicio vocal PSTN, ubicuo y maduro, que en general ofrece una calidad del servicio constante (y un tanto singular), la red IP y el servicio VoIP resultante posee afortunadamente la capacidad de poder manejarse más flexiblemente.

Además, las reglamentaciones del desempeño cumplen una función importante, en la medida en que expresan las "expectativas públicas últimas" o los requisitos formales de los usuarios. Algunas de las que tienen relación con la calidad del servicio vocal, incluidos los aspectos de la señalización, se enumeran más abajo. Otros objetivos pueden deducirse o han sido recomendados por varios organismos normalizadores/reguladores:

- **Demora del tono para marcar:** no más del 1,5% de las llamadas (durante la hora cargada) recibirán una demora del tono para marcar de más de 3 segundos
- **Atenuación de adaptación para el eco (línea):** más de 20 dB
- **Pérdida:** 3,0 dB en la línea del abonado (nivel de transmisión de 0 dB)
- **Ruido:** menos de 20 dBrnC (nivel de enlace) y menos de 23 dBrnC (95% de las líneas)
- **Demora:**
 - para comunicaciones nacionales – menos de 150 ms en una dirección,
 - para comunicaciones internacionales con conexiones por satélite – menos de 400 ms en una dirección,
 - para cables submarinos – menos de 170 ms en una dirección,
- **Demora después de marcar:** nominalmente,

- para llamadas locales – menos de 3 s,
- para llamadas interurbanas – menos de 5 s,
- para llamadas internacionales – menos de 8 s
- **Pérdida de bloqueo/concordancia:** red - 1% durante la hora cargada media
- **Disponibilidad del servicio:** 99,999% [6]

Nota:

Lo que antecede contiene descripciones esquemáticas de algunos objetivos, y se incluyen aquí simplemente como ilustración. Los detalles relativos a situaciones concretas deben obtenerse de las diversas normas aplicables.

Viendo los objetivos anteriores, puede verse que no siempre se identifican los atributos de QoS para cada uno de los "componentes". No obstante, pueden deducirse o implicarse. Por ejemplo, la demora después de marcar (el tiempo transcurrido desde el recibo del último dígito marcado hasta que la parte del extremo lejano es notificada), también conocido como PDD y que veremos más adelante, provee un límite de tiempo por el cual los mensajes de control son procesados y propagados a través de una red para establecer una conexión entre partes. De esa forma, hay un límite implicado a la QoS de demora que los mensajes de control podrán encontrar al atravesar la red IP. Nótese que éste no es un valor absoluto totalmente reflejado en la QoS de la red de transmisión IP, porque también incluye los tiempos de procesamiento en los diversos puntos extremos y nodos a lo largo de la ruta [6].

Existen interpretaciones similares para aquellos objetivos que afectan a las características del tráfico portador. El modelo E (Recomendación G-107 del UIT-T) se usa para caracterizar las "interpretaciones" de paquetes portadores de voz. En general, las características de voz (lo que uno escucha en el teléfono) son afectadas por diversos factores cuando hay una red de paquetes en el "trayecto" del habla. La figura siguiente ilustra dichos deterioros en el caso de un ejemplo de red de acceso DSL.

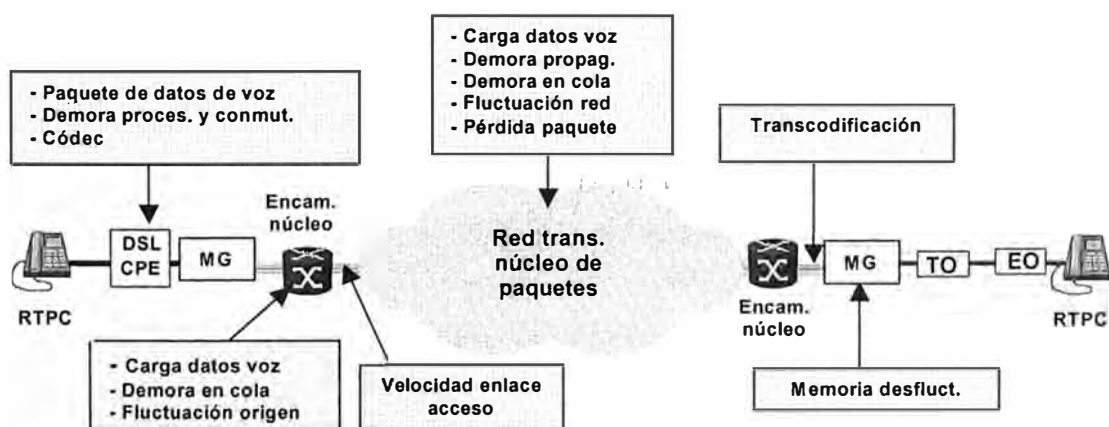


Fig. 1.9 Deterioros de la voz en una red IP [6]

En la figura 1.9 se aprecia que puede ser muy difícil determinar la calidad prevista de la voz de una llamada VoIP mediante la inspección de valores concretos. Además, también pueden influir otros factores fuera del dominio IP. Por ello, el modelo E cumple la función analítica dado que puede combinar todo lo anterior y producir los resultados esperados de calidad teórica del habla. Cuando se compara con los ejemplos existentes de PSTN, se puede determinar un nivel relativo de calidad [6].

CAPITULO II

CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN UNA RED VOIP

Las redes, ya sea de voz o datos, se han diseñado en torno a diferentes variables. Dos de los más importantes factores que se deben considerar en el diseño de redes son los servicios y su coste. El servicio es esencial para mantener la satisfacción del cliente. El costo es siempre un factor en el mantenimiento de la rentabilidad. Una manera de mejorar los servicios y el costo de los elementos de red en el momento del diseño es optimizar la utilización de los circuitos [10].

A continuación se describen las diferentes técnicas que se utilizan en la actualidad para planificar adecuadamente el tamaño de una red de voz sensible al tráfico. Asimismo, se explican las principales características del modelo de tráfico utilizado para una red tipo PSTN-IP-PSTN y se demuestra cómo su uso ayuda a planificar el diseño de una red de voz robusta y eficiente.

2.1 Análisis de Tráfico

Los diseñadores de red necesitan una manera adecuada para calcular la capacidad de la red, sobre todo en redes en crecimiento. La teoría de tráfico de redes permite a los diseñadores hacer suposiciones acerca de sus redes basadas en anteriores experiencias. El tráfico se define como la cantidad de datos o el número de mensajes en un circuito durante un determinado período de tiempo. El Tráfico también incluye la relación entre intentos de llamada en equipos sensibles a tráfico y la rapidez con que las llamadas se completan. El análisis de tráfico permite determinar la cantidad de ancho de banda que se necesitan en los circuitos tanto para datos como para realizar llamadas de voz. La Ingeniería de tráfico se ocupa de cuestiones de servicio que permiten definir un grado de servicio o factor de bloqueo. Una adecuada ingeniería presenta un bajo nivel de bloqueo y una alta utilización de circuitos, lo que significa que el servicio se incrementa y sus costes se reducen.

Existen diferentes factores que se necesitan tener en cuenta a la hora de analizar el tráfico. La mayoría de estos importantes factores se describen en las siguientes secciones:

- Medición del tráfico de carga
- Grado de Servicio

- Tipos de tráfico
- Métodos de muestreo

Por supuesto, otros factores podrían afectar los resultados en los cálculos de análisis de tráfico, pero estos son los principales. Es posible hacer suposiciones sobre otros factores.

En el presente estudio sólo analizaremos los dos primeros factores ya que la red VoIP en estudio (PSTN-IP-PSTN) maneja sólo tráfico de voz internacional y por lo tanto el tipo de tráfico ofrecido. Los métodos de muestreo serán analizados en un capítulo posterior [10].

2.1.1 Medición de la Carga de tráfico

En la teoría de tráfico, se mide la carga de tráfico. La carga de tráfico es la proporción de llegada de llamadas en un período de tiempo determinado en relación con la cantidad media de tiempo que es dedicado a cada llamada durante ese período. Estas unidades de medida son basadas en el conocido Average Hold Time (AHT). El AHT es el tiempo total de todas las llamadas en un período de tiempo determinado dividido por el número de llamadas en ese período, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$3976 \text{ total de segundos} / (23 \text{ llamadas}) = 172,87 \text{ segundos por llamada.}$$

$$\text{De donde AHT} = 172,87 \text{ segundos.}$$

Las dos principales unidades de medida utilizadas en la actualidad para medir el tráfico de carga son los Erlangs y el Centum Call Seconds (CCS).

Un Erlang es el equivalente a 3600 segundos de duración de llamadas en un mismo circuito, es decir, la carga de tráfico suficiente para mantener un circuito ocupado durante 1 hora. El tráfico en Erlangs es el producto de multiplicar el número de llamadas y el AHT dividido entre 3600, tal y como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$(23 * 172,87 \text{ pide HTA}) / 3600 = 1,104 \text{ Erlangs.}$$

Un CCS equivale a 100 segundos de duración de llamadas en el mismo circuito. Los Switches de Voz en general miden la cantidad de tráfico en CCS.

El Tráfico en CCS es el producto del número de llamadas por el AHT dividido entre 100, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$(23 * 172,87 \text{ pide HTA}) / 100 = 39,76 \text{ CCS}$$

La unidad que se utiliza depende del equipo y qué unidad de medida registra.

Muchos Switches usan CCS, porque es más fácil trabajar con incrementos de 100 en lugar de 3600. Ambas unidades son normas reconocidas en el campo. A continuación veamos cómo se refieren: 1 Erlang = 36 CCS. A pesar de que es posible tomar el total de segundos en una hora y dividir esa suma en 3600 segundos para determinar el tráfico en

Erlangs, también se puede utilizar los promedios de diferentes períodos de tiempo. Estos promedios permiten utilizar más períodos de muestra y determinar el tráfico correcto [10].

a. Tráfico en la hora cargada

Comúnmente se mide el tráfico de la red durante las horas de mayor actividad ya que este período representa la máxima carga de tráfico que la red debe soportar. El resultado nos da una medida de tráfico que comúnmente se conoce como el *Busy Hour Traffic* (BHT). En algunas ocasiones no es posible hacer un muestreo minucioso o se tiene sólo una estimación del número de llamadas que se están manejando a diario. En tales circunstancias es normal hacer suposiciones acerca del entorno y estimar valores como el número medio de llamadas por día y el AHT. En el entorno empresarial, la hora cargada de un día determinado representa aproximadamente el 15 ó 20 por ciento del tráfico de ese día. Algunos utilizan un promedio de 17 por ciento del total del tráfico diario para representar la hora pico de tráfico. Para el caso particular del tráfico internacional de voz de este estudio, un AHT aceptable se supone en general estar entre 12 y 15 minutos. Puede usarse estas estimaciones si alguna vez se tiene la necesidad de determinar los requerimientos de una Red VoIP sin tener datos más completos [10].

b. Mediciones de la capacidad de la red

Entre las muchas formas de medir la capacidad de la red son los siguientes:

- Busy Hour Call Attempts (BHCA)
- Busy Hour Call Completions (BHCC)
- Call per second (CPS)

Todas estas mediciones se basan en el número de llamadas. A pesar de que estas mediciones permiten describir la capacidad de la red, no tienen ningún sentido para el análisis del tráfico porque no consideran el tiempo de duración de una llamada. Se requiere utilizar estas mediciones en relación con un AHT para obtener un BHT (Busy Hour Traffic) que pueda utilizarse para análisis de tráfico [10].

2.1.2 Grado de Servicio

Grado de Servicio (GoS) se define como la probabilidad de que las llamadas se bloqueen al intentar tomar circuitos. Está escrito como $P_{.xx}$ factor de bloqueo o bloqueo, donde xx es el porcentaje de llamadas que son bloqueadas por un sistema de tráfico.

Por ejemplo, un tráfico de voz que requiere de un $p.01$ GoS se define como un 1 por ciento de probabilidad de que las personas que llaman reciban una respuesta de bloqueo. Un GoS de $p.00$ rara vez es solicitado y raramente ofrecido, porque para ofrecer 100 por ciento de seguridad de que no habrá bloqueo, se tendría que diseñar una red en donde la

razón de usuario a circuito es de 1:1. Además, la mayoría de formulas de tráfico asumen que existe un número infinito de personas que llaman [10].

2.1.3 Tipos de tráfico

Es posible utilizar un equipo de borde o Gateway que se encuentra ofreciendo tráfico para grabar los datos descritos anteriormente. Lamentablemente, la mayoría de las muestras recibidas se basan en el tráfico cursado a través del sistema y no la carga de tráfico ofrecida.

El tráfico cursado es el tráfico que realmente es atendido por los equipos de telecomunicaciones. El tráfico ofrecido es la cantidad real de intentos de tráfico en un sistema. Tenga en cuenta que la diferencia de los dos puede causar algunos imprecisiones en el cálculo.

Cuanto mayor sea la cantidad de bloqueo que se tiene, mayor es la diferencia entre cursar y ofrecer carga de tráfico. Puede utilizar la siguiente fórmula para calcular la carga ofrecida en base a la carga cursada:

$$\text{Carga ofrecida} = \text{carga cursada} / (1 - \text{factor de bloqueo})$$

Lamentablemente, esta fórmula no toma en cuenta todos los reintentos que puede ocurrir cuando una llamada es bloqueada. Puede utilizar la siguiente fórmula para tener la tasa de reintento en cuenta:

$$\text{Carga ofrecida} = \text{carga cursada} \times \text{Factor de ajuste de carga ofrecida (OAF)}$$

$$\text{OAF} = [1 - (R * \text{factor de bloqueo})] / (1 - \text{factor de bloqueo})$$

Donde R es un porcentaje de probabilidad de reintento. Por ejemplo, R = 0,6 para un 60 por ciento la tasa de reintentos [10].

2.1.4 Métodos de Muestreo

La precisión en el análisis de tráfico también depende de la exactitud de los métodos de muestreo utilizados. Para obtener los resultados más exactos, se necesita tomar la mayor cantidad de muestras de carga ofrecida como sea posible. Alternativamente, si se toman muestras durante un año, estos valores pueden ser limitados, debido a que la carga de tráfico aumenta o disminuye de un año a otro. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) hace recomendaciones sobre cómo se puede muestrear con precisión una red con el fin de dimensionarla correctamente [10].

a) Períodos de referencia

A fin de garantizar el nivel de servicio en la red, son necesarias algunas operaciones, tales como ampliaciones, reestructuración y re-encaminamientos. Muchas de estas operaciones se basan en cambios conocidos y previstos de la intensidad del tráfico. Se

necesita, por tanto, información sobre mediciones pertinentes de las intensidades y calidades del tráfico [11].

La presente sección aborda el periodo de referencia del tráfico para la supervisión del GoS. Puesto que los métodos de dimensionamiento deben ser coherentes con la supervisión del GoS, los periodos de referencia del tráfico aquí definidos han de utilizarse también con fines de dimensionamiento.

Tres tipos fundamentales de carga de tráfico se toman en consideración para el dimensionamiento y la supervisión del GOS de las redes. En el caso de dispositivos de control (por ejemplo, centrales de conmutación), se tienen en cuenta las tentativas de llamada; para los dispositivos de transmisión de tráfico (por ejemplo, haces de circuitos), el factor que se considera es la intensidad del tráfico, mientras que para los otros aspectos (por ejemplo, la facturación) son las tentativas fructuosas de llamada y su duración. Los periodos de volumen de tráfico se definen en forma separada para cada uno de estos tipos mencionados de carga de tráfico.

“Los pronósticos a largo plazo constituyen la base de la planificación, y los pronósticos a corto plazo, la base de la gestión de la red” [11].

Para el tráfico internacional, la hora punta del día suele producirse en el horario nocturno, generalmente en horas fijas de un día a otro. Las horas puntas vespertinas se deben normalmente a llamadas domésticas, pero a veces también a tráfico de datos. Las *tarifas reducidas* vespertinas o nocturnas estimulan las llamadas durante estas horas. Las mediciones de tráfico tienen que ser continuas durante todo el día a fin de que puedan captarse las intensidades de cresta.

a.1 Períodos de lectura

Un medio importante para condensar los datos consiste en resumir los fenómenos durante un cierto periodo de tiempo. De este modo, los datos de varias llamadas se dan como suma o promedio, integrados a lo largo de este periodo de lectura. La duración del periodo de lectura tiene un efecto decisivo sobre la aparición de las crestas de tráfico, y sobre la medida en que éstas son amortiguadas promediándolas con los valores registrados en sus proximidades [11].

El periodo de lectura debe escogerse apropiadamente, de modo que las variaciones y crestas de tráfico durante el mismo puedan determinarse por medio de modelos matemáticos y el promedio medido de intensidad. Los periodos de lectura recomendados para una red tipo PSTN son de 60 minutos y/o 15 minutos.

a.2 Periodos de referencia bajo cargas normales y altas

Los valores de calidad se refieren al servicio desde el punto de vista del usuario. Dichos valores, tales como los relativos a congestión, tiempo de espera y factores de avería,

suelen aumentar al crecer la carga. Por este motivo, las mediciones efectuadas para determinar el factor de calidad se concentran en los periodos de carga máxima, cuando sean previsibles. Dado que ello a menudo no es posible, *“los factores de calidad también se miden de manera continua o automática”*.

Para determinados usos, los factores de calidad por haz de circuitos y componentes separados (por ejemplo, las centrales de conmutación) se definen tanto para cargas normales como altas.

La carga normal se determina a lo largo de un intervalo de tiempo de un mes de duración, utilizando el método siguiente:

- 1) determinar la carga máxima diaria del periodo de lectura,
- 2) ordenar los días del mes en función de la carga máxima diaria del periodo de lectura, de menor a mayor,
- 3) escoger el día correspondiente a la cuarta carga máxima diaria del periodo de lectura. La carga resultante se define como carga normal para el intervalo mensual considerado (En caso de poseer más información sobre la distribución de la carga máxima diaria de tráfico, puede determinarse que es más adecuado escoger un día diferente al de la cuarta carga mayor).

La carga alta se determina siguiendo los pasos 1) y 2) antes mencionados y seleccionando el día correspondiente a la segunda carga máxima diaria del periodo de lectura. Dicha carga se define como la carga alta para el intervalo mensual considerado. La mayor carga máxima del mes no se toma en cuenta, ya que puede ser el resultado de circunstancias extraordinarias de tráfico o averías [11].

La finalidad de la identificación de la carga normal y alta que se indica anteriormente es escoger el día y el periodo de lectura para conservar y analizar la característica supervisada de GOS y comparar los valores supervisados con los valores objetivo de GOS para las cargas normal y alta. Las mediciones de GOS utilizadas son las recogidas el día y el periodo de lectura en los cuales tiene lugar una carga normal y una carga alta de la red. Debe tenerse presente que para diferentes tipos de componentes de la red pueden producirse diferentes periodos de tiempo con carga normal y alta.

La carga se determina generalmente para toda la red. Para evitar la influencia de la estructura de la red, la carga es observada desde el exterior: el tráfico que entra en la red y el originado en la misma se resumen en cada periodo de lectura. Los periodos de carga normal y alta se definen para este *tráfico total*.

Las cargas normal y alta a las que se hace referencia más arriba sirven para determinar los periodos de referencia mensuales para factores de calidad [11].

2.2 Modelos de Tráfico

Ahora que sabemos qué mediciones son necesarias, se puede determinar la forma de utilizarlas. Se necesita elegir un modelo adecuado de tráfico. Los elementos clave para elegir el modelo adecuado son:

- Patrón de llegada de llamadas
- Llamadas bloqueadas
- Número de fuentes
- Tiempo de ocupación

2.2.1 Patrón de llegada

El primer paso en la elección del modelo adecuado de tráfico es determinar el patrón de llegada de las llamadas. Este patrón es muy importante en la elección de un modelo de tráfico porque los diferentes patrones de llegada afectan las facilidades técnicas para el tráfico de voz de forma diferente.

Los tres principales patrones de llamada de llegada son los siguientes:

- Continuo
- Pico
- Aleatorio [10].

El tráfico de voz internacional, que es materia de este estudio, presenta generalmente un patrón aleatorio. Sin embargo, también presenta ciertos horarios en los que se presenta un patrón de arribo de llamadas tipo pico.

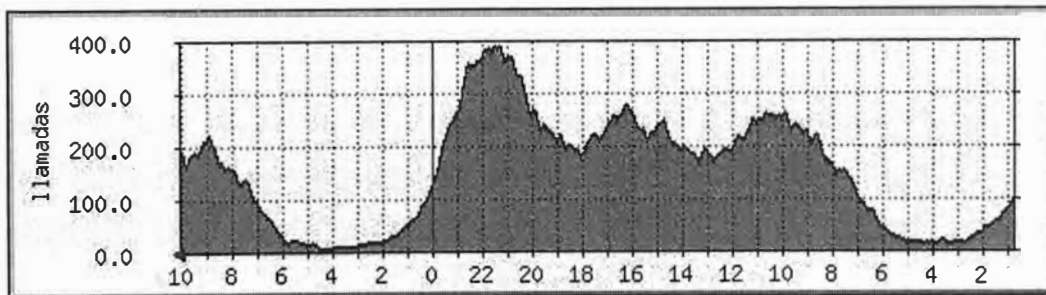


Fig. 2.1 Patrón de tráfico en llamadas ó sesiones por hora

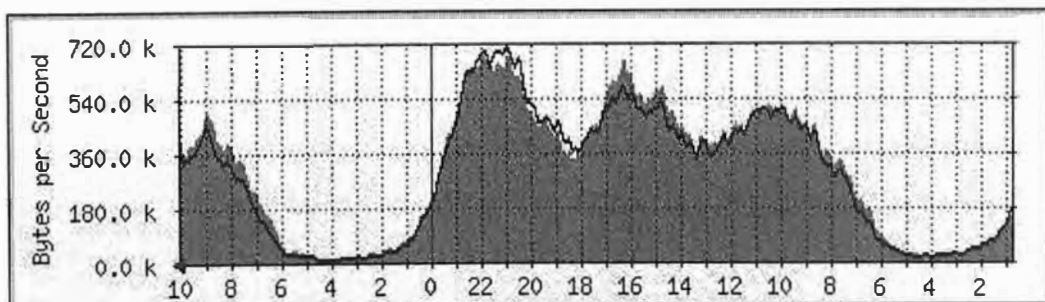


Fig. 2.2 Patrón de ancho de banda consumido

2.2.2 Bloqueo de llamadas

Se considera que una llamada ha sido bloqueada cuando esta no es atendida inmediatamente. En este caso, por lo general, la llamada es re-enrutada hacia otra troncal o facilidad de red, colocada en cola con un tono de espera o anuncio. Existen varios tipos de bloqueo de llamada, pero en nuestro caso, vamos a considerar que las llamadas son del tipo Lost Calls Cleared (LCC), este tipo de llamadas son liberadas del sistema, es decir, cuando una llamada es bloqueada, se considera que la llamada será tratada a través de otro medio o facilidad [10].

2.2.3 Número de fuentes

El número de posibles fuentes o usuarios capaces de generar llamadas también es considerado un factor determinante al momento de elegir el modelo de tráfico adecuado de un sistema de voz. En la medida que aumente el número de fuentes, también aumenta la probabilidad de bloqueo de llamadas y en consecuencia el grado de servicio puede verse afectado [10].

2.2.4 Tiempo de ocupación

Algunos modelos de tráfico tienen en consideración el tiempo de duración de las llamadas. Sin embargo, la mayoría de los modelos no lo toman en cuenta dado que se asume que estos tienen una distribución de tipo exponencial. En general, las llamadas tienen una corta duración, lo que se traduce en una distribución exponencial negativa [10]. Esta consideración también se puede aplicar al tráfico de voz internacional.

De lo analizado en los párrafos anteriores, podemos concluir que el modelo de tráfico que se debe aplicar a una red de voz internacional es el modelo ERLANG B.

2.2.5 Erlang B

En resumen, el modelo de tráfico Erlang B se basa en las siguientes consideraciones:

- Un infinito número de fuentes
- Un patrón aleatorio de arribo de tráfico
- Llamadas bloqueadas liberadas del sistema
- Distribución exponencial de la duración de las llamadas

El modelo de Erlang es usado cuando se considera que las llamadas bloqueadas son re-encaminadas a través de otras facilidades del sistema, es decir, no regresan a la troncal que originalmente recibió la petición de conexión. Este modelo asume un patrón aleatorio de arribo de tráfico. Para el caso de tráfico de voz internacional, presenta ciertos picos en las horas cargadas, vamos a considerar que el patrón es aleatorio para hacer uso del modelo Erlang B. Se entiende que la persona que origina una llamada solo hace un intento, si la llamada es bloqueada, entonces la llamada es re-encaminada.

De la siguiente fórmula se deriva el modelo de tráfico Erlang B:

G.711 (64 kbps)	80 bytes	10 ms	4,1	160 bytes	20 ms	50	82,8 kbps	67,6 kbps	87,2 kbps
G.729 (8 kbps)	10 bytes	10 ms	3,92	20 bytes	20 ms	50	26,8 kbps	11,6 kbps	31,2 kbps
G.723.1 (6.3 kbps)	24 bytes	30 ms	3,9	24 bytes	30 ms	34	18,9 kbps	8,8 kbps	21,9 kbps
G.723.1 (5.3 kbps)	20 bytes	30 ms	3,8	20 bytes	30 ms	34	17,9 kbps	7,7 kbps	20,8 kbps

Nota:

La tabla 2.1 contiene solamente los cálculos para los tamaños de la carga útil de voz predeterminada en las Gateways H.323 del software Cisco IOS®.

2.3.2 Fórmulas para el cálculo del ancho de banda

Se usan los siguientes cálculos:

Tamaño total del paquete = (encabezado L2: MP o FRF.12 o Ethernet) + (encabezado IP/UDP/RTP) + (tamaño de carga útil de voz).

PPS = (velocidad de bits del códec) / (tamaño de la carga útil de voz).

Ancho de banda = tamaño de paquete total * PPS [12].

Ejemplo de cálculo

Por ejemplo, el ancho de banda requerido para una llamada G.729 (velocidad de bits del códec de 8 Kbps) con cRTP, MP y la carga útil de voz predeterminada de 20 bytes es:

Tamaño del paquete total (bytes) = (encabezado de MP de 6 bytes) + (encabezado de IP/UDP/RTP comprimido de 2 bytes) + (carga útil de voz de 20 bytes) = 28 bytes.

➔ Tamaño total del paquete (bits) = (28 bytes) * 8 bits por byte = **224 bits**

PPS = (8 Kbps de velocidad de bits del códec)/(160 bits) = **50 pps**

Nota: 160 bits = 20 bytes (carga útil de voz predeterminada) * 8 bits por bytes.

Por lo tanto:

Ancho de banda por llamada = Tamaño del paquete de voz (224 bits) * 50 pps.

= **11.2 Kbps** [12].

Según el códec, la tabla 2.2 representa algunos ejemplos de milisegundos en relación al tamaño de la carga útil real expresado en bytes.

TABLA N° 2.2 Relación entre bytes y ms [12]

Códec	Tamaño de la carga útil de voz (ms)	Tamaño de la carga útil de voz (bytes)	Comentarios
G.711	20 ms (valor predeterminado)	160 Bytes	Observe que la velocidad de bits del códec se mantiene siempre. Por ejemplo: Un
	30 ms	240 bytes	

G.729	20 ms (valor predeterminado)	20 bytes	código G.711 = [240 bytes * 8 (bits/bytes)]/30 ms = 64 Kbps
	30 ms	30 bytes	
G.723	30 ms (valor predeterminado)		

2.4 Alta disponibilidad

El estándar establecido para la disponibilidad del sistema telefónico tradicional en la mayoría de los países es extremadamente alto. Tan alto que la mayoría de clientes de servicio telefónico nunca han recogido un teléfono receptor sin haber escuchado tono de llamada o respuesta desde el sistema indicando que el equipo está disponible para su uso [13].

El número de usuarios que esperan que un sistema telefónico esté siempre disponible es tan alto que con seguridad podemos afirmar que ningún Operador de VoIP se encuentra en condiciones de ofrecer un sistema telefónico con tal nivel de disponibilidad, a pesar de que muchas tecnologías modernas son mucho menos fiables - automóviles, computadoras personales y sistemas de televisión por cable entre otros, sin embargo se consideran útiles [13].

En el enfoque de una Red VoIP, este documento intenta suministrar suficientes antecedentes para que el lector pueda comprender las dificultades que los ingenieros se enfrentan al tratar de entregar fiabilidad de alto nivel o carrier-class.

En pocas palabras, cuando un usuario hace una llamada telefónica o un clic a un sitio Web, lo que espera es una conexión o respuesta rápida a cualquier hora del día o de noche. El hecho de no brindar un buen desempeño o, peor aún, el hecho de no hacer la conexión o mostrar la página web, bien podría ser motivo para seleccionar a otro proveedor de servicios. De este modo, el proveer una alta disponibilidad es uno de los principales objetivos de los sistemas de telefonía.

En el mercado de las telecomunicaciones, la disponibilidad suele ser definida como el porcentaje de las veces por año que un sistema está a disposición de sus abonados.

La Tabla 2.3 muestra algunos porcentajes de disponibilidad y el número de minutos correspondiente al tiempo de inactividad permitido en virtud de esa norma.

TABLA Nº 2.3 Minutos de Inactividad [13]

Porcentaje de Disponibilidad	Inactividad permitida (minutos/año)
99.000	5,000
99.900	500

99.990	50
99.999	5

El actual nivel de disponibilidad en los sistemas de telecomunicaciones en el mundo industrializado es de 99,999 por ciento, que prevé sólo cinco minutos de tiempo de inactividad por año. Para lograr este objetivo, los sistemas deben ser diseñados tanto para la confiabilidad como para la alta prestación de servicios, que veremos en detalle más adelante, ambos son elementos importantes para proveer alta disponibilidad y ofrecer un servicio de calidad óptima [13].

2.5 Confiabilidad

Confiabilidad es el punto de partida para la construcción de sistemas cada vez más disponibles. Una forma de medir la confiabilidad de un sistema es medir el tiempo que se encuentra en servicio y el tiempo que normalmente se toma entre fallas. La naturaleza de la falla no es importante, cualquier falla afecta la disponibilidad del sistema en general.

La medida de tiempo entre fallas ó MTBF (Mean Time Between Failure), es a menudo considerada con una importante métrica con respecto a la medición de la confiabilidad del sistema. Sin embargo, en la actualidad no existe un estándar adoptado por la industria para medir el MTBF, lo que hace dudoso el número MTBF que un determinado proveedor entregue para un determinado sistema o componente a fin de someterlo a la comparación contra otros proveedores.

Existen dos formas importantes de lograr una alta confiabilidad:

- Construcción de un sistema con componentes de alto MTBF, y
- Agregándolos en configuraciones redundantes (N +1) [13].

2.6 LCR

La mayoría de proveedores de VoIP ofrecen una funcionalidad conocida como "Enrutamiento de Menor Costo" (LCR por sus siglas en inglés) con el objetivo de garantizar una mayor calidad de servicio. El uso de LCR permite, de manera eficiente y con éxito, enrutar llamadas a un costo razonable. Ahorra tiempo y esfuerzo en el encaminamiento de las llamadas internacionales mediante el uso de métodos muy rentables para transferir el tráfico. Esto mejora la calidad global del servicio prestado.

LCR en sí es parte o característica de un sistema de facturación que se encarga de identificar la mejor ruta adecuada para las llamadas originadas / terminadas.

Los Sistemas de facturación tienen una lista de diferentes tasas y precios asignados a diversos destinos. Para enviar llamadas, estas tasas se comparan y se calcula el coste total de cada ruta, finalmente, se selecciona la ruta óptima para cada llamada. El motor

del Sistema de facturación debe gestionar todas las rutas de manera eficiente a fin de garantizar un servicio de alta calidad a los clientes.

CAPITULO III APLICACION A UNA RED EN SERVICIO

De lo analizado en capítulos anteriores, veremos a continuación los principales mecanismos y herramientas que la mayoría de Operadores VoIP ofrecen en la actualidad a fin de medir la calidad en el servicio ofrecido a sus clientes ó el que reciben de sus proveedores.

3.1 Gestión de la calidad de funcionamiento

Las modernas redes internacionales han evolucionado desde redes punto a punto con rutas únicas interconectando operadores de voz y clientes de diferentes países a redes más complejas con rutas múltiples entre países. El número de interconexiones entre países ha aumentado debido al crecimiento del número de proveedores de Internet y servicios de voz, la posibilidad de cursar llamadas a través de países intermedios y una mayor flexibilidad de los mecanismos de encaminamiento que soportan los equipos de conmutación modernos. Lo anterior se ilustra en la figura que sigue en la que se muestran tres rutas entre dos países. En el ejemplo, dos rutas son rutas directas, que pueden utilizar la misma tecnología o tecnologías diferentes, y la tercera es una ruta no directa o de tránsito [14].

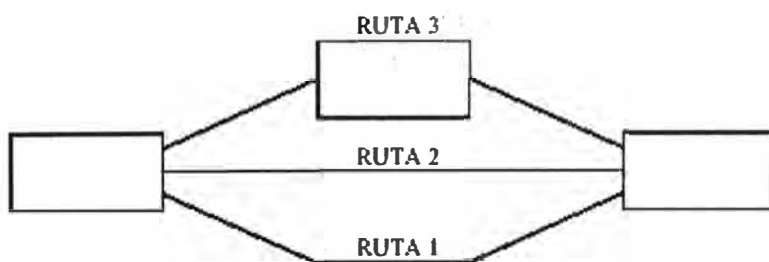


Fig. 3.1 Rutas de Interconexión entre 2 países u Operadores VoIP [14]

En caso de múltiples rutas hacia un país, la calidad de funcionamiento de cada ruta contribuye a la calidad de servicio observada por los usuarios, y es preciso gestionar la calidad de funcionamiento de cada una de ellas. La gestión de la calidad de funcionamiento en redes complejas puede ser una tarea difícil y costosa, que es posible simplificar gestionando la calidad de funcionamiento en términos comparativos en vez de absolutos. Cuando la calidad de funcionamiento se gestione en términos comparativos,

un Operador de voz puede seleccionar una ruta hacia un destino como ruta de referencia y establecerá los objetivos de calidad de funcionamiento de otras rutas hacia ese destino en base a la calidad de la ruta de referencia [14].

La mayoría de las magnitudes de medida actualmente utilizadas pueden serlo de manera absoluta o comparativa. Por ejemplo, no es infrecuente que los Operadores VoIP midan la demora después de marcar (PDD, *post dial delay*) y comparen los resultados con algún objetivo absoluto de calidad de funcionamiento. También cabe medir la PDD en múltiples rutas y utilizar el resultado de manera comparativa. Otras magnitudes de medida muy utilizadas, tales como la tasa de tomas con respuesta, la tasa de cortes de llamadas facsímil, etc., se pueden utilizar de ambas maneras. La tasa de eficacia de la red (NER, *network effectiveness ratio*) se utiliza normalmente de manera absoluta. La NER se podría utilizar también de manera comparativa siempre que el diseño de las redes que intervienen fuese suficientemente visible. Esto es algo que puede presentar una dificultad especial cuando se utilizan múltiples redes para entregar llamadas en el punto de destino.

Las magnitudes del presente trabajo se definen como mediciones comparativas. En ellas influye mucho el comportamiento del cliente, por lo que no se deberán utilizar como mediciones absolutas a menos que exista un conocimiento cuantitativo importante del comportamiento del cliente, incluidas sus tendencias a largo plazo y los cambios estacionales [14].

Anteriormente hemos visto que las magnitudes de medida de la calidad de funcionamiento de las redes y de la calidad de servicio del servicio telefónico pueden ser clasificadas en relativas a la conectividad (es decir, la capacidad de establecer una conexión) y relativas a la claridad de la llamada.

Como se muestra en la tabla 3.1, las magnitudes pertinentes se pueden medir aplicando métodos intrusivos o no intrusivos, tales como los registros de detalles de las llamadas o dispositivos de supervisión especiales [14].

TABLA N° 3.1 Mediciones intrusivas y no intrusivas de calidad de servicio [14]

	Mediciones intrusivas	Mediciones no intrusivas
Establecimiento de la conexión	Tasa de llamadas satisfactorias	ASR, ABR, NER, PDD
	Demora después de marcar	PGAD (magnitud nueva).
Claridad de la llamada	Pérdida, ruido, etc.	Parámetros definidos en la Recomendación P.561 ALOC.

3.2 Parámetros de medición de la Calidad de Servicio

En la presente sección daremos a conocer los principales parámetros de medición que son utilizados por la mayoría de Operadores VoIP y veremos la importancia que tienen estos parámetros al momento de gestionar la calidad de servicio de una red VoIP.

3.2.1 PDD (*Post Dial Delay*)

Cuando se realiza la marcación del número telefónico, o bien hay un timbrado o tono de ocupado que nos dice si a quien se llama está o no disponible. El tiempo transcurrido entre marcar el último número de una llamada y escuchar un tono o respuesta del número llamado se denomina Post Dial Delay (PDD) [16].

La rapidez con que una red responde a un usuario que pide el establecimiento de una conexión es un factor de calidad importante que los clientes pueden percibir fácilmente. La Recomendación E.431 (Evaluación de la calidad de servicio en relación con las demoras de establecimiento y liberación de la conexión) define tres intervalos de tiempo pertinentes: demora de la señal de invitación a marcar, demora después de marcar y demora de liberación de la llamada. De estos tres intervalos, el de demora después de marcar (PDD) da una idea del tiempo que necesitan las redes para establecer conexiones una vez que el cliente ha completado la marcación de la dirección de destino. La PDD se mide por lo general de extremo a extremo, y para ello hay que situar equipos de prueba en los puntos de origen y terminación de la llamada. También se puede medir la PDD observando mensajes de señalización apropiados dentro de las redes [14].

Luego de realizar algunas pruebas a fin de tener una muestra de los valores habituales de este parámetro, ver Tabla 3.2. Podemos concluir que existen diferencias en el retardo ofrecido en una comunicación móvil-móvil y una comunicación fijo – fijo [16].

TABLA N° 3.2 Pruebas de PDD [16]

Tipo de llamada	PDD (retraso post marcado)
Fijo a Fijo marcando dígito a dígito	< 1 segundo
Fijo a Fijo mandando todos los dígitos a la vez	Entre 1 y 2 segundos
Fijo a Móvil marcando dígito a dígito	3 segundos
Fijo a Móvil mandando todos los dígitos a la vez	4,5 segundos
Móvil a Móvil	5,5 segundos
Móvil a Fijo	5 segundos

Se ha encontrado que el PDD que ofrecen otros proveedores de VoIP en el servicio de terminación de llamadas a móviles en España suele estar entre 6 - 10 segundos [16].

Basándonos en los valores de PDD descritos en la sección de 1.5 del presente trabajo, "Normas de desempeño y calidad de servicio en VoIP", el PDD para llamadas internacionales debe ser menor a 8 segundos.

De lo analizado, podemos concluir que en caso de tener un PDD mayor a 8 segundos (considerando una red VoIP tipo PSTN-IP-PSTN para tráfico internacional), se prevé que hay baja calidad del servicio.

3.2.2 PGAD

Una magnitud que permitiera comparar el tiempo de establecimiento de la llamada en múltiples rutas hacia el mismo destino constituiría una manera económica de evaluar la calidad de las rutas. La demora de respuesta después de la pasarela ó PGAD, por sus siglas en inglés (*Post gateway answer delay*), es esa magnitud.

La PGAD se define como sigue para llamadas a las que se contesta:

- PGAD es el intervalo de tiempo entre la toma del circuito internacional y la recepción de la supervisión de la contestación del abonado [14].

Dentro de ese intervalo, el tiempo entre la toma y la primera respuesta de la red depende de la calidad de funcionamiento de la red, mientras que el tiempo entre la respuesta de la red y la contestación del abonado depende del usuario. Cuando la PGAD se observa para una sola ruta, no resulta especialmente útil. Sin embargo, cuando se comparan dos rutas con muestras de datos amplias y cuidadosamente seleccionadas, no deberá haber una diferencia notable entre ambas por lo que se refiere al comportamiento del cliente y cualquier diferencia significativa en cuanto a PGAD podría atribuirse a las redes participantes. En la figura 3.2 se ilustra la PGAD y su relación con la PDD [14].

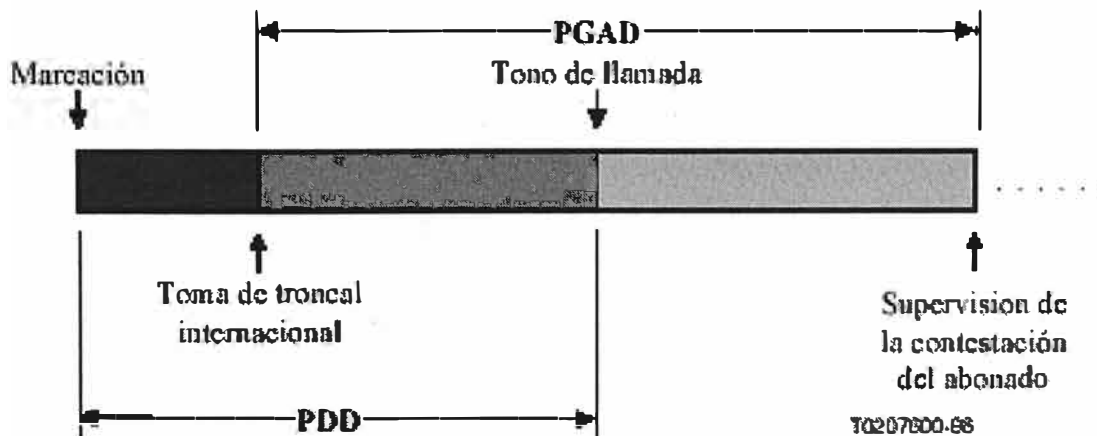


Fig. 3.2 Comparación entre PDD y PGAD [14]

3.2.3 ASR

Una definición del ASR (*Answer Seize Ratio*) es la relación entre el número de llamadas completadas y el número de intentos, los cuales no pudieron ser conectados por cualquier motivo. En el caso de un bajo ASR, se espera que la ruta se encuentre saturada y por ende no tiene la suficiente capacidad para aceptar las llamadas telefónicas del cliente.

La ITU-T define al ASR como “La relación entre el número de tomas que dan como resultado una señal de respuesta y el número total de tomas. Se expresa generalmente en porcentaje como sigue [15]:

$$ASR = \frac{\text{Tomas que dan como resultado una señal de respuesta}}{\text{Número total de tomas}} \times 100 \quad (3.1)$$

La medida de la tasa de tomas con respuesta puede efectuarse tomando como base una ruta, la cual puede ser clasificada como un destino ó un Operador VoIP.

El *ASR para el destino* se calcula a partir del volumen total de tráfico al destino cualquiera que sea la ruta de salida utilizada.

Un destino puede ser una red móvil, un país, una ciudad, un servicio, etc. En el ejemplo de la figura 3.3 el destino es un país [15].

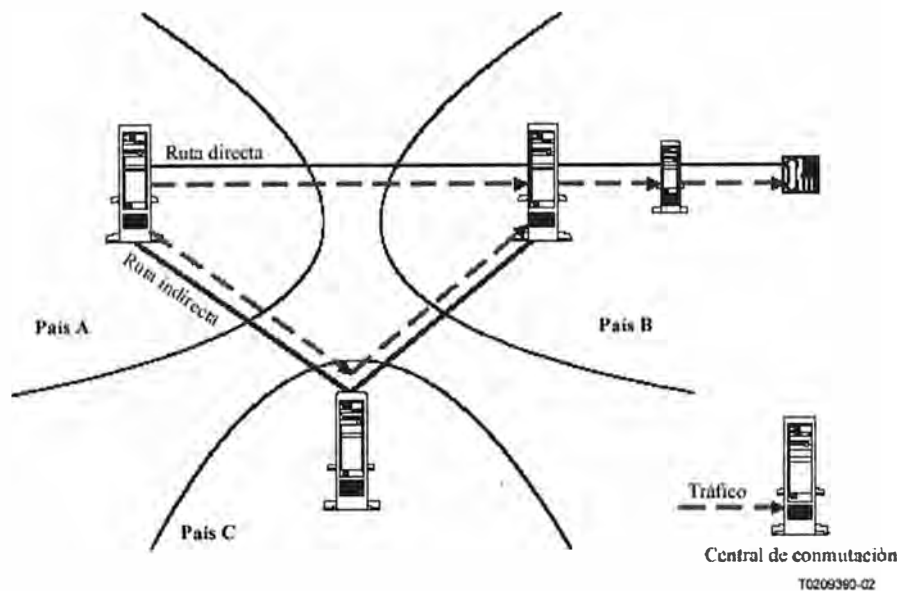


Fig. 3.3 Ejemplo de ASR para un destino [15]

La visión más precisa de la calidad de funcionamiento de la red distante se logra midiendo la ASR directa, es decir, tomando como referencia sólo la Ruta directa entre los Operadores [15].

entre las ALOC de dos rutas podría considerarse indicadora de alguna irregularidad que justifica una investigación ulterior.

Una consideración a tener en cuenta es que el ALOC se mide sólo para llamadas completadas. De ser posible, debería medirse desde el momento de la supervisión de la contestación hasta el momento en que se libera la llamada. Si los sistemas de medición no permiten efectuar la medición desde ese primer momento, la ALOC debería medirse a partir del momento en que se produce la toma del troncal. En este caso, la medida incluye la duración del establecimiento de la llamada, y las variaciones de dicha duración podrían influir en la ALOC. No obstante, puesto que el establecimiento de la llamada dura poco normalmente en comparación con lo que dura la conversación, cualquier error introducido debería ser pequeño. Todas las rutas medidas deberán medirse de la misma manera, con independencia de dónde empieza el intervalo de medición de la ALOC.

Varios factores podrían influir en la ALOC. Una ruta en la que se produce un nivel mayor de cortes de llamadas provocados por la red tendrá una ALOC inferior a la de la ruta de referencia. Lo mismo ocurriría si aumentara la frecuencia de fallos de las transacciones facsímil. La utilización de satélites de doble salto o equipos de compresión en tándem puede provocar una reducción de la calidad de la transmisión vocal que redunde en una disminución de la ALOC. Los problemas relacionados con la señalización y los cambios introducidos en los planes de numeración podrían tener como resultado llamadas con tiempos de ocupación más breves, lo que a su vez influiría en la ALOC. Hay además otros factores, distintos de los ya indicados, que podrían hacer que difirieran las ALOC de dos rutas [14].

3.2.5 MOS

Un punto de referencia comúnmente utilizado para determinar la calidad de sonido producido por un códec es el Mean Opinión Score (MOS). Con el MOS, una amplia variedad de oyentes juzgan la calidad de una muestra de voz (correspondiente a un códec en particular) en una escala del 1 (mala) al 5 (excelente). Los resultados obtenidos son promediados para obtener el mean opinión score para esa muestra [2].

Aunque parezca lógico desde el punto de financiero utilizar códec para convertir todas las llamadas a una baja tasa de bits y así disminuir costos, se debe tener un cuidado adicional al diseñar redes de voz con compresión a baja tasa de bits. Hay inconvenientes asociados a la compresión de la voz. Uno de los principales es la distorsión de la señal debido a múltiples codificaciones (tándem encoding). En todo sistema de compresión de voz se debe dentro lo posible evitar el tándem encoding, o sea codificar la voz de a digital, re-codificarla a analógico y volver a codificarla a digital. Por ejemplo, cuando una señal de voz G.729 es codificada tres veces, el MOS pasa de 3.92 (muy bien) a 2.68 (no

aceptable). Otro inconveniente es el retardo inducido por la codificación con codificadores de baja tasa de bits [2].

3.3 Comparaciones estadísticas

Una aplicación típica de los datos de PGAD o ALOC conllevaría la comparación del valor medio obtenido de una u otra magnitud para una ruta con el valor medio obtenido para la ruta básica. Cuando se efectúan tales comparaciones, es importante emplear algún procedimiento estadístico que permita determinar si cualquier diferencia observada es significativa desde ese punto de vista. Factores que hacen aumentar la importancia de la diferencia entre los valores medios de dos muestreos son, por ejemplo, la dispersión o la distribución de las muestras utilizadas para calcular los valores medios así como el número de muestras tomadas [14].

La fórmula que figura más adelante es un ejemplo de cómo podrían aplicarse los métodos estadísticos a los datos de PGAD. En el ejemplo se desea probar si la PGAD por una ruta excede de la PGAD de la ruta básica por algún factor. Se efectúa una prueba prolongada para que la comparación tenga un nivel de confianza del 95%.

PA = PGAD media de la ruta en estudio (para un intervalo de medición)

PB = PGAD media de la ruta básica (para un intervalo de medición)

sA = Desviación típica de la PGAD de la ruta en estudio

sB = Desviación típica de la PGAD de la ruta básica

NA = Número de llamadas por la ruta en estudio

NB = Número de llamadas por la ruta básica

Si D es superior a un determinado valor X, puede decirse con un 95% de confianza que la PGAD por la ruta en estudio supera la PGAD de la ruta básica en X segundos.

NOTA – Si no se dispone de la desviación típica, se puede utilizar un valor igual a la mitad del valor medio como estimación conservadora [14].

$$D = (P_A - P_B) - 1.645 \times \sqrt{\frac{(\sigma_A)^2}{N_A} + \frac{(\sigma_B)^2}{N_B}} \quad (3.3)$$

Podemos concluir que, es posible aplicar un procedimiento similar a parámetros como el ASR, el NER ó el PDD. Para ello, es importante obtener las magnitudes de estos parámetros medidos en una ruta y/o destino aplicando métodos intrusivos o no intrusivos. En el presente trabajo se utilizan métodos no intrusivos.

Conviene asegurarse de que las comparaciones pertinentes se efectúan tal como se describe a continuación.

Observaciones

A menos que se señale otra cosa, las observaciones que siguen son aplicables a todas las magnitudes utilizadas de manera comparativa.

- Cuando se utilice cualquier medición comparativa, habrá que asegurarse de que las rutas comparadas llevan combinaciones idénticas de servicios y de que dan servicio a los mismos campos completados.
- Las mediciones comparativas son útiles cuando se comparan múltiples rutas hacia los mismos destinos. Cuando se compare la calidad de funcionamiento de múltiples rutas se deben tener en cuenta mecanismos de encaminamiento tales como los específicos del código o el portador.
- Los datos para efectuar mediciones comparativas se pueden obtener de los registros de detalles de las llamadas conmutadas. Esta manera de recopilar datos, así como la recogida de datos procedentes de otras fuentes apropiadas de monitorización de redes, son a menudo muy eficaces y proporcionan muestras de gran tamaño con un incremento del costo relativamente bajo.
- Los tamaños de las muestras deben ser lo suficientemente grandes como para garantizar la integridad estadística de los datos.
- Se deben utilizar procedimientos estadísticos para verificar la importancia de cualquier diferencia entre mediciones comparativas de rutas diferentes. Conviene disponer de mediciones apropiadas de la tendencia central y la dispersión así como de las estimaciones correspondientes del error típico.
- Cuando se detecte una diferencia importante en ALOC, deberá efectuarse un análisis detallado para determinar la causa básica del mismo, de manera que puedan tomarse medidas correctoras [14].

CAPITULO IV DISEÑO DE UNA RED VOIP PERU – EUROPA - USA

En el presente capítulo veremos los pasos a seguir para el diseño de una red VoIP de un Operador VoIP localizado en Perú y que planea intercambia tráfico de voz con destinos de Europa y USA. Primero debemos estimar la capacidad VoIP requerida para el intercambio de tráfico de voz basado en protocolo IP (SIP/H323), luego, de acuerdo a la estimación comercial haremos un análisis de factibilidad y rentabilidad a fin de demostrar si el negocio es viable o no. Las cifras de los costos de equipamiento, acceso a Internet y tasas de acceso e interconexión de los minutos negociados se basan principalmente en propuestas y/o estimaciones comerciales.

4.1 Parámetros Determinantes

4.1.1 ACD

El ACD ó ALOC, como se vio en los capítulos anteriores, se define como el tiempo promedio de duración de una llamada de voz. Para el caso de Perú y Alemania, hemos calculado el promedio mensual a lo largo de los últimos meses (ver figuras 4.1 y 4.2), obteniendo los siguientes valores:

a) Tráfico entrante;

$$ACD_{prom} = 10 \text{ minutos} = 600 \text{ segundos.}$$

b) Tráfico saliente:

$$ACD_{prom} = 6.5 \text{ minutos} = 450 \text{ segundos.}$$

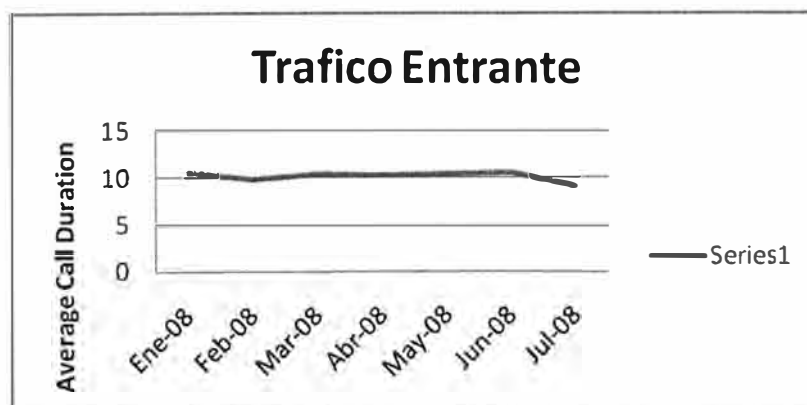


Fig. 4.1 ACD promedio en el 2008

(Fuente: Operador VOIP local que brinda servicios de llamadas entrantes y salientes hacia Alemania.)

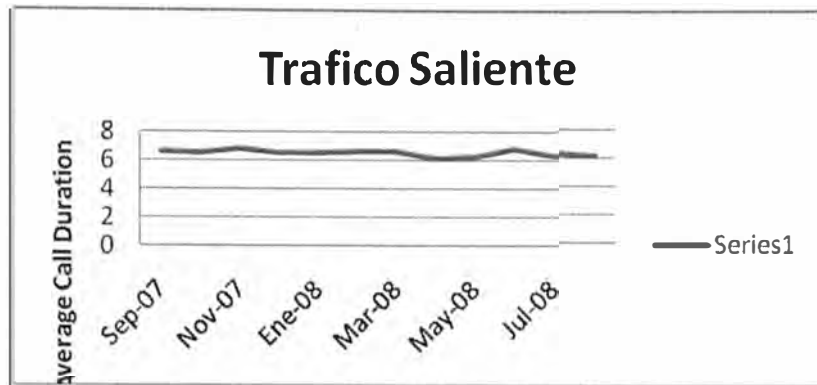


Fig. 4.2 ACD promedio 2007-2008

(Fuente: Operador VOIP local que brinda servicios de llamadas entrantes y salientes hacia Alemania).

Los promedios hallados anteriormente pueden ser muy útiles cuando se requiere estimar la cantidad de tráfico expresado en minutos/mes teniendo como dato el número de llamadas/mes, esto lo veremos más adelante.

Sin embargo, para dimensionamiento de los circuitos o troncales que se requieren implementar, lo que se necesita en realidad es el ACD de la hora de mayor carga de tráfico (BHT), este valor es generalmente superior al promedio y para el caso Perú – Alemania tenemos los siguientes valores:

a) Tráfico entrante:

$$ACD_{\text{horapico}} = 15 \text{ minutos} = 900 \text{ segundos.}$$

b) Tráfico saliente:

$$ACD_{\text{horapico}} = 8 \text{ minutos} = 480 \text{ segundos.}$$

4.1.2 BHT

El BHT (Busy Hour Traffic), como su nombre lo indica, representa la carga de tráfico en la hora pico. Este valor nos permite calcular el número de líneas ó troncales requerido para un determinado tráfico ofrecido, en general el BTH se expresa en Erlangs. Algunos equipos VoIP lo publican en CCS.

Para calcular el BTH, primero necesitamos conocer el número de llamadas en la hora pico, luego multiplicando este valor por e ACD correspondiente, tenemos una estimación del tráfico total en la hora pico expresado en minutos.

Es decir:

$$BHT = N^{\circ} \text{ Llamadas}_{\text{horapico}} \times ACD_{\text{horapico}} \quad (4.1)$$

Ejemplo:

Teniendo como dato el número de llamadas que soporta una Central AXE-10 para una ruta convencional a través de la PSTN en la hora de mayor carga, procedemos a calcular el BHT expresado en Erlangs:

a) Tráfico entrante:

$(639 \text{ llamadas/hora} * 15 \text{ min/llamada}) / 60 \text{ min} = 159.75 \text{ Erlang}$

b) Tráfico saliente:

$(200 \text{ llamadas/hora} * 8 \text{ min/llamada}) / 60 \text{ min} = 26.67 \text{ Erlang}$

4.2 Estimación de Troncales

Para la estimación de troncales requerimos utilizar un modelo de tráfico. Existen varios modelos de tráfico adoptados por la mayoría de Operadores de Voz. Estos modelos están basados tanto en la naturaleza de llegada de las llamadas: random, peaked, etc., como en el comportamiento del sistema ante el bloqueo de una llamada.

En nuestro caso utilizaremos el modelo de tráfico Erlang B. Como referencia tenemos el ejemplo anterior y consideraremos un servicio con 1% de probabilidad de bloqueo ($Gos = p.01$):

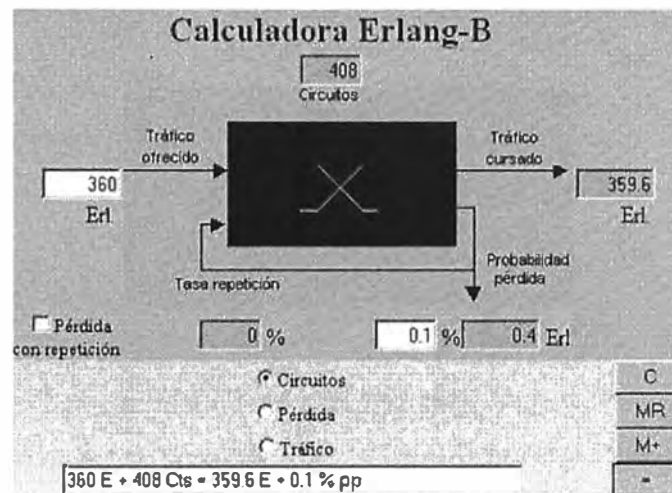


Fig. 4.3 Calculadora de Erlang B

Utilizando la Tabla ó la calculadora de Erlang de la figura 4.3 tenemos que:

a) Tráfico Entrante:

Nº troncales = 180 cktos.

b) Tráfico Saliente:

Nº troncales = 38 cktos.

Sin embargo, las troncales de voz son genéricas, es decir no se dedica capacidad para un sentido en especial, por lo que el cálculo de enlaces debe hacerse sobre la carga total de tráfico en la hora pico:

Carga Total = 186.42 Erlang.

c) Aplicando la tabla de Erlang tenemos que:

Nº troncales genéricas = 207 cktos.

En el ejemplo anterior hemos obtenido el Nº de troncales necesarios para soportar una carga de tráfico con un $ACD_{horapico}$, similar al de una ruta Perú con destinos USA y

Europa. El número de llamadas entrante y saliente de la hora pico se asumen con fines didácticos.

Ahora veremos que debido principalmente a factores comerciales y al comportamiento de los usuarios, la relación de llamadas entrante y saliente es muy diferente al ejemplo anterior.

Basándonos en datos obtenidos de una ruta de voz a través de la PSTN para el intercambio de tráfico entre Perú y Alemania, tenemos que el N° de llamadas Entrantes y Salientes por mes, como se observa en la figuras 4.4 y 4.5, han tenido la siguiente evolución en los últimos 7 meses:

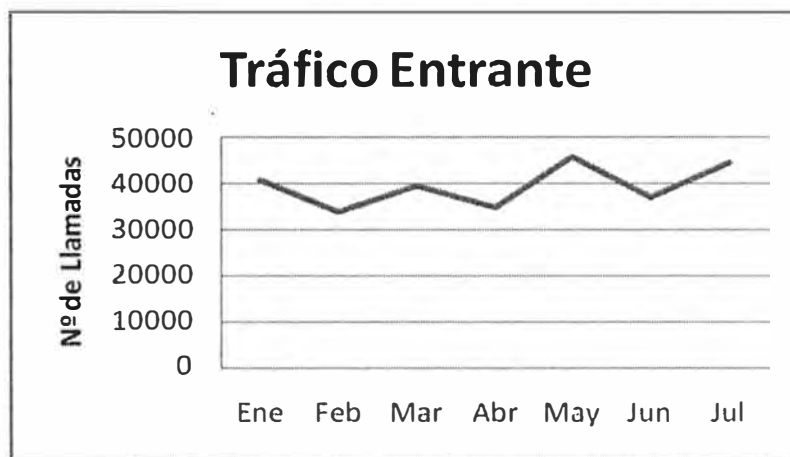


Fig. 4.4 Evolución del N° de llamadas por mes

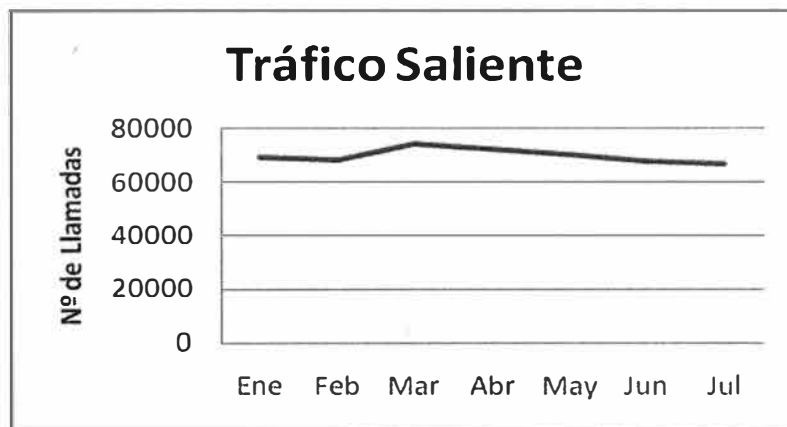


Fig. 4.5 Evolución del N° de llamadas por mes

De lo anterior, el promedio de llamadas es aproximadamente:

a) Tráfico entrante:

40,000 llamadas-mes (se puede tomar el 4to más alto según la ITU).

b) Tráfico Saliente:

70,000 llamadas-mes.

Nuestro objetivo es obtener el **Nº de troncales** necesarios para soportar una carga de tráfico con estas características. Habiendo entendido la relación entre Erlangs y troncales, nuestro siguiente paso es hallar el **BHT** en base a los datos que tenemos: ACD_{prom} , $ACD_{horapico}$ y el Nº de llamadas-mes tanto para tráfico saliente como entrante.

a) Para el caso de tráfico entrante:

Primero debemos considerar que, según estadísticas, el BHT entre Perú y Alemania representa aproximadamente 1/5 del tráfico diario en un día promedio.

→ Si 1 día = 5*BHT tenemos que 1 mes = 30 x 5 BHT = 150 BHT

Por estadísticas también sabemos que el BHT representa aproximadamente 1/10 del tráfico diario en los 8 días más cargados del mes (generalmente sábados y domingos). Asimismo, en promedio un día cargado representa 1/15 del tráfico mensual por lo que:

→ Si 1 día = 10*BHT tenemos que 1 mes = 15 x 10 BHT = 150 BHT

De donde podemos concluir que el Nº de minutos/mes = 150 BHT.

b) Para el caso de tráfico saliente:

Aplicando el mismo criterio que para el tráfico entrante, tenemos por estadísticas que, el BHT entre Perú y Alemania representa 1/10 del tráfico diario en un día cargado, y éste asimismo representa 1/20 del tráfico mensual, por lo que:

→ Si 1 día = 10*BHT tenemos que 1 mes = 20 x 10 BHT = 200 BHT

De lo analizado anteriormente podemos afirmar que:

$$N^{\circ} \text{ minutos-mes} = N \times \text{BHT} \quad (4.2) \text{ ó}$$

$$N^{\circ} \text{ minutos-mes} = ACD_{prom} \times N^{\circ} \text{ llamadas-mes} \quad (4.3)$$

Donde:

N es la relación hallada en los párrafos anteriores para Nº min/mes y BHT.

De (4.2) y (4.3) tenemos que:

$$\text{BHT} = (ACD_{prom} \times N^{\circ} \text{ llamadas-mes}) / N \quad (4.4)$$

Además, sabemos de (4.1) que:

$$\text{BHT} = N^{\circ} \text{ llamadas}_{horapico} \times ACD_{horapico} \quad (4.5)$$

Los datos con los que contamos son el Nº llamadas-mes y el ACD_{prom} , aplicables a la ecuación 4.4. Si bien es cierto, tenemos un valor estimado para el $ACD_{horapico}$, no contamos con una estimación para el $N^{\circ} \text{ llamadas}_{horapico}$, por lo que, no será posible hallar el BHT con la ecuación 4.1.

De lo anterior deducimos que, utilizando la ecuación 4.4 podemos calcular el BHT requerido:

a) Tráfico entrante:

$$(40,000 \text{ llamadas-mes} \times 10 \text{ min/llamada}) / (N_1 \times 60 \text{ min}) =$$

$$(400,000 \text{ min-mes}) / (150 \times 60)$$

= 44.44 Erlang

b) Tráfico saliente:

$(70,000 \text{ llamadas-mes} \times 6.5 \text{ min/llamada}) / (N_2 \times 60 \text{ min}) =$

$(455,000 \text{ min-mes}) / (200 \times 60) = 37.92 \text{ Erlang}$

Aplicando nuevamente la tabla de Erlang para el total de Erlangs tenemos que:

Nº troncales = Erlang (82.36) = **99 Cktos**

4.3 Estimación del Ancho de Banda

Anteriormente hemos visto que, el ancho de banda en VoIP para una determinada carga de tráfico depende del Nº de troncales configurados y el códec negociado con el Operador VoIP.

Para la ruta en estudio, Perú – Alemania, teniendo como dato el Nº de troncales, podemos hallar el BW para varios tipos de códec:

a) G729 40ms (40 bytes) 4 muestras = 20.58kbps por llamada ó troncal

99 Cktos ó troncales → BW = 1.99 Mbps

b) G723_6.3k 30ms (24 bytes) 1 muestra = 22.96 Kbps por llamada ó troncal.

99 Cktos ó troncales → BW = 2.22 Mbps

c) G723_6.3k 60ms (48 bytes) 2 muestra = 14.84 Kbps por llamada ó troncal.

99 Cktos ó troncales → BW = 1.44 Mbps

d) G729 20ms (20 bytes) 2 muestra = 32.76 Kbps por llamada ó troncal.

99 Cktos ó troncales → BW = 3.17 Mbps

Como se puede observar, el códec que menor ancho de banda requiere es el G723_6.4k 60ms. Generalmente, las interconexiones con diferentes Operadores VoIP utilizan también diferentes tipos de códec y payload, por lo que el BW puede variar significativamente si se considera sólo un tipo de códec.

Por otro lado, siempre se recomienda verificar la calidad de cada uno de estos códec cuando se configura una interconexión VoIP.

Para la ruta Perú – Alemania consideraremos el promedio de estos 4 códec:

BW requerido = **2.2 Mbps**

4.4 Relación entre minutos-mes y troncales

En la sección 4.2 encontramos que el total de minutos promedio cursados al mes tanto para tráfico entrante como saliente es de:

a) Tráfico entrante:

400,000 minutos-mes

b) Tráfico Saliente:

455,000 minutos-mes.

Asimismo, encontramos que el N° de troncales que se requieren configurar para soportar ésta carga de tráfico es de 99 cktos = aprox. 3.2 E1s

De donde podemos concluir que, en total, 3.2 E1s nos brindan la capacidad suficiente para soportar una estimación comercial de tráfico VoIP entrante y saliente de 855,000 minutos-mes. Es decir, en promedio un E1 nos brinda aprox. **268,000** minutos/mes.

Según estadísticas, para el caso el intercambio de tráfico entre Perú y USA, este valor es de 300,000 minutos/mes. En algunos análisis se ha encontrado valores de 400,000 minutos/mes.

Ejemplo:

El área comercial ha negociado un intercambio de tráfico VoIP de 2'000,000 de minutos para la ruta Perú - Alemania. De los cuales, 800,000 minutos son tráfico entrante hacia Perú y 1'200,000 minutos tráfico saliente.

Según los datos anteriores, se puede estimar la capacidad total ó en forma individual de la siguiente manera:

2.98 E1s para Tráfico Entrante y 4,48 E1s para Tráfico Saliente.

Que hacen un total de 7,46 E1s

= aprox. 8E1s.

Nota:

Si se calcula individualmente la cantidad de minutos que brinda un E1 para tráfico entrante y saliente obtenemos los siguientes valores: 214,000 min y 276,000 min respectivamente. De donde calculamos que se requieren aprox. 8.1 E1s para soportar el tráfico negociado en el ejemplo anterior. Se observa que este valor que es muy cercado a los 7.46 E1s calculados en forma general.

4.5 Viabilidad de implementar una solución VoIP

En la presente sección haremos un análisis primero de la factibilidad técnico-económica y luego la rentabilidad de implementar una solución VoIP para ofrecer tráfico de voz entre Perú y destinos de Europa y USA. En vista que existe una gran diversidad de opciones de diversos fabricantes para una solución VoIP con las características que requerimos, para nuestro análisis, vamos a considerar sólo a tres proveedores; Cisco Systems, Dialogic y Squire.

En la figura 4.6 se detalla la solución de Cisco Systems para una red VoIP. En este modelo se tiene un gateway AS5400, el cual se conecta con la PSTN a través de enlaces E1/T1. La traducción S7/VoIP es a través del softswitch de cisco PGW2200. Adicionalmente, requiere de un GW de señalización (SLT) como interfaz entre el PGW2200 y la central TDM.

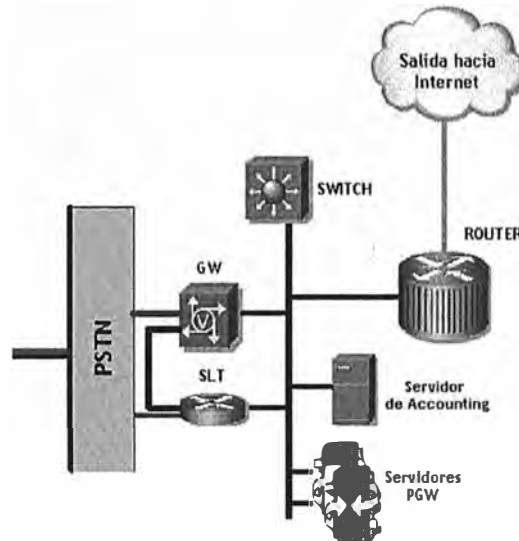


Fig. 4.6 Solución VoIP SS7/H323/SIP de Cisco

La oferta económica de una solución con estas características y con una capacidad de 64E1s, incluyendo sólo equipos VoIP, asciende a los \$280,000.00. Cabe precisar que, en este escenario, el PGW2200 sólo brinda funciones de señalización y no call control. La solución en call control si bien ofrece una gran variedad de funcionalidades adicionales también implica un mayor costo de equipamiento en servidores y licencias. Al precio final se debe añadir equipamiento de red (Ejem: Switch, Router, hubs, etc.) y Servidores de Billing.

A continuación tenemos la propuesta del proveedor Dialogic, que ofrece una solución integral basada en el Media Gateway IMG 1010 (adquirido a Cantata), como se ve en la figura 4.7. Este servidor es capaz de interconectarse directamente con la PSTN en SS7, soporta PRI, ISDN PRI, CAS, etc., y del lado VoIP soporta tanto H323 como SIP con una escalabilidad que va desde los 99 hasta los 768 canales de voz (24E1s). El equipo ofrece redundancia en señalización, media y administración a nivel interno en modo active/standby. Incluye funcionalidades de call routing y traslaciones basadas en ANI, DNIS, NOA, hora del día, etc., entre otras.

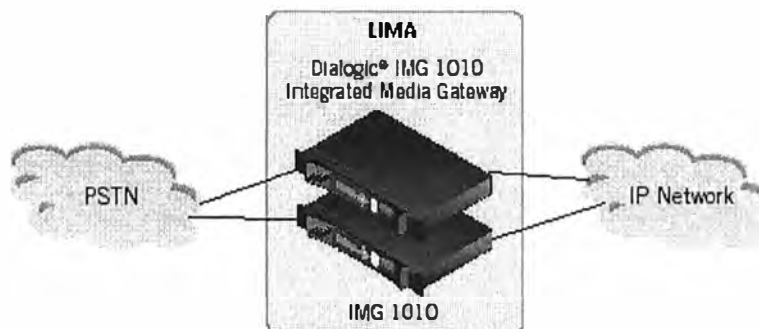


Fig. 4.7 Solución VoIP SS7/H323/SIP de Dialogic (Cantata)

La oferta económica de Dialogic para una capacidad de 72 E1s asciende a los \$171,000.00. Este valor ha sido obtenido luego de adicionar aprox. un 10% de costos de instalación a la oferta original \$155,000.00. Al igual que en el caso de Cisco Systems, no se considera equipamiento de red y servidores de Billing.

Finalmente, tenemos la oferta del vendedor británico Squire basado en su modelo de gateway SVI_MG_8000 (ver figura 4.8), capaz de interconectarse con la PSTN en SS7 y R2 CAS, ISDN, SIGTRAN, etc. Este equipo es escalable desde 32 a 64 E1s y ofrece redundancia total en un solo chasis (active/standby y N+1). Tiene funcionalidades de routing (ANI, DNIS, Trunk group, cost, etc.), Manipulación de dígitos, etc y soporta diversos estándares para gestión y administración; Radius, SQL, etc. La solución también incluye un servidor de billing ó tarificación y permite generar reportes de ASR, ACD, PDD, etc.

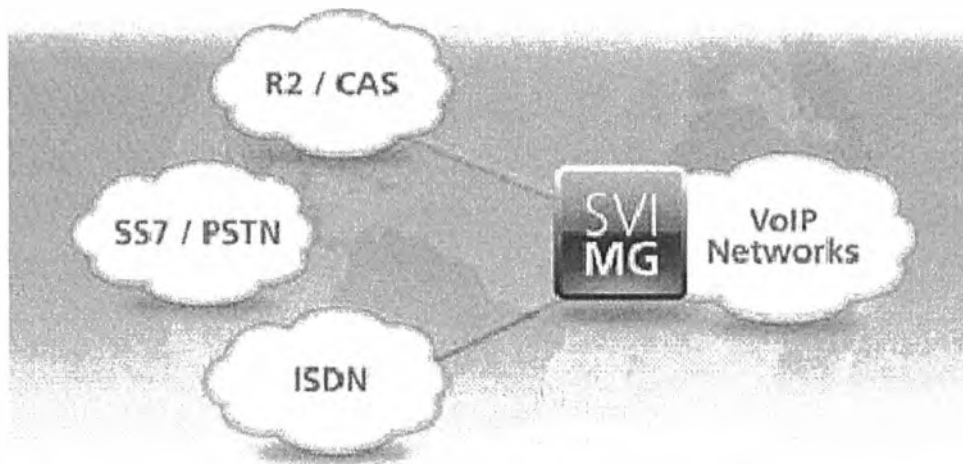


Fig. 4.8 Solución VoIP SS7/H323/SIP de Squire

La oferta de Squire para una solución con 64E1s en el SVI_MG_8000 con capacidad para 64E1s es de aproximadamente \$207,000.00, esto luego de incluir costos de instalación y mantenimiento a la oferta inicial de aprox. \$170,000.00.

Como se mencionó en párrafos anteriores, a las propuestas económicas de los tres fabricantes en estudio se debe incluir los costos de implementar la red de datos para la solución VoIP. A continuación se brinda un breve detalle de los costos a considerar.

TABLA N° 4.1 Costos de equipamiento

ítem	Descripción	Costo
1	Equipamiento de red	
	Servidor ACC, Billing	15000

Router	20000
Switch x 2	20000
2 Instalación Física y rackeado	10000
3 Interconexión SS7 y otros	5000
Sub-Total 1	70,000

Como se observa en la tabla 4.1, se requieren \$70,000 adicionales para la compra de equipos de red, infraestructura, instalación e interconexión con una OTF. Todo esto puede estar a cargo del mismo proveedor local a cargo del despliegue de la red VoIP. Adicionalmente, se debe considerar la posibilidad de solicitar un préstamo tipo leasing u otra modalidad en la que por lo general se requiere el pago de una cuota inicial.

Para realizar el análisis técnico de una solución VoIP, con capacidades de interconectar la PSTN en SS7 con una red VoIP en SIP y/o H323 hemos asignado valores para cada tipo de funcionalidad y características que ofrecen los tres fabricantes. Se considera; la descripción del sistema, tanto en hardware como software, los modos de operación y mantenimiento, confiabilidad, redundancia, capacidades de call routing, manejo de códec, seguridad, interpretación de protocolos, etc. En base al valor alcanzado por cada fabricante, hallamos el valor técnico de cada solución en relación con el valor total asignado a cada ítem. De este cálculo, se obtiene un puntaje parcial que va de 0 a 100.

Para el caso del análisis económico se considera que el valor máximo es en sentido inverso al costo de la solución. Para ello asignamos valores mínimos y máximos para el costo final de cada solución (incluyendo gastos de red) y luego hallamos el puntaje de cada fabricante en relación a estos valores, el cual puede estar entre 50 y 100.

Luego, en base a información brindada por diferentes operadores tipo carrier-class, experiencia personal del autor y recomendaciones de diversos vendedores, asignaremos un puntaje al valor que tiene la marca en el mercado tecnológico, es decir, el reconocimiento de proveedores VoIP y la interoperabilidad probada con diferentes fabricantes. Es posible verificar algunos de estos datos en la misma web de cada fabricante, en donde por lo general se exponen casos de estudio y despliegues con otros vendedores. Se asigna un puntaje de 0 a 100.

Finalmente, para hallar el puntaje final de cada solución, vamos a considerar que los puntajes parciales del aspecto técnico y económico tienen un peso ponderado de cuatro, en contraste con el reconocimiento del operador que tiene un peso de 2. Es posible encontrar otros valores asignados a los pesos en otros trabajos. Sin embargo, es importante precisar que esto debe estar acorde con el sentido y objetivo del proyecto a implementar, en nuestro caso, tiene tanto o igual importancia el aspecto económico como

el técnico por ser tráfico de voz Internacional, en donde el costo de la solución final va a influir notablemente en concluir si el proyecto es o no rentable, tal y como veremos más adelante. El reconocimiento e interoperabilidad puede tener un valor menor dado que, de momento, solo tenemos planeado interconectarnos con la PSTN local en SS7 y a nivel VoIP manejar SIP/H323.

Los detalles y notas finales obtenidos por cada vendedor luego de realizar el análisis técnico-económico e interoperabilidad de cada solución se adjuntan en el Anexo I del presente documento.

Nuestro análisis concluye un empate técnico entre los fabricantes Dialogic y Squire. La solución de Cisco tiene una nota inferior, pero si consideramos un margen de error de +- 5 se puede afirmar que tiene un valor similar a la solución de Dialogic.

Finalmente, basándonos objetivamente en el costo de la solución, las funcionalidades y reconocimiento del fabricante, nuestro análisis concluye que la mejor oferta es la del vendedor Squire. El costo de la solución VoIP elegida se muestra en la tabla 4.2:

TABLA N° 4.2 Costo de la solución VoIP

item	Descripción	Costo
1	Solución Squire VoIP (64E1s)	169371
2	Costo de mantenimiento 12%	20325
3	Instalación y configuración 10%	16937
Sub-Total 2		\$206633

Luego, sumando a este valor del costo de equipamiento y la solución VoIP tenemos que el costo total final de implementar una red VoIP es de aproximadamente \$ 280,000.000, para una capacidad de 64E1s.

A continuación definiremos algunos conceptos que serán de utilidad para analizar la rentabilidad de esta implementación.

4.5.1 Valor futuro (VF)

Muestra el valor que una inversión actual va a tener en el futuro.

Su expresión general es:

$$VF = VA (1+i)^n \quad (4.6)$$

Donde:

VA: Valor actual de la inversión

n: número de años de la inversión (1,2,...,n)

i: tasa de interés anual expresada en tanto por uno

El VF será mayor cuando mayor sean i y n [18].

Ejemplo:

I	0.15
VA	100000
n	2
VF	132250

4.5.2 Flujo de caja libre (FCL)

Se define como el saldo disponible para pagar a los accionistas y para cubrir el servicio de la deuda (intereses de la deuda + principal de la deuda) de la empresa, después de descontar las inversiones realizadas en activos fijos y en necesidades operativas de fondos (NOF) [18].

Ventas

- Coste de las ventas
 - Gastos generales
-

= Margen operativo bruto (BAAIT)

- Amortización (*)
-

= Beneficio antes de impuestos e intereses (BAIT)

- Impuestos
-

= Beneficio neto (BDT) (antes de intereses)

- + Amortización (*)
 - Inversión en Activos fijos
 - Inversión en NOF (**)
-

= FCL

(*): La amortización se resta inicialmente debido a la depreciación que sufre con el tiempo la inversión en inmovilizado (equipos, maquinaria...), por lo tanto debe recogerse anualmente como un coste a descontar de los beneficios antes de calcular los impuestos que se deben pagar. Pero para calcular el flujo de caja se vuelve a sumar de nuevo, ya que ese gasto no sale en realidad de caja.

(**): Necesidades operativas de fondos (NOF) = Caja + Clientes + Existencias – Proveedores.

Si actualizamos los FCL, descontándolos al coste de capital, obtenemos el valor de la empresa.

4.5.3 Coste de capital

El coste de capital, o coste promedio ponderado de capital (**cppc** o **wacc** en inglés), se define como la suma del coste ponderado de los recursos ajenos y de los recursos propios.

$$\text{cppc} = [\text{Cte RA} * (1-t) * (\text{RA} / (\text{RA}+\text{RP}))] + [\text{Cte RP} * (\text{RP} / (\text{RA}+\text{RP}))] \quad (4.7)$$

Donde:

RA: recursos ajenos.

RP: recursos propios.

RA / (RA+RP): proporción de recursos ajenos sobre recursos totales.

RP / (RA+RP): proporción de recursos propios sobre recursos totales.

Cte. RA * (1-t): coste de los recursos ajenos después de impuestos.

t: tasa impositiva.

Cte. RP: coste de los recursos propios [18].

4.5.4 Método para analizar la rentabilidad de la inversión

a) Valor actual neto (VAN)

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés ("la tasa de descuento"), y compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza normalmente el coste promedio ponderado del capital (cppc) de la empresa que hace la inversión (ver punto anterior).

$$\text{VAN} = -A + [\text{FC1} / (1+r)^1] + [\text{FC2} / (1+r)^2] + \dots + [\text{FCn} / (1+r)^n] \quad (4.8)$$

Donde:

A: desembolso inicial

FC: flujos de caja

n: número de años (1,2,..., n)

r: tipo de interés ("la tasa de descuento")

$1/(1+r)^n$: factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años

FCd.: flujos de caja descontados.

Si $\text{VAN} > 0$: El proyecto es rentable.

Si $\text{VAN} < 0$: El proyecto no es rentable.

A la hora de elegir entre dos proyectos, elegiremos aquel que tenga el mayor VAN.

Este método se considera el más apropiado a la hora de analizar la rentabilidad de un proyecto [18].

4.6 Cálculos y consideraciones finales

Para nuestros cálculos, vamos a considerar que contamos con un capital inicial de \$56,000 dólares, que vendría ser la cuota inicial de financiar un préstamo de \$280,000 a

través de un banco local en la modalidad de leasing. Este monto global será destinado íntegramente a la adquisición de equipamiento. Es decir, los gastos adicionales como son el alquiler de oficinas, pagos de empleados en el 1er mes, etc. Deben ser considerados como una inversión adicional por parte de los socios.

Otra consideración a tener en cuenta son los minutos-mes que se van a cursar, el área comercial a estimado un volumen de tráfico inicial de 5'000,000 millones de minutos-mes. Se espera que este volumen se duplique en el 2do y 3er año, es decir 10'000,000 millones de minutos-mes y se espera que llegue a los 15'000,000 millones de minutos en el 4to y 5to año.

El ancho de banda requerido para soportar este tráfico será de aproximadamente 8Mb en el 1er año, 15Mb en el 2do y 3er año y 25Mb para el 4to y 5año.

Lo primero que debemos hacer para aplicar el método del VAN es hallar el coste del capital. Según la información dada y aplicando la fórmula de la sección 4.5.3 encontramos que este valor es de 9.9%, tal y como se muestra en la tabla 4.3. En donde el valor de los recursos propios (\$56,000) y los recursos ajenos (\$224,000) han sido llevados a valores expresados en porcentajes para poder hacer el cálculo del cppc.

TABLA N° 4.3 Costo del capital

Cte RA	12%
T	30%
Cte RP	16%
RA/(RA+RP)	80%
RP/(RA+RP)	20%
cppc	9.9%

El siguiente paso es hacer un cálculo estimado de los flujos de caja libre anuales y completar la Tabla 4.4, que se muestra a modo de ejemplo ó guía.

TABLA N° 4.4 Ejemplo de Cálculo del VAN

n	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
A	- Inversión			
FC	0	2000	4000	6000
r	10%	10%	10%	10%
$(1+r)^n$	1	1.1	1.21	1.33
$1/(1+r)^n$	1	0.91	0.83	0.75
FCd	-9000	1818	3306	4508
VAN	632			

En este estudio vamos a analizar la rentabilidad en dos escenarios diferentes, el primero con un préstamo bancario a 5 años y el segundo a 4 años. Esto va a implicar hacer el cálculo de los flujos de caja libre y VAN para ambos escenarios.

Por otro lado, dado que muchos operadores requieren de un pago como garantía para empezar a cursar o permitir el envío de tráfico, el FCL del primer mes incluye un gasto de inversión en NOF de \$20,000 para ambos casos. Para mayor referencia de los cálculos realizados se puede consultar el Anexo B del presente documento.

A continuación se muestra en la figura 4.9 el pago a realizar mensualmente si gestionamos un préstamo a cinco años en una entidad bancaria local.

Fecha	20/08/2008
Plazo (en Meses)	60
Moneda	Dólares
Tipo del Bien	Vehículo
Valor del Bien (con IGV)	US\$ 280,000.00
Valor del Bien (sin IGV)	US\$ 235,294.12
Cuota Inicial (%)	20.000% + IGV
Cuota Inicial	US\$ 56,000.00
Comisión de Estructuración (%)	1.000%
Tasa de Interés Efectiva Anual (en base a 360 días)	12.000%
Total a financiar	US\$ 235,294.12
Opción de Compra	Si
Opción de Compra (%)	1.000%
<hr/>	
Cuota mensual (sin IGV)	US\$ 3,932.94
Cuota mensual (con IGV)	US\$ 4,680.20

Fig. 4.9 Cuotas en préstamo a cinco años

Luego, aplicando el método VAN obtenemos que el proyecto tiene un valor >0 a partir del 3er año, tal y como se muestra en la Tabla 4.5. El detalle de este y otros cálculos se pueden verificar en el Anexo B del presente documento.

TABLA N° 4.5 VAN con préstamo a cinco años

N	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	56788	151608	151608	238548	238548
r	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$(1+r)^n$	1	1.1	1.21	1.33	1.46	1.61
$1/(1+r)^n$	1	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62
FCd	-280000	51625	125296	113905	162931	148120
VAN		-228375	-103079	10827	173758	321878

Habiendo calculado el FCL y el VAN para un préstamo a cinco años, tenemos como segundo escenario hacer los cálculos para el caso de un préstamo a cuatro años a través de la misma entidad bancaria.

En la figura 4.10 se muestra el pago a realizar si se obtiene un préstamo a 48 meses (4 años).

Fecha	20/08/2008
Plazo (en Meses)	48
Moneda	Dólares
Tipo del Bien	Vehículo
Valor del Bien (con IGV)	US\$ 280,000.00
Valor del Bien (sin IGV)	US\$ 235,294.12
Cuota Inicial (%)	20.000% + IGV
Cuota Inicial	US\$ 56,000.00
Comisión de Estructuración (%)	1.000%
Tasa de Interés Efectiva Anual (en base a 360 días)	12.000%
Total a financiar	US\$ 235,294.12
Opción de Compra	Si
Opción de Compra (%)	1.000%
<hr/>	
Cuota mensual (sin IGV)	US\$ 4,667.68
Cuota mensual (con IGV)	US\$ 5,554.54

Fig. 4.10 Cuotas en préstamo a cuatro años

En base a estos datos y aplicando nuevamente el método del VAN tenemos que, al igual que en el caso anterior, éste tiene un valor >0 a partir del 3er año. Como referencia se muestra la tabla 4.6. Este detalle se puede verificar en el Anexo B del presente documento.

TABLA N° 4.6 VAN con préstamo a cuatro años

N	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	59898.4	154718	154718	241658.4	221700
r	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$(1+r)^n$	1	1.1	1.21	1.33	1.46	1.61
$1/(1+r)^n$	1	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62
FCd	-280000	54453	127866	116242	165056	137658
VAN		-225547	-97680	18562	183618	321276

CONCLUSIONES

1. En la actualidad, los mayores despliegues de red y aumento de capacidad de voz se vienen dando, en la gran mayoría de operadores de voz carrier-class, a través de la tecnología VoIP.
2. Los protocolos comúnmente usados para interconectarse entre operadores son H323 y SIP. Los nuevos despliegues deben ser capaces de soportar ambos protocolos para las conexiones entre operadores.
3. Los principales factores que afectan la calidad de la voz en una llamada son la latencia, el jitter y errores ó pérdida de paquetes. También influyen los algoritmos de compresión y el tiempo que se requiere para procesar una llamada.
4. Las mediciones de la calidad de servicio en una red VoIP del tipo IP-PSTN-IP pueden ser analizados desde el mismo enfoque de la red tradicional PSTN. Es decir se pueden clasificar dos categorías: calidad de la conexión y claridad de la llamada.
5. Entre los principales parámetros que son comparados para medir la calidad de una ruta tenemos el ASR, el ACD y el PDD. En la actualidad, la mayoría de soluciones VoIP ofrecen reportes con estos parámetros en intervalos de tiempo configurables por hora, día, mes y año.
6. La calidad de una red VoIP involucra aspectos tanto del lado de la red IP, el equipo de Interworking (gateway) y de control de llamada (Gatekeeper, SBC o Softswitch). A fin de simplificar el análisis de la calidad de la voz en cada uno de estos componentes es preferible realizar la gestión desde la perspectiva de la calidad de la conexión y claridad de la llamada.
7. El dimensionamiento adecuado del número de troncales y el BW requerido por una solución VoIP es muy importante al momento de diseñar el despliegue de una red de este tipo, dado que estos valores influyen directamente en la calidad de servicio ofrecida al cliente, en el caso de presentarse congestiones de red ó bajo ancho de banda que soporte el tráfico cursado.
8. Se recomienda verificar la calidad de cada uno códec configurado y negociado con un Operador VoIP previo a colocar en servicio una nueva interconexión.

9. En el capítulo IV hemos considerado que la mejor opción para implementar la solución VoIP en estudio es la ofrecida por el vendedor Squire. Si bien es cierto la solución de Cisco ofrece muy buena confiabilidad, robustez y reconocimiento en el mercado tecnológico, el costo elevado de esta solución la hace inviable si se desea obtener una rentabilidad positiva dentro de los tres primeros años.
10. Se recomienda solicitar al proveedor o fabricante de la solución una maqueta o prueba piloto ó en todo caso adicionar un clausula en el contrato de compra a fin de garantizar la total operatividad de la solución.

ANEXOS

ANEXO A:
EVALUACION TECNICO, ECONOMICA E INTEROPERABILIDAD

CISCO DIALOGIC SQUIRE

1. Evaluación Técnica

Puntaje	Vendor 1	Vendor 2	Vendor 3
---------	----------	----------	----------

1.1. Descripción del sistema y escalabilidad		250	150	150	200
1.1.1.	Descripción del Hardware				
·	Interfaces				
·	Procesadores (Tipo y numero)				
·	Memoria				
·	Memoria externa (discos duros, etc.)				
1.1.2.	Descripción del Software				
1.1.3.	Escalabilidad del sistema				
1.1.4.	BHCA que se ofrecen en cada modo de operación				
1.1.5.	Descripción de las herramientas de gestión				
·	Alarmas y eventos				
·	Operación y mantenimiento (SNMP, MIBS, etc)				
·	Estadísticas				
o	ASR				
o	ALOC				
o	NER				
o	PDD				
o	Packet Loss (vía RTCP)				
o	Delay				
o	Jitter				
o	Calidad de audio (MOS)				
·	Provisión				

1.2. Confiabilidad		250	160	160	200
1.2.1.	Esquemas posibles de redundancia				
·	Hot/Standby				
·	Redundancia geográfica				
·	Redundancia N+1				
1.2.2.	Mantenimiento de llamadas en caso de fallo				
1.2.3.	Mantenimiento de CDRs en caso de fallo				

1.3. Control de acceso a la red (para tráfico entrante y saliente)		250	90	120	90
--	--	-----	----	-----	----

1.3.1.	Control por dirección IP origen y/o destino				
1.3.2.	Control por ancho de banda consumido por llamada				
1.3.3.	Control por ancho de banda consumido por Trunk Group				
1.3.4.	Control por número de llamadas por segundo (cps)				
1.3.5.	Control por número de llamadas simultaneas				
1.3.6.	Control por numeración E.164 (listas blancas y negras)				
1.3.7.	Capacidad de autenticación de usuarios (AAA)				
1.3.8.	Prevención contra ataques DoS y DDoS				
1.4.	Seguridad	50	0	20	0
1.4.1.	IPSec				
1.4.2.	TLS (Transport Layer Security)				
1.4.3.	SSL (Secure Sockets Layer)				
1.5.	Interpretación de protocolos	100	75	65	75
1.5.1.	H.323v2, v4/RAS				
1.5.2.	SIP/SIP-I/SIP-T				
	1.5.2.1. Indicar que cabeceras y mensajes SIP se soportan y utilizan				
	1.5.2.2. Indicar que RFCs se soportan				
	1.5.2.3. Posibilidad de configurar timers en SIP				
1.5.3.	H.248/MEGACO				
1.6.	Capacidad para mostrarse como diferentes elementos de red	100	40	60	80
1.6.1.	Media Gateway Controller				
1.6.2.	Gatekeeper				
1.6.3.	SIP Server				
1.6.4.	SIP Registrar				
1.6.5.	SIP Proxy				
1.7.	Conversión de protocolos	100	0	0	0
1.7.1.	Interworking SIP/H.323				
1.7.2.	Definir la capacidad del equipo en esta modalidad				
1.8.	Capacidad de manejo de llamadas	100	60	50	80
1.8.1.	Modalidad routed/stateful				
1.8.2.	Modalidad non routed/stateless				

1.8.3.	Soporte de H.323 fast y slow start				
1.8.4.	Soporte de H-245 tunneling				
1.8.5.	Soporte de forking en SIP				
1.9.	Capacidad de soportar parámetros de QoS y servidores de aplicación	100	60	80	40
1.9.1.	Adaptive jitter buffer				
1.9.2.	Packet loss compensation				
1.9.3.	RSVP				
1.9.4.	802.1P				
1.9.5.	ENUM				
1.9.6.	RADIUS / DIAMETER				
1.9.7.	LDAP				
1.9.8.	Billing				
1.9.9.	Servidor SQL				
1.9.10.	Plataformas de prepago soportadas				
1.10.	Capacidad de modificación de parámetros de la llamada	250	50	150	200
1.10.1.	Manipulación de número A				
1.10.2.	Manipulación de número B				
1.10.3.	Manipulación de SIP URI				
1.10.4.	Manipulación de la categoría de la llamada (Nacional/Internacional)				
1.10.5.	Modificación de direcciones IP en la cabecera SIP/SDP				
1.11.	Cumplimiento de estándares	100	70	80	70
1.11.1.	ETSIv3: documentos de ISUP (EN 300356-1 al 300356-19)				
1.11.2.	ITU (libro blanco)				
1.11.3.	MTP (Q.701 a Q.709)				
1.11.4.	SCCP (Q.711 a Q.719)				
1.11.5.	ISUP (Q.760 a Q.769)				
1.11.6.	ISDN supplementary services (Q.730 a Q.739)				
1.11.7.	Test specification (Q.780 a Q.799)				
1.11.8.	SIP (RFC 3261)				
1.11.9.	SIGTRAN				
1.11.10.	SIP-I (ITU Q.1912 Annex C)				
1.11.11.	SIP-T (RFC 3372)				
1.11.12.	SIP privacy mechanism (RFC 3323 y RFC 3325)				

1.11.12.	IPv4 e IPv6				
1.11.13.	DiffServ				
1.12.	Capacidades de enrutamiento	250	50	100	100
1.12.1.	Least Cost Routing (LCR)				
1.12.2.	Enrutamientos basados en origen y destino (números A y B, URIs, etc.)				
1.12.3.	Enrutamientos basados en hora/día/mes.				
1.12.4.	Enrutamientos basados en estadísticas de rutas				
1.12.5.	Asignación de cuotas (% de llamadas, volumen comprometido, etc.)				
1.13.	Codecs soportados	100	60	70	90
1.13.1.	G-711 A-law				
1.13.2.	G-711 μ -law				
1.13.3.	G-726 ITU				
1.13.4.	G-726 AAL2				
1.13.5.	G.723.1				
1.13.6.	G-728				
1.13.7.	G-729 (Regular, Annex A y/o G.729.1)				
1.13.8.	GSM Full Rate				
1.13.9.	GSM Half Rate				
1.13.10.	Otros codecs de audio				
1.14.	Proxy y transcoding de audio	250	150	170	120
1.14.1.	Modalidad de proxy RTP				
1.14.2.	Modalidad de no proxy RTP				
1.14.3.	Transcoding de codecs de audio (entre todos los soportados)				
1.14.4.	Manejo de Fax T.38 (con la alternativa de G.711)				
1.14.5.	Manejo de llamadas RDSI				
1.14.6.	Manejo de DTMF				
	1.14.6.1. in band y out band				
	1.14.6.2. transcodificación e interworking				
1.14.7.	Supresión de silencios				
1.14.8.	RTCP y RTCP-XR				
1.14.9.	CRTP				
1.14.10.	Definir la capacidad del equipo en cada una de las modalidades				

	SUB-TOTAL	2250	1015	1275	1345
	Valor al 100%		45	57	60

2. Evaluación Económica

2.1. Valor inverso del costo de la solución	300,000	280,000	171,000	207,000	
2.2. Instalación y configuración de equipos de red	70,000	70,000	70,000	70,000	
	SUB-TOTAL	370,000	350,000	241,000	277,000
	Valor al 100%		63	91	79
		370	1	59	
		350	1.06	63	
		241	1.54	91	
		277	1.34	79	
		220	1.68	100	

3. Interoperabilidad y reconocimiento del proveedor

3.1. Compatibilidad e Interoperabilidad	100	80	20	50	
3.1.1. Con proveedores del mercado mayorista					
3.1.1.1. Softswitches					
3.1.1.2. IMS					
	SUB-TOTAL	100	80	20	50

4. Valoración final ponderada del proveedor

	TOTAL	100	59	63	66
--	--------------	-----	----	----	----

Nota:

La nota final es un ponderado de los items 1,2 y 3

Los pesos para la evaluación técnica y económica son de 4

El peso para la interoperabilidad y reconocimiento del proveedor es de 2

ANEXO B:
CALCULOS DE RENTABILIDAD

1. CALCULOS**Gatos Generales**

	\$/.			
1 Ingeniero de Ventas	3500			
1 Ingeniero de Red	2200			
1 Practicante	700			
1 Secretaria	1200			
Subtotal haberes	7600			
Servicios basicos	500			
Alquileres	1000			
Total	9100			
Total dolares	2935.48			
Aprox.	3000	4000	5000	
Internet	3500	5800	8800	
	6500	9800	13800	

\$280000 Prestamo Bco

\$56000 Cuota Inicial

Intereses

12.00% Tasa de Interés efectivo anual

13.19% Costo Efectivo Anual BCP

Cuotas

a 5 años a 4 años a 3 años
 4680 5544 7024

Relacion trafico E/S USA y EUROPA

E 350000
 S 80000 0.19 Aprox 1 a 5
 430000

AÑO 1 AÑO 2 AÑO 4
 8MB 15MB 25MB

2. FLUJOS DE CAJA**AÑO 1****FLUJO DE CAJA LIBRE MES 1**

Vtas	72750			
-Coste Venta	58400			
-Gto gene	6500			
Utilidad Operativa	7850			
- Amortización	4680			
Utilidad sin impuesto	3170			
-Impuesto a la renta	951	impuesto a la renta 30%		
Utilidad neta antes de	2219			
+ Amortización	4680			
-Inve A.Fij	500			
-Inv en NOF	20000	Caja + Clientes + Existencias – Proveedores *		
FCL	-13601	* Cuota inicial mas gastos adicionales \$14k		

1er año

Destino	Minutos 16 - 17 E1s		Precio/minuto		Ingreso bruto		Costo		
	E	S	PE	PS	IE	IS	CE	CS	
USA	2500000	2000000	500000	0.015	0.0135	30000	6750	24200	5000
Europa	2500000	2000000	500000	0.015	0.012	30000	6000	24200	5000
Alemania	200000	160000	40000	0.015	0.012	2400	480	1936	400
otros	2300000	1840000	460000	0.015	0.012	27600	5520	22264	4600
						60000	12750	48400	10000
				Costo de intx en Peru	0.0121	IT	72750	CT	58400
				g1	0.0029				14350
				Costo de termina en pais D	0.01				
				g1	0.0035				
				g2	0.002				

AÑO 2 Y 3**FLUJO DE CAJA LIBRE MES 1**

Vtas	145500
-Coste Venta	116800
-Gto gene	9800
Utilidad Operativa	18900
- Amortización	4680
Utilidad sin impuesto	14220
-Impuesto a la renta	4266 impuesto a la renta 30%
Utilidad neta antes de	9954
+ Amortización	4680
-Inve A.Fij	2000
-Inv en NOF	0 Caja + Clientes + Existencias – Proveedores
FCL	12634

AÑO 4 Y 5**FLUJO DE CAJA LIBRE MES 1**

Vtas	218250
-Coste Venta	175200
-Gto gene	13800
Utilidad Operativa	29250
- Amortización	4680
Utilidad sin impuesto	24570
-Impuesto a la renta	7371 impuesto a la renta 30%
Utilidad neta antes de	17199
+ Amortización	4680
-Inve A.Fij	2000
-Inv en NOF	0 Caja + Clientes + Existencias – Proveedores
FCL	19879

2do y 3er año

Destino	Minutos 32 - 34 E1s		Precio/minuto		Ingreso bruto		Costo		
	10000000 E	S	PE	PS	IE	IS	CE	CS	
USA	5000000	4000000	1000000	0.015	0.0135	60000	13500	48400	10000
Europa	5000000	4000000	1000000	0.015	0.012	60000	12000	48400	10000
Alemania	200000	160000	40000	0.015	0.012	2400	480	1936	400
otros	2300000	1840000	460000	0.015	0.012	27600	5520	22264	4600
						120000	25500	96800	20000
				Costo de intx en Peru	0.0121	IT	145500 CT		116800
				g1	0.0029				28700
				Costo de termina en pais D	0.01				
				g1	0.0035				
				g2	0.002				

4to año en adelante

Destino	Minutos 50 E1s		Precio/minuto		Ingreso bruto		Costo		
	15000000 E	S	PE	PS	IE	IS	CE	CS	
USA	7500000	6000000	1500000	0.015	0.0135	90000	20250	72600	15000
Europa	7500000	6000000	1500000	0.015	0.012	90000	18000	72600	15000
Alemania	200000	160000	40000	0.015	0.012	2400	480	1936	400
otros	2300000	1840000	460000	0.015	0.012	27600	5520	22264	4600
						180000	38250	145200	30000
				Costo de intx en Peru	0.0121	IT	218250 CT		175200
				g1	0.0029				43050
				Costo de termina en pais D	0.01				
				g1	0.0035				
				g2	0.002				

3. VAN

Calculo de VAN con préstamo a 5 AÑOS

n	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	56788	151608	151608	238548	238548
r	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$(1+r)^n$	1	1.1	1.21	1.33	1.46	1.61
$1/(1+r)^n$	1	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62
FCd	-280000	51625	125296	113905	162931	148120
VAN		-228375	-103079	10827	173758	321878

Utilidad	579,300
Activos	280,000
Total Valor Empresa	859,300

VAN Pagando deuda en 4 AÑOS

n	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	59898.4	154718.4	154718	241658.4	221700
r	10%	10%	10%	10%	10%	10%
$(1+r)^n$	1	1.1	1.21	1.33	1.46	1.61
$1/(1+r)^n$	1	0.91	0.83	0.75	0.68	0.62
FCd	-280000	54453	127866	116242	165056	137658
VAN		-225547	-97680	18562	183618	321276

Utilidad a 4 años	367,882	221700
Utilidad a 5 Años	589,582	
Activos	280,000	
Total Valor Emp 5años	869,582	
Total Valor a 4 años	647,882	

TIR

n	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	56788	151608	151608	238548	238548
r	40%	40%	40%	40%	40%	40%
$(1+r)^n$	1	1.3994	1.9582	2.74	3.83	5.37
$1/(1+r)^n$	1	0.71	0.51	0.36	0.26	0.19
FCd	-280000	40582	77423	55328	62211	44457
VAN		-239418	-161995	-106668	-44456	1

Con 31.023 para TIR a 4 años

Con 39.935 para TIR a 5 años

n	0	1	2	3	4	5
A	-280000					
FC	0	59898	154718	154718	241658.4	221700
r	32%	32%	32%	32%	32%	32%
$(1+r)^n$	1	1.3219	1.7473	2.31	3.05	4.04
$1/(1+r)^n$	1	0.76	0.57	0.43	0.33	0.25
FCd	-280000	45314	88546	66986	79152	54934
VAN		-234686	-146140	-79154	-2	54932

Con 32.186 para TIR a 4 años

Con 40.38 para TIR a 5 años

B.1 FCL PARA PRESTAMO A CUATRO AÑOS**AÑO 1**

FLUJO DE CAJA LIBRE	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12		
Vtas	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	72750	
-Coste Venta	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	58400	
-Gto gene	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	
Utilidad Operativa	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	7850	
- Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	
Utilidad antes de impuestos	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	
-Impuest	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	691.8	
Utilidad neta antes de	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	1614.2	19370.4
+ Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	
-Inve A.Fij	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	3000
-Inv en NOF	20000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FCL	-13341.8	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	6658	

FCL AÑO1 59898.4
Utilidad **16370.4**

AÑO2

FLUJO DE CAJA LIBRE	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12		
Vtas	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	145500	
-Coste Venta	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	116800	
-Gto gene	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	9800	
Utilidad Operativa	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	18900	
- Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	
Utilidad antes de impuestos	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	13356	
-Impuest	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	4006.8	
Utilidad neta antes de	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	9349.2	112190.4
+ Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	
-Inve A.Fij	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	24000
-Inv en NOF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FCL	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	12893	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	12893.2	

FCL AÑO2 154718.4
FCL AÑO3 154718.4
Utilidad **176380.8**

AÑO4

FLUJO DE CAJA LIBRE	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12			
Vtas	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250		
-Coste Venta	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200		
-Gto gene	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800		
Utilidad Operativa	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250		
- Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544		
Utilidad antes de impuestos	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706	23706		
-Impuest	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8	7111.8		
Utilidad neta antes de	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	16594.2	199130.4	
+ Amortización	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544	5544		
-Inve A.Fij	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	24000	
-Inv en NOF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FCL	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2	20138.2		
														FCL AÑO4	241658.4
														Utilidad	175130.4
AÑOS														Utilidad 4 años	367882
FLUJO DE CAJA LIBRE	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12			
Vtas	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250		
-Coste Venta	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200		
-Gto gene	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800		
Utilidad Operativa	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250		
- Amortización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Utilidad antes de impuestos	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250		
-Impuest	8775.0	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775	8775		
Utilidad neta antes de	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	20475	245700	
+ Amortización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
-Inve A.Fij	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	24000	
-Inv en NOF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FCL	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475	18475		
														FCL AÑO5	221700
														Utilidad	221700
														Utilidad Total \$	589581.6

-Inv en NOF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FCL	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634	12634		
													FCL AÑO2	151608	
														FCL AÑO3	151608
														Utilidad	190896

AÑO4

FLUJO DE CAJA LIBRE	MES1	MES2	MES3	MES4	MES5	MES6	MES7	MES8	MES9	MES10	MES11	MES12			
Vtas	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250	218250		
-Coste Venta	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200	175200		
-Gto gene	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800	13800		
Utilidad Operativa	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250	29250		
- Amortización	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680		
Utilidad antes de impuestos	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570	24570		
-Impuest	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371	7371		
Utilidad neta antes de	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	17199	206388	
+ Amortización	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680		
-Inve A.Fij	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	24000	
-Inv en NOF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FCL	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879	19879		
														FCL AÑO4	238548
														FCL AÑO5	238548
														Utilidad	364776
														Utilidad 4 años	453072
														Utilidad Total \$	579300

BIBLIOGRAFIA

- [1] Descripción técnica detallada sobre Voz sobre IP (VOIP).
<http://www.recursosvoip.com>
- [2] Tecnología de Voz sobre IP Terminal H.323.
Fernando Fontán. 2001.
- [3] Diseño e implementación de un Punto Neutro para VoIP.
Susana Roderá. 2005.
- [4] Softswitch.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Softswitch>
- [5] Tecnología de redes y comunicación
Folleto Magenta SBC.
- [6] Redes de próxima generación. Resumen de Normas.
Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.
Comité Consultivo Permanente. 2006.
- [7] H323. White Papers.
<http://www.iec.org/online/tutorials/h323/topic04.asp>
- [8] Keys to Succeeding in the VoIP Service Provider Market.
An Internap White Paper. May 2005.
Nicholas Gallelo & Richard E. Duman.
- [9] Consideraciones prácticas de la calidad de servicio en las redes de voz por IP con arquitectura RTPC-IP-RTPC.
Recomendación E.470. ITU-T. 2005.
- [10] Traffic Analysis for voice over IP.
Cisco Systems. 2007.
- [11] Periodo de referencia del tráfico.
Recomendación E.492. ITU-T. 1996.
- [12] Voice Over IP - Per Call Bandwidth Consumption.
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml
- [13] Achieving High Availability in an IP Telephony System.
Scott St. Clair. An 8x8 White Paper.

- [14] Magnitudes comparativas para la gestión de la calidad de funcionamiento de las redes.
Recomendación E.437. ITU-T. 1999.
- [15] Observaciones automáticas internas.
Recomendación E.425. ITU-T. 2002.
- [16] Valores habituales del PDD (post dial delay).
<http://blog.voipforo.com/2007/11/14/valores-habituales-del-pdd-post-dial-delay/>.
2007.
- [17] VoIP QoS. Versión 1.0.
AdvancedVoIP.com. Marzo 2007.
- [18] Manual de conceptos financieros.
<http://www.mofinet.com/esp/manual.html>