

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA



TRABAJO DE GRADUACION

**"ESTUDIO TECNICO PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA SOLUCION  
DE VOZ SOBRE IP EN UNA RED DE DATOS CORPORATIVA"**

PRESENTADO POR  
SORAYA MARCELA CORLETO CARPIO  
GABRIEL ROBERTO RUIZ DUBON

PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERA/O EN TELECOMUNICACIONES

SOYAPANGO, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

## INDICE

Introducción	i
Objetivos	vii
Objetivo Generales	
Objetivos Específicos	ix
Alcances	x
Limitaciones	
1.0 Conceptos de Voz Sobre IP	2
1.1 Señal Análoga de Voz	2
1.2 Digitalización de la Voz	3
1.3 Telefonía Tradicional Conmutada	4
1.4 Voz Sobre IP	5
1.5 Compresión de Voz	5
1.6 Calificación de Opinión Media (MOS)	8
1.7 Codec G.711	9
1.8 Codec G.729	10
1.9 Codec G.723.1	11
2.0 Protocolos para señalización de llamadas de Voz S	12
2.1 Protocolo H.323	12
2.1.1 Elementos de H.323	14
2.1.1.1 Puerta de Enlace	17
2.1.1.2 Gatekeeper	18
2.1.1.3 Unidad de Multiconferencia	19
2.1.1.4 Control de llamada	20
2.2 Media Gateway Control Protocol (MGCP)	25
2.3 Session Initiation Protocol (SIP)	27

2.3.1 Agentes de Usuarios	27
2.3.2 Servidores de Red	28
2.3.3 Direccionamiento	28
2.3.4 Localización de Servidores	29
2.3.5 Transacciones SIP	29
2.3.6 Ubicación de Usuarios	30
2.3.7 Mensajes SIP	30
2.3.7.1 Encabezados de Mensajes	31
2.3.7.2 Mensajes de Petición	33
2.3.7.3 Mensajes de Respuesta	34
2.3.8 Operación Básica de SIP	36
2.3.9 Ejemplo de Servidor Proxy	36
2.3.10 Ejemplo de Servidor Redirector	38
3.0 Gestión de Llamada con Señalización SIP	41
4.0 Problemas comunes de transmisión de voz por la red IP	62
4.1 Retraso y Latencia	62
4.2 Retraso y Propagación	63
4.3 Retraso de manejo	63
4.4 Retraso de cola	63
4.5 Jitter	64
4.6 Modulación por Código de Pulso (PCM)	66
4.7 Media Perceptiva de la calidad del habla (PSQM)	67
4.8 Eco	67
4.9 Pérdida de Paquetes	69
4.10 Detección de actividad de Voz	70
4.11 Conversión de señales Análogas a Digitales	71

5.0 Calidad de Servicios (QoS)	72
5.1 Herramientas de Red De Calidad de Servicios	72
5.1.1 Funciones de Bordes	74
5.1.2 Limitaciones del Ancho de Banda	74
5.1.3 Compresión de Protocolo de Tiempo Real	75
5.1.4 Queuing	76
5.1.5 Weighted Fair Queuing	77
5.1.6 Custom Queuing	79
5.1.7 Priodidad de Queuing	79
5.1.8 Clasificación de Paquetes	81
5.1.8.1 Precendencia IP	81
5.1.8.2 Policy Routing	83
5.1.8.3 Protocolo de Reserva de Recursos (RSVP)	85
5.1.8.4 Reservación IP RTP	86
5.1.8.5 Prioridad IP RTP	87
5.1.8.6 Traffic Policing	88
5.1.8.7 CAR	89
5.1.8.8 Traffic Shaping	90
5.1.8.9 Diferencias entre GTS y FRTS	92
5.1.8.10 GTS	93
5.1.8.11 FRTS	94
5.1.8.12 Fragmentación	95
5.1.8.13 Bloqueo	96
5.1.8.14 MCML PPP	96
5.1.8.15 IP MTU y MTU	97

6.0 Estudio de Tráfico en una Red Con VoIP Implementada	99
7.0 Estudio para la Implementación de Soluciones de Voz en redes IP	105
7.1 Solución de Voz Sobre IP	106
7.2 Solución de Telefonía IP	115
7.2.1 Telefonía IP Centralizada	116

## **INTRODUCCION**

Las telecomunicaciones han jugado un papel importante en el desarrollo económico de diferentes sectores de la industria global, evolucionando en una amplia gama de productos y servicios que permitan desenvolver los negocios y transacciones a través del mundo de manera más ágil. Una variante muy importante para estos sectores son los costos de la comunicación de voz y datos que es necesario para progresar en su ámbito, dependiendo de la tecnología y las velocidades de accesos que requieren para sus transacciones por lo que las empresas son atraídas por la reducción de costos.

La transferencia de datos a distancia en tiempo real es una herramienta utilizada por todas las empresas que tienen presencia en diversas ubicaciones geográficas. Debido al surgimiento de nuevas tecnologías y la competencia para la prestación de este servicio los costos de contratación de enlaces de datos se han reducido en los últimos años. Comúnmente, la transferencia de datos se realiza a través de redes de IP ya que brinda diferentes ventajas que permiten el desarrollo de nuevas aplicaciones abiertas a los diferentes desarrolladores de software y hardware. Existen otras tecnologías que pueden transportar datos como Frame Relay, ATM, pero no cuentan con las ventajas que brinda IP para el transporte de datos y la integración de nuevos servicios.

Asimismo, además de la transmisión de datos, una red IP permite el acceso a Internet, bases de datos, así como el transporte de voz y video. Estas ventajas han propiciado que nuevas técnicas sean usadas para transportar diversas señales, implementando servicios que pueden permitir la maximización de recursos de la red

Por muchos años el transporte de la voz se realizó de manera análoga, contando con poca calidad de servicio y altos costos de transporte de voz. El uso de tecnología análoga se utilizó en muchos países, dando impulso a la telefonía fija. Con los adelantos tecnológicos se dio lugar a la digitalización de la voz, convirtiendo la señal análoga de la voz a digital por medio de un codificador análogo digital, para ser transportada hacia el destino, luego convertirla nuevamente a señal análoga por medio de un decodificador Digital Análogo, logrando una conversación con calidad de voz y confiabilidad de transporte a través de grandes distancias.

A pesar que la Red Pública Telefónica Conmutada (PSTN), cuenta con calidad de voz y alta confiabilidad de transporte tiene la desventaja que los costos del transporte de esta señal son proporcionales a la distancia entre los dos abonados que necesitan comunicarse, en cuanto más separados se encuentren estos, el costo de la llamada aumenta. También influyen otros factores regionales y económicos, donde el desarrollo tecnológico de la región o país de los abonados que se desean comunicar es una variante importante. Es por eso que es muy importante para las empresas con presencia en diferentes ubicaciones geográficas cuenten con una tecnología que permita comunicarse con sus sucursales con bajos costos para sus llamadas telefónicas sin necesidad de tener grandes inversiones que modifiquen la estructura de su red de datos y telefónicas de manera significativa.

Una tecnología que permite contar con la calidad de voz muy cercana a la de PSTN y bajos costos de transporte es la Voz Sobre IP. Esta tecnología se basa en las ventajas que ofrecen las redes IP, tales como el transporte de la señal de la voz en pequeños paquetes por la red IP para ser reconstruidas nuevamente en el abonado final, movilidad,

calidad de servicios y seguridad. La calidad de voz que ofrece esta tecnología se asemeja a la brindada en la PSTN ya que VoIP utiliza protocolos capaces de codificar la voz con una alta compresión, que permite maximizar el uso de recursos de red así como la reproducción de la voz en el destino con calidad de servicios. Con el transporte de datos y de voz por el mismo medio de transporte es posible la reducción de costos de llamada entre los diferentes usuarios conectados a la red de datos de la empresa.

Con presente documento se pretende brindar una herramienta que indique los puntos a tomar en cuenta para la implementación de voz sobre IP en redes corporativas para personas con conocimientos básicos en redes IP, orientando la implementación de esta tecnología en la red de datos que posee la empresa corporativa.

Para contar con una herramienta completa de implementación es necesario contar con información de diferentes temas relacionados con la tecnología, tales son la voz, anchos de banda, compresión de la voz, entre otros. Dicha información se encontrará desarrollada en el primer capítulo del presente documento.

También es necesario contar con conocimientos mínimos sobre la señalización para que una llamada se pueda llevar a cabo a través de la red IP, por lo que se detalla el caso de dos protocolos para señalización de VoIP en el capítulo segundo. La especificación de estos protocolos brindará información suficiente para comprender como se gestiona una llamada, es por eso que se brinda un ejemplo detallado de gestión de llamada para uno de los protocolos más utilizados.

De igual manera es necesario tomar en cuenta características de la red de transporte que afectan la transmisión de voz y de datos, con el objetivo de poderlos identificar cuando se presenten en la red implementada y determinar la falla con mayor prontitud, dichos temas se encuentran descritos en el capítulo tercero.

Para resolver algunos de los problemas descritos en el capítulo tercero es posible utilizar técnicas que permitan mejorar el desempeño de la red de datos, estas técnicas son conocidas como Calidad de Servicios. Existen varias técnicas para manejar la calidad de servicios, esto dependiendo del problema encontrado en la red y de los servicios más importantes que se transportan por la red IP, la especificación de dichas técnicas se encuentran detalladas en el capítulo cuarto.

Una vez que se cuenta con los conocimientos básicos del tráfico IP, los posibles problemas y las técnicas para resolverlos es posible analizar el tráfico de una red donde se encuentra implementada una solución de VoIP con el propósito de analizar el comportamiento de tráfico real, verificando el uso de ancho de banda para una o varias líneas telefónicas simultáneamente, es por eso que se desarrollará un estudio en una red con VoIP implementada, utilizando un capturador de tráfico IP gratuito, brindando una idea del tráfico de red. Dicho estudio se encuentra descrito en el capítulo quinto.

También será importante tomar en cuenta el tráfico de voz esperado de acuerdo a la cantidad de líneas que se desean instalar, con el propósito de establecer la ocupación de la red en términos de ancho de banda, con el objetivo de establecer la contratación o ampliación de los enlaces de datos necesarios para el transporte de datos. El capítulo sexto se describe un estudio que permitirá determinar la cantidad de ancho de

banda necesario por enlace para satisfacer la demanda de llamadas simultáneas.

La voz sobre IP es una tecnología que fue diseñada para poder transportar la voz a través de la red IP, se refiere convertir la señal análoga en pequeños paquetes para ser transportadas a su destino, sin análisis de su contenido, solamente el ruteo de dichos paquetes según las características que brinda la red IP, tales pueden ser las direcciones IP origen y destino. Los puntos necesarios para tomar una decisión de compra de equipo para esta solución se encuentran en el capítulo séptimo, contando con parámetros de precios para marcas más conocidas para las finalidades descritas en dicho capítulo.

Sin embargo existe otra tecnología que brinda servicios de telefonía en la red IP, dicha tecnología se denomina telefonía IP (ToIP). Esta se basa en la tecnología de voz sobre IP con características de control, autenticación y autorización de llamadas. Para esto es necesario contar con un elemento en la red que realice estas funciones, dicho elemento puede ser una PBX IP, Softswitch, programas de aplicación, etc. Esta tecnología puede contar con elementos telefónicos directamente conectados a la red IP, tales pueden ser teléfonos IP, programas emuladores de teléfonos, etc., así también es capaz de contar con un plan de numeración, que permita diferenciar los diferentes usuarios que están conectados a la red para realizar llamadas. Así también, esta solución se encuentra descrita de manera informativa en el capítulo séptimo.

Existe una tercera solución para implementar, donde se trabaja con tecnología de VoIP y ToIP, dependiendo de la estructura de la red y de los requerimientos del cliente, es por eso que también se describe esta

opción que puede representar una alternativa más económica que las descritas anteriormente.

El presente documento se encuentra enfocado a la voz sobre IP, sin embargo es necesario revisar temas relacionados con las dos tecnologías tales como señalización, codificación de voz, anchos de banda, entre otros.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un estudio técnico que proporcione los requisitos indispensables para que una empresa corporativa pueda implementar una solución de VoIP utilizando la red de datos existente.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar los requerimientos de Ancho de Banda mínimos necesarios para dar servicio de voz entre las diferentes sucursales de la empresa.
- Analizar los diferentes códigos de compresión de voz para su transporte en una red IP.
- Investigar los mecanismos de QoS necesarios para el buen funcionamiento de una red que transporta datos y voz.
- Analizar el comportamiento real del tráfico de voz y datos tomados de una empresa que tenga implementada una solución de VoIP.
- Elaborar una matriz donde se comparen los diferentes elementos necesarios para la implementación de la tecnología VoIP, a partir del dimensionamiento de usuarios y/o líneas a implementar.

- Determinar la cantidad mínima de usuarios que debe poseer una empresa corporativa para justificar la inversión, dependiendo de los elementos para hacer posible VoIP que desee utilizar.
- Proyectar el punto de equilibrio para la recuperación de la inversión de la puesta en marcha de esta tecnología, tomando en cuenta los costos de las llamadas que se pueden tener con VoIP y con telefonía tradicional (PSTN).
- Investigar los aspectos legales existentes que se encuentran relacionados con el marco regulatorio de la tecnología VoIP en El Salvador.

## **ALCANCES**

- Que el documento sea una referencia técnica para que un administrador de redes pueda implementar una solución de VoIP integrada a la red de datos.
- Desarrollar de una forma clara el proceso de gestión de llamada, los protocolos, estándares y tecnología implicadas para su establecimiento.
- Que el estudio a presentar describa los dispositivos que son necesarios para que sea posible la transmisión de voz a través de una red de datos, formando un cuadro de elementos necesarios dependiendo de la cantidad de usuarios a los que se le llevará el servicio de VoIP y que esto permita tomar una decisión de compra de equipo y requerimientos de enlaces entre los lugares donde se desea implementar la solución.
- Desarrollar y comparar las técnicas de calidad de servicio (QoS) y señalización necesarias para el manejo de tráfico de voz sobre una red de datos.

## **LIMITACIONES**

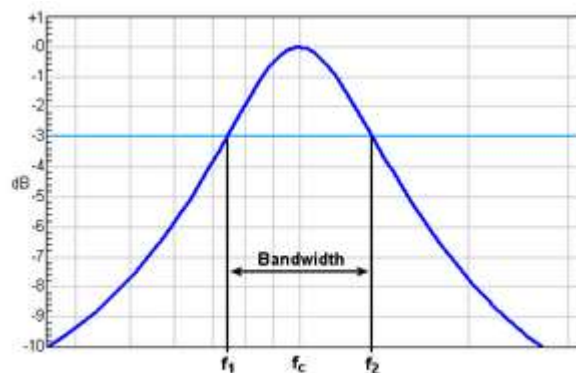
- El estudio a desarrollar solo considera una red de datos basada en el protocolo IP.
- No se realizarán configuraciones, ni se contempla el desarrollo de software sobre equipos activos.
- El estudio a presentar estará orientado a personas que posean conocimientos básicos de redes.
- El estudio estará enfocado a una empresa corporativa que posea al menos 3 sucursales.

## 1.0 CONCEPTOS DE VOZ SOBRE IP

Para comprender la tecnología de VoIP es necesario contar con los conceptos básicos de digitalización de voz, codificadores de voz, ancho de banda, etc. ya que dichos conocimientos podrán ser utilizados en la determinación del origen de problemas en la red o en la implementación de voz sobre IP. Con este propósito a continuación se brinda un resumen de los mismos.

### 1.1 Señal análoga de Voz

En la naturaleza podemos encontrar una amplia gama de sonidos audibles, que son generados por diferentes fuentes, los cuales son continuos en amplitud y en el tiempo. Estos sonidos son clasificados dependiendo de la frecuencia que es generada al emitirse. Las frecuencias audibles están comprendidas entre los 16Hz y los 20Khz, lo cual es denominado ancho de banda audible. La voz humana puede generar frecuencias comprendidas entre los 20Hz y los 10Khz. El ancho de banda se denomina como la diferencia en hertz de la frecuencia mayor con la frecuencia menor, en donde se concentra la mayor potencia de la señal análoga.



**Figura 1. Grafico de Ancho de banda para señales análogas**

Para que una voz humana pueda ser transmitida de manera que se comprenda el mensaje, así como para que se distinga el locutor, es necesario transmitir un rango de frecuencias comprendidas entre los 300Hz y los 4300Hz.

## **1.2 Digitalización de voz**

La digitalización de la voz trata de tomar la señal análoga de ésta, y convertirla en una secuencia de números binarios, la cual es obtenida de un proceso de muestreo y cuantificación de la señal eléctrica.

El muestreo consiste en tomar el valor de la señal eléctrica en intervalos regulares de tiempo, convirtiéndolo en valores discretos en el tiempo. A este tiempo se le denomina tasa de muestreo.

Si la tasa de muestreo tiene el valor adecuado, la señal muestreada contendrá la misma información que la señal original. Si aumentamos cada vez más la tasa de muestreo, la señal muestreada se parecerá mas a la señal continua. Para que la señal muestreada contenga la información necesaria para poder ser recuperada, y se reconozca, es necesario que la tasa de muestreo sea el doble de la frecuencia máxima de la señal continua, esto tomado del criterio de Nyquist.

La cuantificación es la conversión de una señal discreta en el tiempo, en una representación binaria de ese valor. El valor de cada muestra de la señal se representa como un valor elegido de entre un conjunto finito de posibles valores.

Para la telefonía tradicional se determinó, que para una señal análoga de voz, es necesario transmitir valores de frecuencia entre los 300 y los

4300 Hz, para el cual se necesitaría un ancho de banda de 4Khz. Según el teorema de Nyquist, es necesario tener una tasa de muestreo a 8Khz. Para que sea posible recuperar la señal de voz de manera que se entienda el mensaje transmitido, se necesita cuantificar la señal discreta con 8 bits, dando 256 posibles valores para dicha señal, (los valores discretos pueden ser 0 y 1, por lo que obtenemos  $2^8=256$  valores). Si tenemos una tasa de muestreo de 8Khz cuantificada a 8 bits es necesario transmitirlo con 64 Khz de ancho de banda.

A este proceso de muestreo y cuantificación se le denomina codificación de la voz, que para el caso expuesto anteriormente, se le da el nombre de Modulación de Códigos de Pulso (PCM por sus siglas en ingles Pulse Code Modulation), el cual es usado en la PSTN para la transmisión de voz.

### **1.3 Telefonía tradicional conmutada**

La telefonía tradicional conmutada PSTN (por sus siglas en ingles Public Switch Telephone Network), utiliza canales dedicados de 64 Khz para establecer una llamada telefónica, es decir que cuando se conecta una llamada telefónica, un canal es reservado para dicha llamada, y no puede ser utilizado mientras ésta se encuentra en curso. Con esto podemos deducir que para cada llamada que se establezca, es necesario tener un canal disponible, este requerimiento es crítico para conectar llamadas entre centrales telefónicas que constan con alto grado de llamadas telefónicas simultáneas. Por esto la transmisión de la voz a largas distancias representa un alto costo, ya que también pueden necesitar de varios medios de transmisión para llegar a su destino, tales pueden ser cable coaxial, radio-enlaces, fibra óptica, enlaces satelitales, etc.

## 1.4 Voz sobre IP

Se denomina Voz sobre IP al conjunto de aplicaciones que permiten la transmisión de voz en vivo a través de una red IP, utilizando los protocolos TCP/IP. Tal red puede ser la Internet.

Voz sobre IP es un método que toma las señales análogas de voz, que usualmente son transportadas por comunicaciones telefónicas, y las transforma en datos digitales para que puedan ser transportadas por una red IP. Este método es útil, ya que reduce los costos de transporte de llamada a distancia, comparado con la telefonía tradicional PSTN.

Para que esto sea posible, es necesario que la voz sea convertida en cientos de paquetes por minuto, de muy pequeño valor en bits, para que sean más fáciles de transportar por la red IP.

## 1.5 Compresión de voz

Para que la transmisión de la voz sea más eficiente en la red IP, se han creado métodos para que se utilice el mínimo de ancho de banda posible, logrando que el mensaje pueda ser recuperado de manera satisfactoria. Dentro de los Codecs (Codificadores Decodificadores) más conocidos para VoIP, se encuentran los siguientes:

Información de Codecs					Cálculos de Anchos de Banda				
Tasa de bits de Codecs (Kbps)	Tamaño de muestra de Codecs (Bytes)	Intervalo de muestra de Codecs (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Voice Payload Size (Bytes)	Voice Payload Size (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de Banda MP o FRF.12 (Kbps)	Ancho de Banda w/cRTP MP o FRF.12 (Kbps)	Ancho de Banda Ethernet (Kbps)
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)	10 Bytes	10 ms	3.92	20 Bytes	20 ms	50	26.8	11.6	31.2 Kbps

Kbps)							Kbps	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
G.726 (32 Kbps)	20 Bytes	5 ms	3.85	80 Bytes	20 ms	50	50.8 Kbps	35.6 Kbps	55.2 Kbps
G.726 (24 Kbps)	15 Bytes	5 ms		60 Bytes	20 ms	50	42.8 Kbps	27.6 Kbps	47.2 Kbps
G.728 (16 Kbps)	10 Bytes	5 ms	3.61	60 Bytes	30 ms	34	28.5 Kbps	18.4 Kbps	31.5 Kbps

**Tabla 1. Cuadro de comparación de codecs de compresión de voz para VoIP.**

Definición de Términos de tabla anterior

**Tasa de bits de Codecs (Kbps):**

Basado en el codec, este es el número de bits por segundo que se necesitan transmitir para entregar una llamada telefónica. (Tasa de muestreo = tamaño de la muestra de codec / Intervalo de muestra).

**Tamaño de muestra de Codecs (Bytes):**

Basado en el codec, este es el número de bytes capturados por el procesador de señal digital, DSP, en cada intervalo de muestra del codec. Por ejemplo, el codec G.729 opera en intervalos de muestra de 10 ms, correspondientes a 10 Bytes (80 bits) por muestra, en una tasa de muestreo de 8Kbps.

**Intervalo de muestra de Codecs (ms):**

Este es el intervalo de muestreo en que cada codec opera. Por ejemplo, el codec G.729 opera en intervalos de muestreo de 10 ms,

correspondiendo a 10 Bytes (80 bits) por muestra, a una tasa de muestreo de 8kbps.

### **Calificación de Opinión Media (MOS)**

MOS es un sistema para evaluar la calidad de la voz en conexiones de telefonía. Con MOS, un gran rango de escuchas juzgan la calidad de una muestra de voz en una escala de uno (malo) a cinco (excelente). Los puntajes son promediados para proveer un MOS al codec. Este tema retomará más adelante.

### **Voice Payload Size (Bytes):**

El tamaño de payload de la voz representa la cantidad de bytes de la cual esta compuesto el paquete (información). El tamaño del payload de la voz debe de ser un múltiplo del tamaño de la muestra del codec. Por ejemplo, los paquetes de G729 pueden usar tamaños de payload de voz de 10, 20, 30, 40, 50 o 60.

### **Voice Payload Size (ms):**

El tamaño de payload de la voz también puede ser representado en términos de las muestras del codec. Por ejemplo, para un payload de 20 ms con codec G729 (dos muestras de codec de 10ms) representa un payload de voz de 20 bytes  $[(20 \text{ bytes} * 8) / (20 \text{ ms}) = 8 \text{ Kbps}]$ .

## **PPS:**

PPS Representa la cantidad de paquetes que es necesario transmitir por segundo en el propósito de entregar la tasa de muestreo del codec. Por ejemplo, para una llamada con G729 con un payload de 20 bytes (160 bits), es necesario transmitir 50 paquetes por segundo.  $[50 \text{ pps} = (8 \text{ Kbps}) / (160 \text{ bits per packet})]$ .

La diferencia predominante para tomar una decisión del codec a utilizar radica en el ancho de banda disponible en la red para la transmisión de dichos paquetes, así como la calidad de la voz que desea ser sacrificada para utilizar menos recursos de red. Esto es, porque cuando se busca reducir un ancho de banda con un codec específico, se sacrifica una porción de la calidad de la voz. Por lo que estos dos parámetros son inversamente proporcionales. El método más común para la medición de la calidad de la voz se denomina MOS.

### **1.6 Calificación de Opinión Media (MOS)**

Es posible calificar la calidad de la voz de dos maneras: subjetivamente y objetivamente. Los seres humanos pueden calificar la voz subjetivamente, mientras que las computadoras pueden calificarlos objetivamente.

Los codecs fueron desarrollados y basados en mediciones subjetivas de la calidad de la voz. Medidas de calidad objetivas estándares, tales como distorsión armónica y niveles de señal ruido, no es correlativa a la percepción humana de la calidad de la voz que al final es el más importante en las técnicas de compresión de voz.

Una calificación estándar subjetiva para calificar el desempeño del codec de voz es la Calificación de opinión Media (MOS). La prueba de MOS es dado por un grupo dado de escuchas, ya que la calidad de la voz y sonido es subjetiva a los escuchas, es importante dar un rango amplio de escuchas un material de prueba cuando se lleva a cabo una prueba de MOS. Los escuchas dan a cada muestra de voz una calificación evaluada entre 1 (mala) a 5 (excelente). Las calificaciones son promediadas para dar por resultado el MOS.

Método de compresión		Tamaño de Muestra (ms)	MOS
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728	15	0.625	3.61
G.729	8	10	3.92
G.729a	8	10	3.7
G.723.1	6.3	30	3.9
G.723.1	5.3	30	3.65

**Tabla 2. Cuadro comparativo de calificación de opinión media de codecs para VoIP.**

### **1.7 Codec G.711**

Es un estándar de codec de alta tasa de muestreo (64 Kbps). Es el codec utilizado por la PSTN moderna. Este se estandarizo formalmente en 1988, fue creado por Bell Systems en la década de los 70's. En una troncal T1 se puede transportar 24 canales PCM multiplexados, permitiendo un ancho de banda de 4000 Hz. Un E1 puede transportar hasta 32 canales. Existen 2 versiones de este codec: Ley A y Ley U. Esta

última esta asociada a las troncales de T1 usado en América del Norte y Japón. La Ley A es asociada al estándar E1 usado en el resto del mundo. La diferencia entre estos se encuentra en el método en que la señal analógica es muestreada.

Con el uso de G.711 para VoIP se entrega la mejor calidad de la voz, ya que no usa compresión de la voz, y ya que es la misma codificación usada en un teléfono de PSTN la calidad de la voz es igual. Este codec tiene latencia\* (termino usado para determinar el tiempo que toma en llegar el paquete a su destino) muy baja porque no hay necesidad de comprimirlo\* (se necesita más procesamiento de la señal para comprimirlo, por lo que toma una diferencia de tiempo enviarla). La desventaja de este codec es que necesita más ancho de banda que otros, tal puede llegar hasta 87 Kbps con el encabezado de TCP/IP.

### **1.8 Codec G.729**

Tiene dos variantes: a y b. Son algoritmos de compresión de 8Kbps con el método de CS-ACELP\* (por sus siglas en ingles Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction). G.729.a es una versión de complejidad reducida del G.729, el cual fue desarrollado para el uso de multimedia, voz y datos simultáneos. La versión G.729.a usa la mitad del procesador que el G.729, con la desventaja de una pequeña reducción de calidad de voz. El codec G.729 esta calificado con un MOS de 3.9, G.729.a esta calificado con 3.7.

El anexo B del codec G.729 trabaja en conjunto con el estándar G.729 y es el resultado de reducción de complejidad del anexo a. Este provee detección de actividad de voz VAD\* (por sus siglas en ingles Voice

Activity Detection), modelado de ruido de fondo, generación de ruido de comodidad, inserción de trama de silencio.

Detección de Actividad de voz (VAD): El anexo b usa algoritmos sofisticados para distinguir entre señales de voz y las que no lo son. G.729.b monitorea las estadísticas de amplitud, tasa de cruce a cero\* (variación de la amplitud de cruce por referencia) y características espectrales. Basado en las estadísticas instantáneas y las pasadas, el algoritmo de VAD decide si hay o no, voz presente.

Modelado de ruido de Fondo: En un sistema de telefonía, no es agradable que se elimine el ruido de fondo cuando no se encuentra voz en el canal, asimismo no es necesario utilizar el ancho de banda para representar el ruido de fondo. Cuando el algoritmo VAD detecta que no hay voz presente en el canal, el Codec G.729.b coloca ruido de fondo con una cantidad reducida de tasa de muestreo, así no es necesario transmitir información a través del canal de comunicación.

Inserción de trama de silencio: Cuando no hay detección de tramas a través del canal, G.729 genera ruido de comodidad basado en el modelo mas reciente transmitido de ruido en el canal.

Generación de ruido de comodidad: Es el algoritmo que es usado para generar el ruido de comodidad.

### **1.9 Codec G.723.1**

Es un algoritmo de compresión que tiene tasas de codificación doble de 5.3 y 6.3 kbps. Estos dos rangos comparten las mismas técnicas de corto análisis para procesar la voz. Para el codec de 5.3 Kbps se utilizan

principios de ACELP, con el codec de 6.3 Kbps MP-MLQ es utilizado (Multi Pulse-Maximum Likelihood Quantization)

El codec trabaja en una trama de 240 muestras de voz (30 ms), también existe un desfase de 60 muestras (7.5 ms), por lo que el delay\* del algoritmo es de 37.5 ms. Otra desventaja que se obtiene utilizando este codec es la reducción de la calidad de la voz.

## 2.0 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACION DE LLAMADA PARA VoIP

Los principales protocolos para el control de llamadas para VoIP son H323, Protocolo Simple de control de Gateway SGCP\* \*(Simple Gateway Control Protocol), Protocolo de Internet para control de dispositivos IPDC (Internet Protocol Device Control), Protocolo para control de Mediagateway MGCP (Mediagateway Control Protocol) y Protocolo de inicio de sesión SIP (Session initiation protocol)

### 2.1 Protocolo H.323

Es una recomendación de la ITU-T que especifica como debe de transportarse el tráfico de multimedia por paquetes de red. Utiliza los estándares ya existentes (por ejemplo Q.931). Fue creado para permitir que las aplicaciones multimedia puedan funcionar sobre redes de datos no confiables. El tráfico de la voz es solamente una de las aplicaciones para H.323, también es posible transportar video y compartir datos. El enlace de una llamada a través de los protocolos de señalización se lleva a cabo por la transmisión de mensajes que comunican entre las partes que una llamada quiere ser completada.

El estándar H323 esta constituido de los siguientes componentes y protocolos:

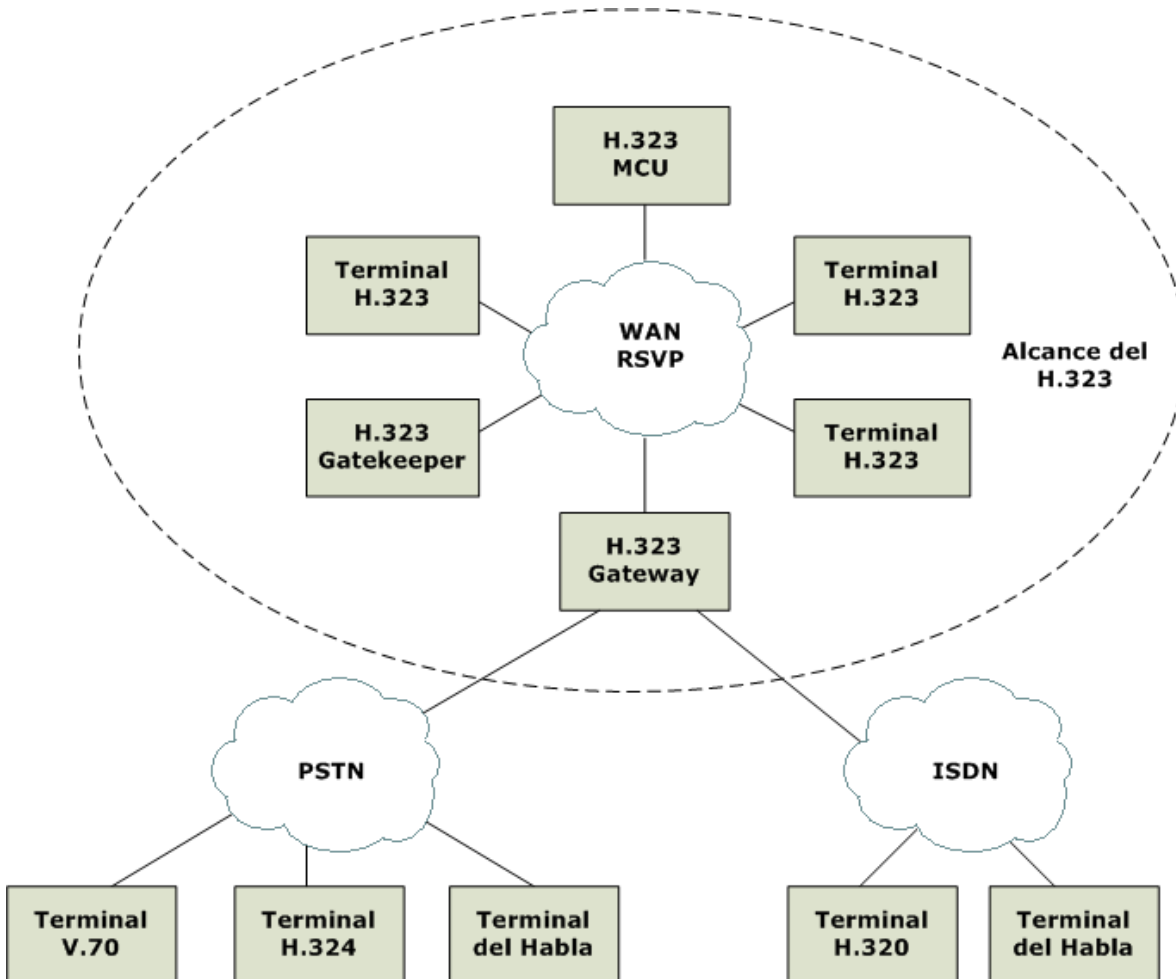
Característica	Protocolo
Señalización de llamada	H.225
Control de Multimedia	H.245
Codec de Audio	G.711, G.722, G.723, G.728, G.729
Codec de Video	H.261, H.263

Compartir Archivos	T.120
Transporte de Multimedia	RTP / RTCP

**Tabla 3. Protocolos que componen estándar H323.**

### 2.1.1 Elementos de H.323

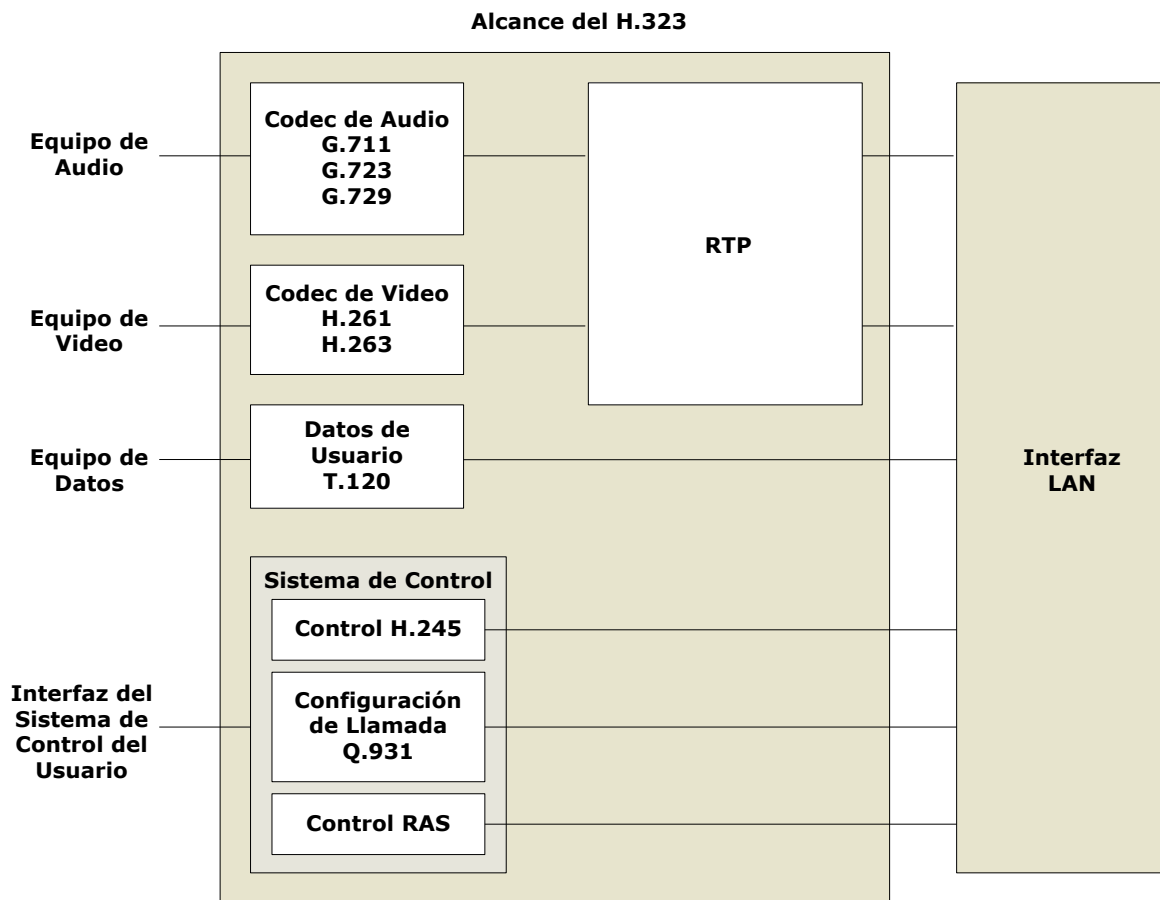
En la figura 2 se muestra los elementos del sistema de H.323, estos elementos incluyen terminales, gateways, gatekeepers y unidades de control de multipunto MCU.



**Figura 2. Elementos de un sistema H323.**

Los terminales a menudo llamados endpoints proporcionan la comunicación punto a punto y multipunto para de audio, vídeo y datos. Los gateway interconectan la PSTN o redes de ISDN con el terminal de H.323. Los gatekeepers proporcionan el control de admisión y servicios de traducción de dirección (NAT) para terminales o Gateways. MCU´s son los dispositivos que permiten a dos o más terminales entrar a una conferencia de audio y/o de vídeo simultáneamente.

El elemento de red ilustrado en la Figura 3 es definido en H 323 como un terminal. Los terminales de H.323 deben tener una unidad de control de sistema, la transmisión de multimedia, codec de audio, y la interfaz de red de datos. Opciones adicionales incluyen un vídeo codec y usos de datos de usuario.



**Figura 3. Componentes de un Terminal H323.**

Las siguientes funciones y capacidades están incluidas en un Terminal H.323:

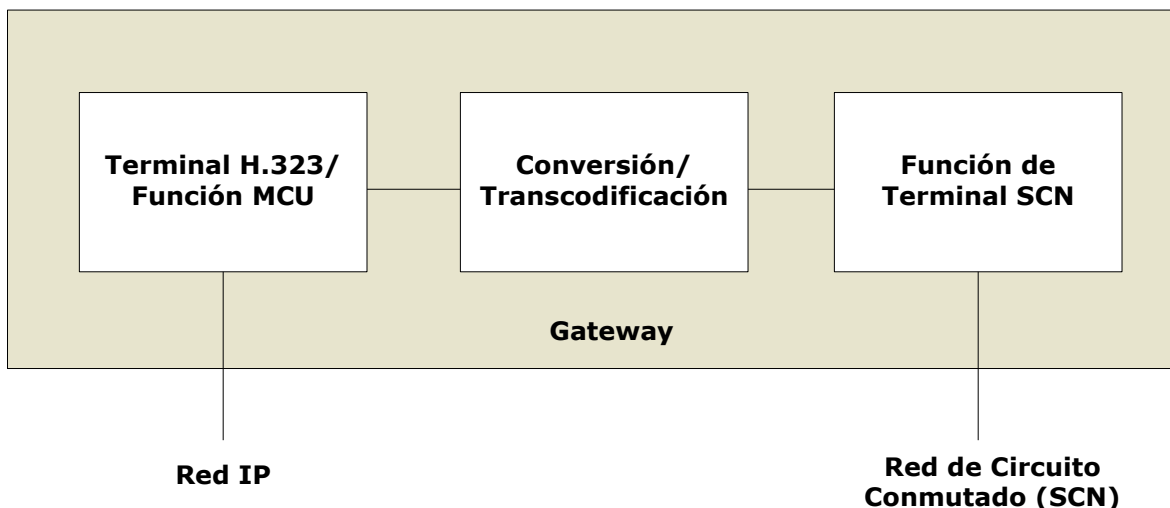
- Unidad de control de sistema: proporciona a los protocolos H.225 y H.245 el control de llamada, capacidades de intercambio, mensajería, y la señalización de comandos para la operación apropiada del Terminal.
- Transmisión de Multimedia: Formatos de transmisión de audio, de vídeo, datos, controladores de cadenas, y mensajes en la interfaz de la red.
- Codec de audio: codifica la señal del equipo de audio para la transmisión y descifra el código entrante de audio. Las funciones requeridas incluyen la codificación y el descifrado de la voz con G.711 y la transmisión y recepción de los formatos de la ley-a y ley-u. Opcionalmente es posible codificar y decodificar G.722, la G.723.1, la G.728 y G.729.
- Interfaz de Red: Capaz transmitir punto a punto el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) unicast y servicios de multimodo.
- Vídeo Codec: Es una opción opcional, debe ser capaz de codificación y decodificación del vídeo según la H.261.
- Canales de datos: Capaz de soportar aplicaciones como lo son acceso de base de datos, transferencia de archivos y comunicación audiographics (la capacidad de modificar una imagen común

desde ordenadores de múltiples usuarios simultáneamente), como especificado en la Recomendación T.120.

### 2.1.1.1 Puerta de Enlace

La puerta de enlace, la que nombraremos gateway, de H.323 refleja las características de un terminal de Red de Circuito Conmutado (SCN) y de un terminal de H 323. Este dispositivo traduce entre de diversos formatos de transmisión de audio y vídeo así como sistemas de comunicación y protocolos. Esto incluye el sistema de llamada y teardown tanto sobre la red de IP como sobre SCN.

Los gateways no son necesarios a no ser que requieran la interconexión con el SCN. Por lo tanto, los endpoint de H323 pueden comunicarse directamente sobre la red IP sin conectarse a un gateway. El gateway actúa como un terminal de H 323 o un MCU sobre la red y un terminal SCN O MCU sobre el SCN, como ilustrado en la figura 4.



**Figura 4. Gateway para H323.**

### **2.1.1.2 Gatekeeper**

Proporciona servicios de control de pre-llamada y servicios de control llamadas para terminales H.323. El gatekeeper esta lógicamente separados de otros elementos de red en ambientes de H 323.

El gatekeeper puede usar una secuencia de pregunta/respuesta simple (Petición de Ubicación [LRQ] o Confirmación de Ubicación [LCF]) para localizar remotamente a usuarios.

Para intercambio de información, la versión 3 de H.323 también usa el anexo G para acceso o intercambio de bases de datos. El Protocolo OSP, también especificado como en el Instituto de Normas de Telecomunicación Europeo (ETSI) TS 101321, es usado en gran parte para interacciones de inter-dominio tanto de los gateways y gatekeepers.

Si un gatekeeper se encuentra instalado en un sistema H.323 deberá de realizar las siguientes funciones:

- Traducción de dirección (NAT): Proporciona traducción de la IP para los terminales del alias H 323 (como usuario@dominio.com) o direcciones de E.164 (números de teléfono estándar).
- Control de admisiones: Provee acceso autorizado a H.323 que usa mensajes de Petición/Admisión, Confirmación/Admisión, rechazo (ARQ/ACF/ARJ).

- Ancho de Banda: Consiste en el control en exigencias de ancho de banda utilizando mensajes de Petición, confirmación y rechazo de ancho de banda (BRQ/BCF/BRJ),
- División de Zonas: Provisto para terminales registrados, gateways, y MCUS.
- Opcionalmente, un gatekeeper puede proveer las siguientes funcionalidades:
- Control de señalización de llamada: Utiliza la Señalización de Control de llamada por gatekeeper (GKRCS).
- Autorización de Llamada: Permite autorizar al gatekeeper restringir el acceso a ciertos terminales y gateways o restringir el acceso basado en la política de tiempo-de-día.
- Control de Ancho de Banda: Permite al gatekeeper rechazar los mensajes de admisión si el ancho de banda requerida no está disponible.
- Control de llamada: Los Servicios que se podrían brindar incluyen el mantenimiento de una lista de llamadas activas indica que un terminal está ocupado.

### **2.1.1.3 Unidad de Multiconferencia**

El controlador de multipunto (MC) puede soportar conferencias entre tres o más terminales en una conferencia de multipunto. Las MC's transmiten el conjunto de características a cada terminal en la

conferencia de multipunto y puede revisar capacidades durante la conferencia. La función de MC puede estar presente en un terminal, en el gateway, gatekeeper, o la MCU.

El procesador de multipunto recibe audio, de vídeo, y/o cadenas de datos y los distribuye a los terminales que participan en una conferencia de multipunto.

#### **2.1.1.4 Control de llamada (H.225)**

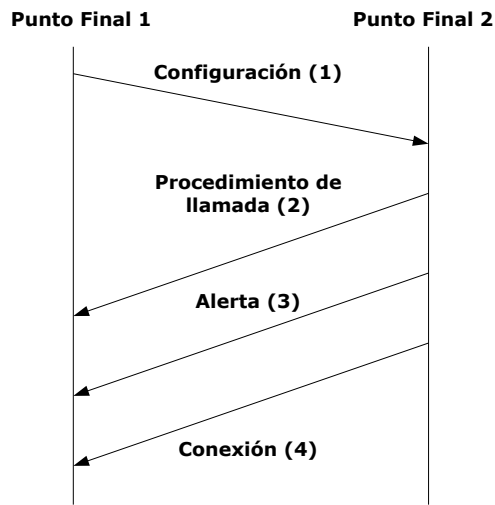
En una red H.323, los procedimientos de control de llamada están basados en la Unión de Telecomunicación Internacional (ITU) la recomendación H.225, que especifica el empleo y el soporte de mensajes de señalización Q.931. Un control de canal de llamada confiable es creado a través de una red de IP sobre el puerto de TCP 1720. Este puerto inicia los mensajes de control de llamada de Q.931 entre dos puntos finales con el objetivo de conectar, mantener, y desconectar llamadas.

Los mensajes actuales de control de llamada y keepalive son movidos hacia puertos efímeros después del control de llamada inicial. Pero el puerto 1720 es conocido para llamadas de H.323. H.225 también especifica el empleo de mensajes de Q.932 para servicios suplementarios.

Los siguientes mensajes Q.931 y Q.932 son los mensajes de señalización comúnmente usados en redes H.323:

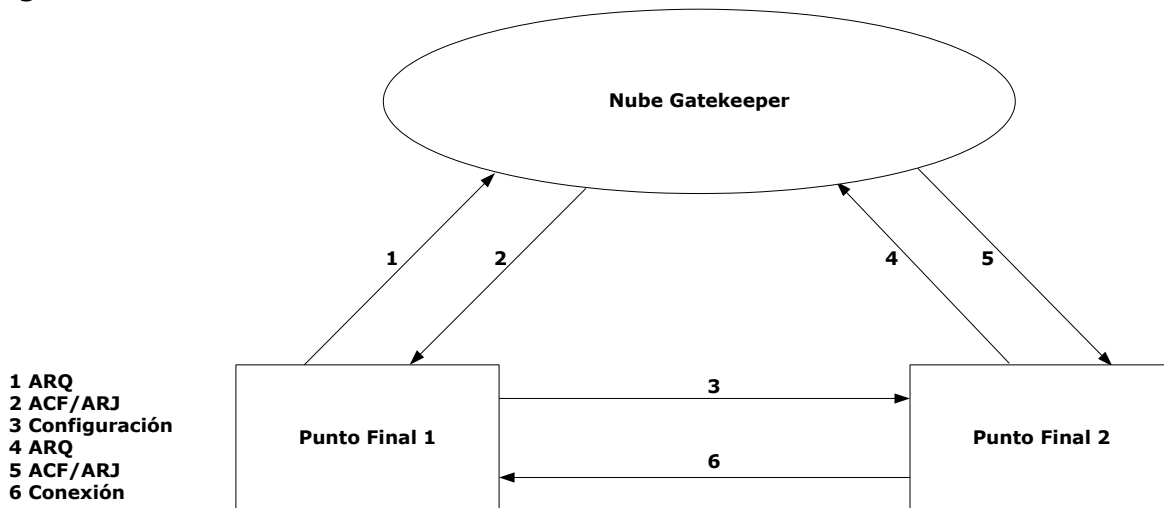
- Setup: Mensaje de invitación enviado por la entidad de H.323 utilizado para establecer una conexión a la entidad de H.323 destino. Este mensaje es transmitido por TCP H.225 puerto 1720.
- Call Proceeding: Un mensaje de respuesta enviado de la entidad destino a la entidad origen para informar que los procedimientos de establecimiento de llamada fueron iniciados.
- Alerting: Un mensaje de respuesta enviado de la entidad destino para indicarle al origen que se ha iniciado la alerta de llamada (ring).
- Connect: Un mensaje de respuesta enviado de la entidad destino hacia el origen que indica que el destino contestó la llamada. El mensaje connect puede contener la dirección UDP/IP para el control y señalización de H.245.
- Release Complete: enviado por el punto final que inicia la desconexión de la llamada, que indica que la llamada está siendo liberada. Es posible enviar este mensaje sólo si el canal de señalización de la llamada está abierta o activa.
- Facility: Es un mensaje de Q.932 utilizado para solicitar o reconocer servicios suplementarios. Esto también es usado indicar si una llamada debería ser dirigida o debería enviarse a un gatekeeper

La figura 5 ilustra los mensajes de señalización para establecer una llamada.



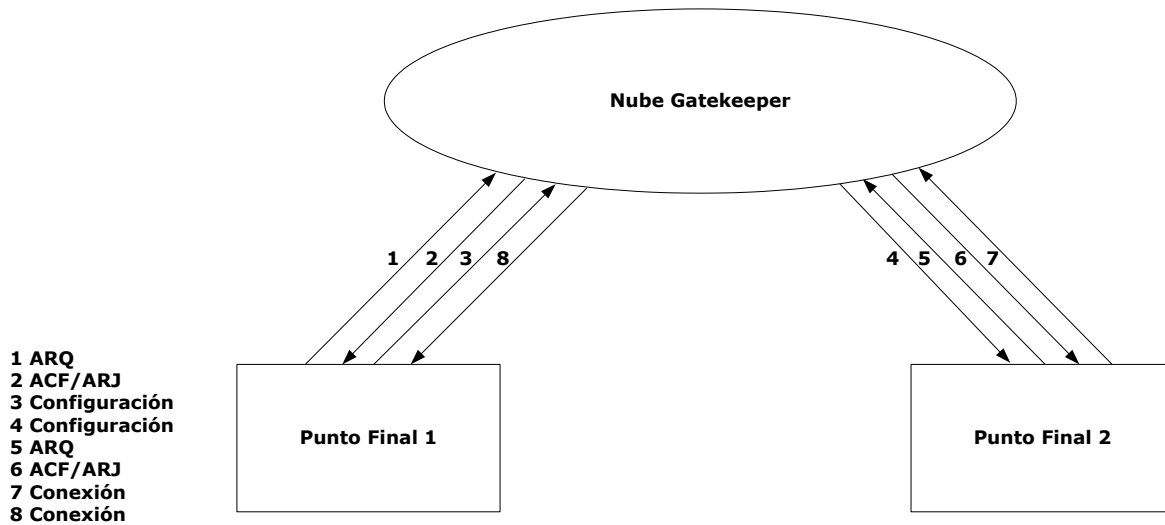
**Figura 5. Flujo de mensajes para señalización de llamada para H323.**

Se puede rutiar el canal de señalización de la llamada en una red H323 de dos maneras: a través de un GK RCS o de manera directa de señalización de llamada. De manera directa, la señalización de llamada es enviados directamente entre dos terminales, como muestra en la figura 6.



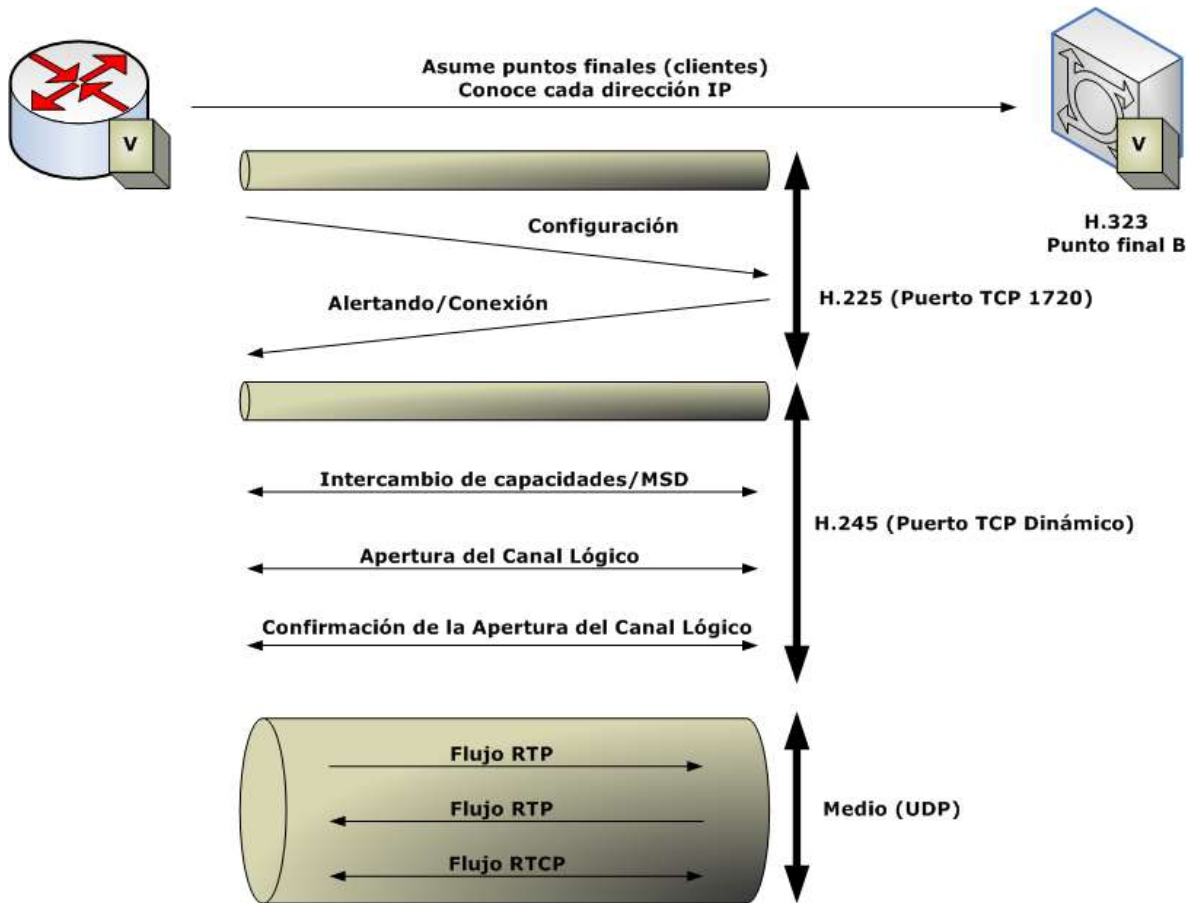
**Figura 6. Señalización de llamada directa entre dos terminales.**

En el método de GK RCS, los mensajes de llamada a través de dos terminales son enrutados a través de un gatekeeper, como en la figura 7.



**Figura 7. Flujo de mensajes entre dos terminales enrutados.**

Para demostrar como se completa una llamada con H.323 se puede ver en la figura 8.



**Figura 8. Flujo de paquetes para completación de llamada con H323.**

En la mayoría de los casos es necesario mas pasos para completar una llamada porque se encuentran involucrados otros dispositivos como gatekeepers.

A continuación se detalla los pasos de transferencia de mensajes para H323:

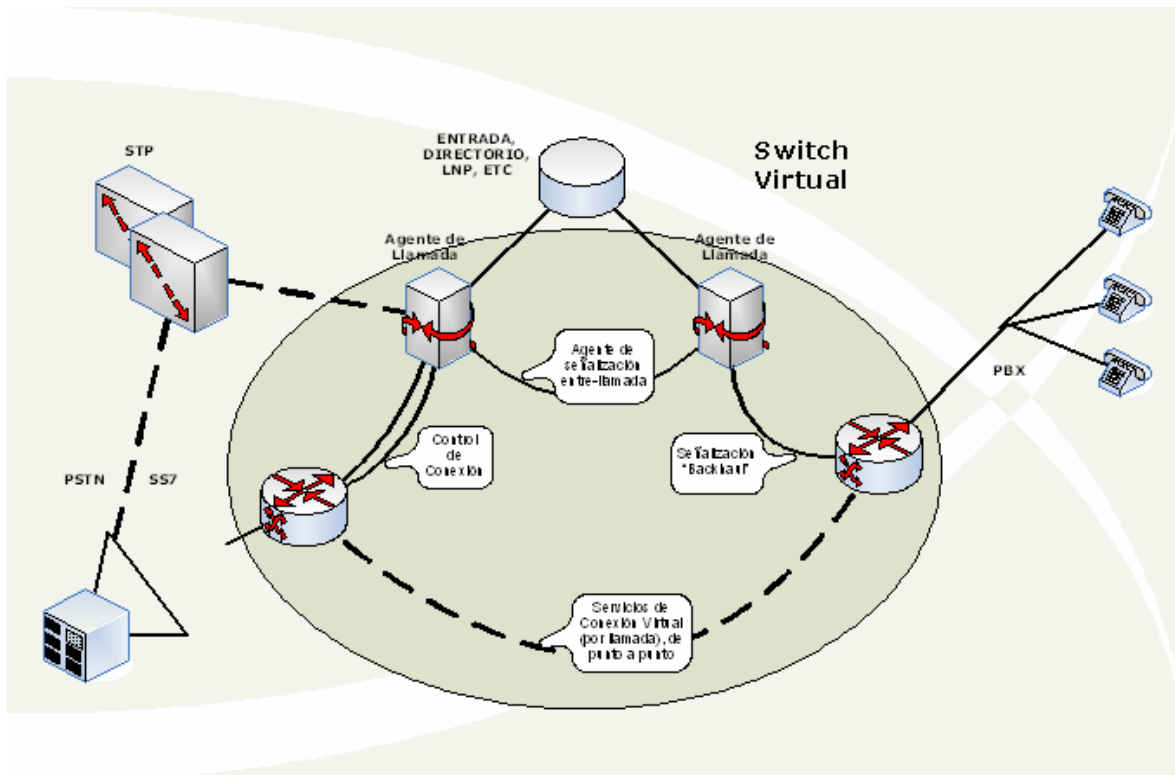
- El terminal A envía un mensaje de sistema al terminal B por TCP puerto 1720.
- El terminal B responde a este mensaje con un mensaje de alerta y con un número de puerto para comenzar la negociación de H.245.
- La negociación de H.245 incluye los tipos de codec (G.729 y G.723.1), números de puertos para las cadenas de RTP y notificación de otras características que los terminales tienen.
- Se negocian canales lógicos para las cadenas de UDP, se abren y son notificados.
- Voz es trasladada con cadenas de RTP.

El protocolo de transporte en tiempo real (RTP) es usado para transmitir información acerca de la cadena de RTP hacia ambos terminales.

El flujo de llamada es basado en H.323 V1 y H.323 V2, sin embargo, permite la negociación con H.245 para ser enviado en el mensaje de sistema de H.225. Esto es conocido como un inicio rápido, y reduce la cantidad de envíos y respuestas necesarios para establecer una llamada con H.323, pero esto no hace que el protocolo sea menos complejo.

## 2.2 Media Gateway Control Protocol (MGCP)

Estos protocolos fueron desarrollados para utilizar un dispositivo central, conocido como Controlador de Mediagateway MGC o Soft-Switch, para controlar los endpoints o Media gateways. Ambos protocolos son nombrados como xGCP. Se puede desarrollar aplicaciones con el uso de interfaces APIs basados en estándares con el MGC y ofrecer funcionalidades adicionales, tales como llamada en espera y características de ISDN. A continuación se muestra un diseño de red que trabaja con un switch virtual corriendo con MGCP.



**Figura 9. Enlace de un MGC y la PSTN.**

Los componentes de la figura 9 se puede observar la red existente de PSTN que es conectada a un punto de transferencia STP (switch transfer point), que también es conectado al MGC o el Call Agent.

La PSTN también es conectada al MG, la cual es conocida como Inter – machine Trunk o IMT. El MG es donde las troncales de voz de 64 Kbps son convertidos a paquetes y colocados en la red IP.

Los MGCs o Call Agents también se intercomunican. Este protocolo actualmente no esta definido en los estándares basados en la industria actual. Los MGCs tienen conexión con la red inteligente que permite dar servicios de ISDN tales como identificación de llamada, transferencia, conferencias, entre otros.

### **2.3 Protocolo de Inicio de Sesión (SIP)**

El protocolo SIP (Session Initiation Protocol) es un protocolo de control de la capa de aplicación que puede establecer, modificar y terminar sesiones multimedia (conferencias) como lo pueden ser llamadas de telefonía por Internet. Este protocolo es capaz de invitar participantes en sesiones ya existentes, como lo hacen las conferencias multicast.

Los componentes más importantes en un sistema SIP son los Agentes de Usuario (User Agents) y los servidores de red (Network Servers). Los terminales origen y destino son identificados por sus direcciones SIP. Los terminales necesitan localizar los terminales y los usuarios.

### **2.3.1 Agente de Usuario**

Estos son aplicaciones finales cliente que contienen tanto como un User Agent Client (UAC) un User Agent Server (UAS) también conocido como cliente y servidor respectivamente.

- Cliente: Inicia las peticiones SIP y actúa como un agente origen.
- Servidor: Recibe y responde peticiones del usuario, actúa como un user called agent.

### **2.3.2 Servidores de Red.**

Existen dos tipos de Servidores SIP: Servidores Proxy y Servidores redirectores.

Proxy Server: Trabaja con otros clientes y contiene tanto funciones de cliente como de servidor. Un servidor Proxy interpreta encabezados y puede reescribirlos antes de pasarlos hacia otro servidor. Reescribir el encabezado identifica el Proxy como el que inicia las peticiones y asegura que la respuesta siga la misma ruta para regresar al Proxy envés del cliente.

Redirect Server: Acepta peticiones SIP y envía respuestas de redirección al cliente conteniendo la dirección del siguiente servidor. Estos servidores no aceptan llamadas, tampoco procesan peticiones SIP.

### **2.3.3 Direccionamiento**

Las direcciones SIP, también llamadas Localizadores de Recurso Universales (URL's) se encuentran de forma de usuario@empresa, similar a direcciones de correo electrónico. La parte de "usuario" de la dirección puede ser un nombre de usuario o el número telefónico, y la parte de empresa puede ser un nombre de dominio o una dirección IP. El ejemplo siguiente representa dos URL posible URLs:

sip:nombre@empresa.com

sip:22577777@200.23.45.3

### **2.3.4 Localización de Servidores**

Un cliente puede enviar un paquete SIP directamente a un servidor proxy, o a la dirección de IP con el puerto del correspondiente URL. El enviar a una petición de SIP directamente es relativamente fácil, como el uso de sistema de final conoce al servidor proxy. El enviar una petición SIP de segunda manera es algo más complicado, para los motivos siguientes:

El cliente debe determinar la dirección IP y el puerto del servidor hacia donde la petición es destinada.

Si el número de puerto no esta determinado en la petición SIP, el puerto por defecto es el 5060.

Si el tipo de protocolo no esta determinado en la petición SIP, el cliente debe de atender primero la conexión usando UDP y luego el protocolo de control de transmisión TCP.

El cliente solicita la dirección IP al DNS, si no encuentra datos de la dirección, no es posible que el cliente localice el servidor y no puede continuar con la petición.

### **2.3.5 Transacciones SIP**

Después que el direccionamiento es resuelto, el cliente envía una o varias peticiones SIP y recibe una o más respuestas desde el servidor especificado. Todas las peticiones u respuestas asociadas con esta actividad son consideradas partes de la transacción SIP. Por simplicidad y consistencia, el campo de encabezado en todos los mensajes de petición concuerda con el encabezado de los mensajes respuesta.

Es posible transmitir transacciones SIP tanto en UDP como en TCP. En el caso de TCP, es posible llevar todos los mensajes de petición y respuestas relacionados con una misma transacción bajo una única conexión TCP. También se pueden transportar transacciones separadas de SIP entre dos diferentes entidades bajo la misma conexión TCP. Si UDP es usado, la respuesta es enviada hacia la dirección identificada en el encabezado del mensaje de petición.

### **2.3.6 Ubicación de Usuarios.**

El destino de una llamada podría moverse entre varias redes en un periodo, esto podría ser desde la LAN de la compañía hacia la residencia del usuario conectado a Internet. Es por eso que para servicios de ubicación SIP necesita acomodar la flexibilidad y la movilidad de sistemas IP. La ubicación de estos terminales deberá de estar registrado con el servidor SIP o con otro tipo de servidores de ubicación fuera del alcance de SIP. El servidor SIP almacena una lista de ubicaciones

basados en la ubicación externa la cual es retornada hacia múltiples posibilidades de terminales.

La acción y resultado de localizar un usuario depende del tipo de servidor SIP que esta siendo utilizado. Un servidor de redirección SIP simplemente devuelve la lista completa de ubicaciones y permite que el cliente ubique al destino directamente. Un servidor SIP Proxy puede atender las direcciones en paralelo hasta que la llamada es completada.

### **2.3.7 Mensajes SIP**

Existen dos tipos de mensajes SIP, peticiones iniciadas por clientes, y respuestas enviadas por servidores. Cada mensaje contiene un encabezado que describe los detalles de comunicación. El protocolo SIP esta basado en texto con campos de sintaxis y encabezado idénticos a los de http. Los mensajes SIP son enviados sobre TCP o UDP con múltiples mensajes enviados en una sola conexión TCP o un datagrama UDP.

#### **2.3.7.1 Encabezados de Mensajes**

Son utilizados para especificar el origen de la llamada, el destino de la llamada, la ruta a utilizar y el tipo de mensaje de llamada. Los cuatro grupos de encabezados de mensajes son los siguientes:

- Encabezados Generales: Aplicado a peticiones y respuestas.
- Encabezados de Entidades: Define información acerca del tipo de cuerpo del mensaje y longitud.

- Encabezados de Petición: Permiten al cliente incluir información adicional de la petición.
- Encabezados de respuesta: Permiten al servidor incluir información adicional de respuesta.

Encabezados SIP			
Generales	Entidad	Petición	Respuesta
Accept	Content-Encoding	Authorization	Allow
Accept-Encoding	Content-Length	Contact	Proxy-Authenticate
Accept-language	Content-Type	Hide	Retry-After
Call-ID		Max-Forwards	Server
Contact		Organization	Unsupported
Cseq		Priority	Warning
Date		Proxy-Authentication	WWW-Authenticate
Encryption		Proxy-Require	
Expires		Route	
From		Require	
Record-Route		Response-Key	
Timestamp		Subject	
To		User-Agent	
Via			

**Tabla 4. Cuadro de encabezados para mensajería SIP.**

Especificación de Encabezados SIP más comunes.	
Encabezado	Especificación
To	Identifica el destino de la petición
From	Indica en origen de la petición
Subject	Describe la naturaleza de la llamada
Via	Indica el camino tomado por la petición
Call-ID	Identifica una invitación o todas las registraciones de un cliente específico.
Content-Length	Identifica el tamaño de el cuerpo del mensaje en octetos
Content-Type	Indica el tipo de multimedia del cuerpo del mensaje.
Expires	Identifica la fecha y hora cuando el mensaje vencerá.
Route	Indica la ruta que tomó la petición.

**Tabla 5. Encabezados SIP más comunes.**

### **2.3.7.2 Mensajes de Petición**

La comunicación de SIP posee seis tipos de peticiones. Estas peticiones conocidas también métodos, permiten a usuarios y servidores de red localizar, invitar, y manejar llamadas. Las peticiones SIP son las que se detallan a continuación:

**INVITE:** Este método indica que un usuario o un servicio esta siendo invitado a participar en una sesión. Incluye una descripción de la sesión y para llamadas de dos vías el origen indica el tipo de multimedia. Una respuesta exitosa de un INVITE de dos partes incluye el tipo de multimedia del origen. Con este método simple, los usuarios pueden reconocer las capacidades del otro terminal y abrir una sesión de conversación con un número limitado de mensajes.

ACK: Estas peticiones son las respuestas de los INVITE. Ellos representan la confirmación final por parte del sistema final y termina la transacción iniciada por el invite. Si el origen incluye una descripción de la sesión en la petición de ACK, no es necesario utilizar parámetros adicionales en la sesión. Si hace falta la descripción de la sesión, los parámetros de la sesión en el INVITE son utilizados como por defecto.

OPTIONS: Este método permite consultar y guardar las características de usuarios y servidores.

BYE: Este método es usado por el origen o el destino para liberar la llamada. Antes de que la llamada sea liberada, el usuario envía esta petición hacia el servidor indicando el deseo de liberar la sesión.

CANCEL: Esta petición permite a los usuarios y servidores cancelar cualquier petición en proceso. Este no afecta las peticiones completadas en donde las respuestas finales ya habían sido recibidas.

REGISTER: Este método es usado por clientes para registrar la información de ubicación con los servidores SIP.

### **2.3.7.3 Mensajes de respuesta**

Están basados en la recepción e interpretación de la petición correspondiente. Estos son enviados en respuesta de peticiones e indican el éxito o error de una llamada, incluyendo el estado del servidor. Los seis tipos de respuestas, sus respectivos códigos de estado y detalles de lo que indican se describen en la tabla 6.

Tipo de Respuesta	Código de Estatus	Descripción	
Informacional	100	Trying	
	180	Ringing	
	181	Call is being forwarded	
	182	Queued	
	200	Ok	
Exitoso	300	Multiple choices	
	301	Moved Permanently	
	301	Moved temporarily	
	303	See other	
	305	Use Proxy	
	380	Alternative service	
	Errores de Cliente	400	Bad request
		401	Unauthorized
402		Payment required	
403		Forbidden	
404		Not found	
405		Method not allowed	
406		Not acceptable	
407		Proxy Authentication required	
408		Request timeout	
409		Conflict	
410		Gone	
411		Length required	
413		Request entity too large	
414		Requested URL too large	
415		Unsupported media type	
420		Bad extensión	
480		Temporarily not available	
481		Call leg or transaction doesn't exist	
482	Loop detected		
483	Too many hops		
484	Address incomplete		

	485	Ambiguous
	486	Busy here
Errores de Servidor	500	Internal Server error
	501	Not Implemented
	502	Bad Gateway
	503	Service unavailable
	504	Gateway timeout
	505	SIP version not supported
Error Global	600	Busy everywhere
	603	Decline
	604	Does not exist anywhere
	606	Not acceptable

**Tabla 6. Cuadro descriptivo de seis tipos de respuesta SIP.**

### **2.3.8 Operación básica de SIP**

Los servidores SIP manejan peticiones entrantes en de dos maneras. La operación básica es la de invitar a una llamada a un participante. Los dos modos básicos de una operación de un servidor SIP son los siguientes:

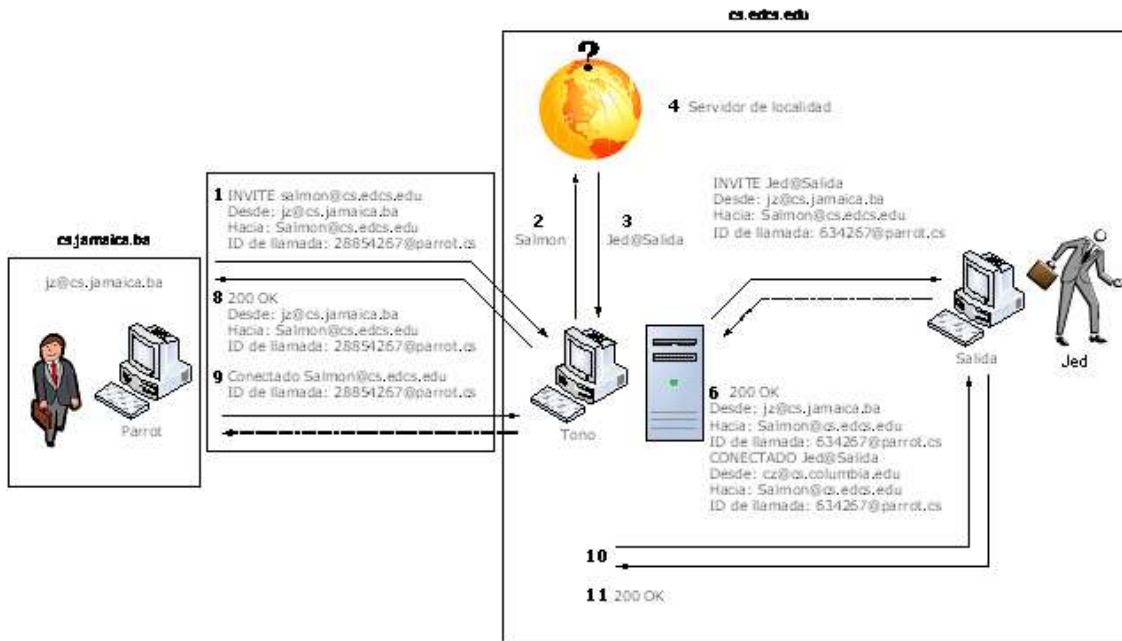
- Servidor Proxy
- Servidores redirectores

### **2.3.9 Ejemplo de Servidor Proxy.**

Los pasos operacionales en el modo Proxy necesarios para brindar una llamada de dos vías exitosa:

- El servidor Proxy acepta en INVITE enviado por el cliente.
- El servidor Proxy identifica la ubicación del cliente usando las direcciones proporcionadas y los servicios de ubicación.
- Un INVITE es enviado hacia la dirección de la ubicación retornada.
- El agente de usuario alerta al usuario y devuelve una indicación de éxito hacia el servidor Proxy.
- Un OK es enviado desde el servidor Proxy hacia el origen.
- El origen confirma la recepción utilizando un ACK, el cual es diseccionado por el servidor Proxy o enviado directamente hacia el destino.

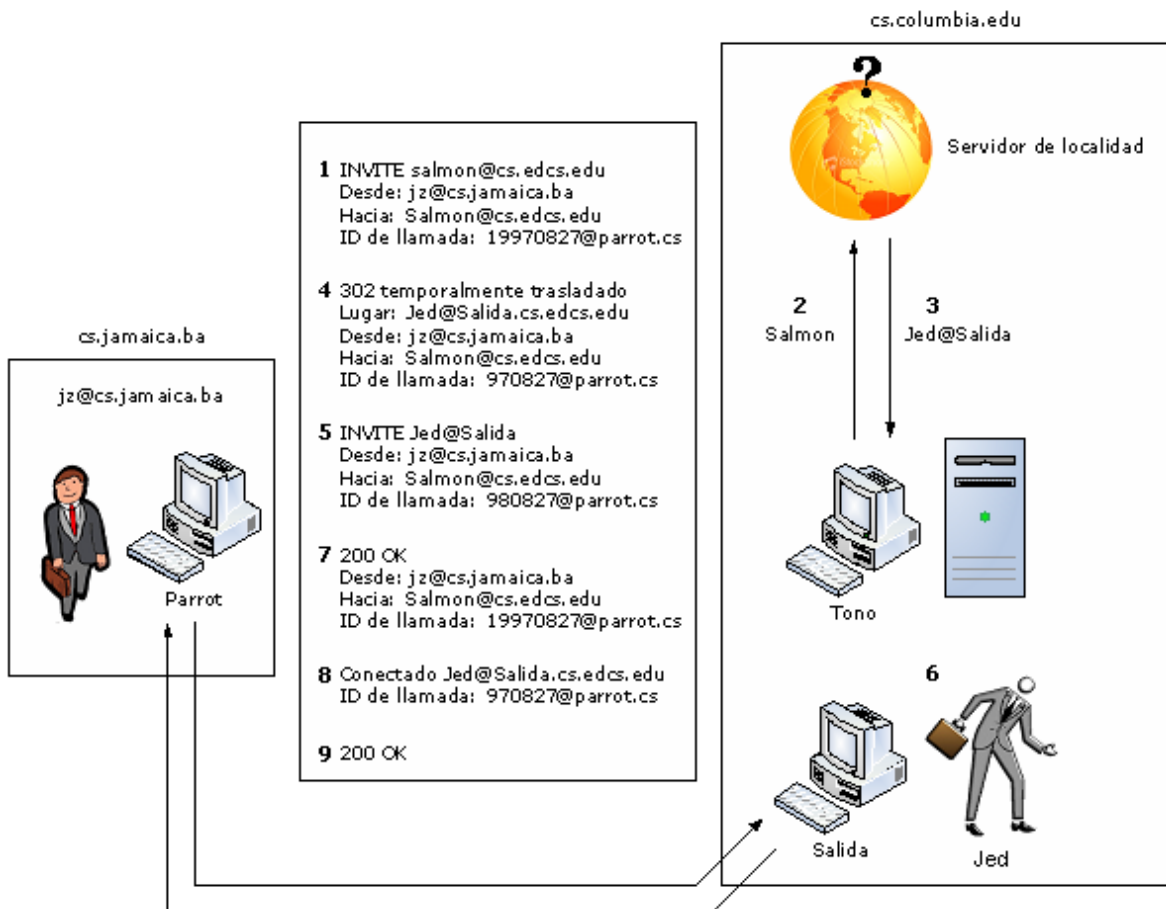
La comunicación para el intercambio de un INVITE usando un servidor Proxy es ilustrado a continuación:



**Figura 10. Flujo de paquetes para paquete INVITE utilizando servidor SIP proxy.**

### 2.3.10 Ejemplo de servidor Redirector.

El intercambio del protocolo para un INVITE utilizando un servidor redirector es mostrado en la figura 11.



**Figura 11. Flujo de paquetes para paquete INVITE utilizando servidor SIP proxy.**

Los pasos operacionales en el modo redirección para brindar una llamada de dos vías exitosa esta descrita a continuación.

El servidor de redirección acepta el INVITE desde el origen y contacta los servicios de ubicación con la información proveída.

Después de que el usuario es localizado, el servidor de redirección responde con la dirección directamente al origen. En diferencia al servidor Proxy, el servidor de redirección no reenvía un INVITE.

El agente de usuario envía un ACK hacia el servidor de redirección informándole que la completación de la transacción.

El agente de usuario envía un INVITE directamente a la dirección enviada por el servidor de redirección.

El destino provee una notificación de éxito, y el origen contesta con un ACK.

El protocolo SIP soporta 5 facetas de establecimiento y terminación de comunicaciones multimedia como lo son:

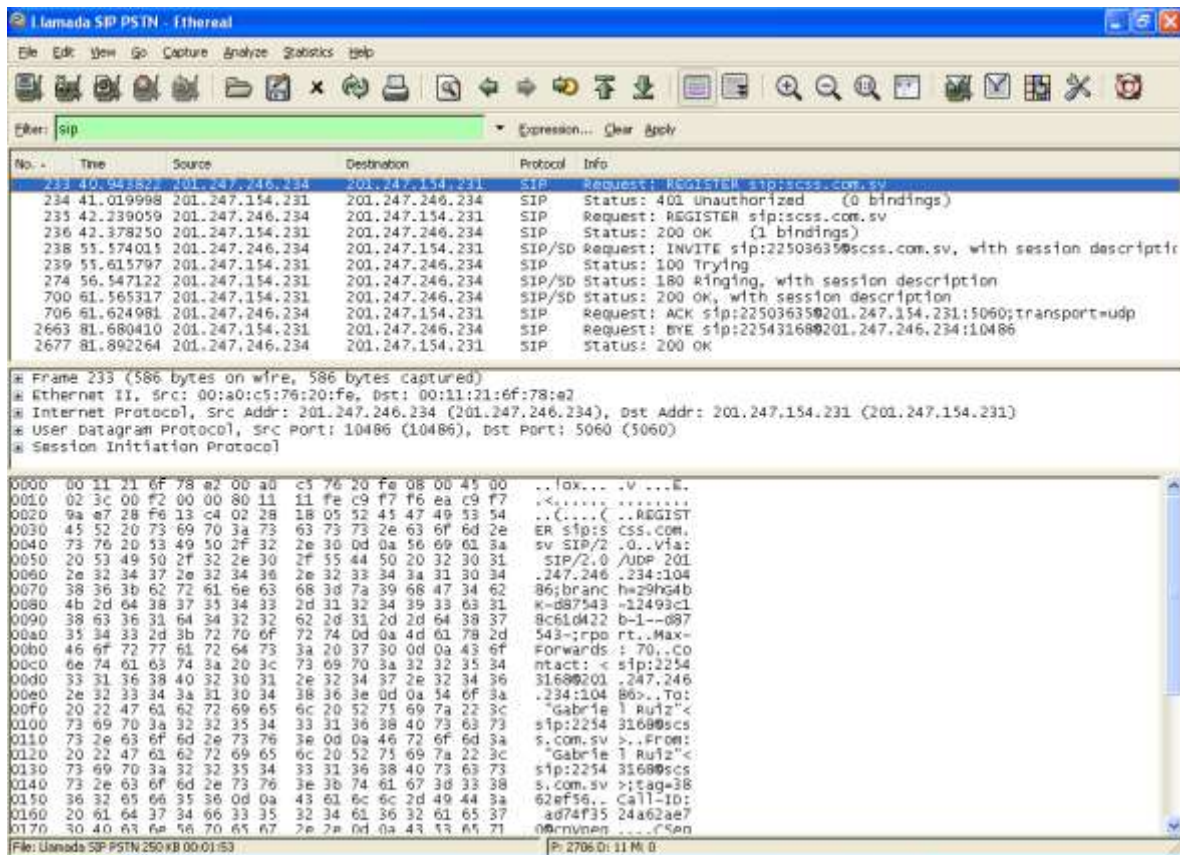
- Ubicación del usuario: Determinación del sistema Terminal a ser usado para la comunicación.
- Disponibilidad del usuario: Determinación de la decisión del usuario con quien se desea comunicar para tomar la llamada.
- Características del usuario: Determinación de los parámetros multimedia a ser usados.
- Descripción: Determinación de los parámetros de la sesión en las partes de quien inicia la llamada y quien la recibe.

- Manejo: Transferencia y terminación de sesiones, modificando parámetros de sesión y llamado de servicios.

SIP no es un sistema integrado de comunicaciones vertical ya que puede ser un componente que puede ser usado con otros protocolos para construir una arquitectura multimedia. Esta arquitectura incluye protocolos como lo son los de transporte en tiempo real (RTP) utilizados para transportar datos de tiempo real y proveer retroalimentación de Calidad de Servicios (QoS), así como protocolos de cadenas en tiempo real (RTSP) para controlar la entrega de cadenas multimedia. También es usado para controlar el protocolo para control de gateway (MEGACO) utilizado para el control los gateway hacia la PSTN.

### 3.0 GESTION DE LLAMADA SIP

En una red en donde se ha implementado VoIP, se pueden contar con varios elementos de red que utilicen señalización IP para sus llamadas, por lo que es necesario comprender el intercambio de mensajes necesarios para completar una llamada. Con este propósito se desarrolla a continuación el proceso para que esta pueda ser establecida una llamada utilizando el protocolo de inicio de sesión (SIP). Dentro de este proceso, se encuentra el registro de un usuario, la completación de una llamada así como la finalización o liberación de esta. En la Figura 12 se muestra todos los paquetes SIP involucrados en los procesos de registro y completación de una llamada realizada desde un teléfono virtual y un número telefónico de la PSTN.



**Figura 12. Imagen con detalle de paquetes capturados de transacción SIP para una llamada.**

## Register

En la figura 12 podemos encontrar el detalle de los paquetes SIP capturados en la red IP. Para el caso de la señalización de de la llamada mostrada, es necesario analizar solamente la paquetería SIP, por lo que se aplico un filtro del tráfico capturado para mostrar dichos paquetes.

The screenshot shows the Wireshark interface with a filter set to 'sip'. The packet list pane displays several SIP packets, with packet 235 selected. The packet details pane shows the following information for Frame 235:

- Arrival Time: Jul 3, 2006 14:52:23.751735000
- Time delta from previous packet: 1.219061000 seconds
- Time since reference or first frame: 42.239059000 seconds
- Frame Number: 235
- Packet Length: 882 bytes
- Capture Length: 882 bytes
- Protocols in frame: eth:ip:udp:sip
- Ethernet II, Src: 00:ad:c5:76:20:fe, Dst: 00:11:21:6f:78:e2
- Internet Protocol, Src Addr: 201.247.246.234 (201.247.246.234), Dst Addr: 201.247.154.231 (201.247.154.231)
- User Datagram Protocol, Src Port: 10486 (10486), Dst Port: 5060 (5060)
- Session Initiation Protocol

The packet bytes pane shows the raw data of the packet, including the SIP message structure.

**Figura 13. Descripción de campo Frame de paquete Register SIP.**

El primer paquete necesario en una transacción SIP es el Register mostrado en la figura 13, que según lo revisado anteriormente, brindara

información del usuario como ubicación, capacidades, características de terminal y otros necesarios para poder comenzar una sesión.

El primer campo que el capturador de tráfico IP muestra es el campo Frame, donde podemos encontrar información de capa uno de los paquetes, según lo muestra la figura 14.

```
Frame 235 (882 bytes on wire, 882 bytes captured)
Arrival Time: Jul 3, 2006 14:52:23.751735000
Time delta from previous packet: 1.219061000 seconds
Time since reference or first frame: 42.239059000 seconds
Frame Number: 235
Packet Length: 882 bytes
Capture Length: 882 bytes
Protocols in frame: eth:ip:udp:sip
```

**Figura 14. Campo Frame de paquete REGISTER.**

La línea sombreada muestra la cantidad de bytes que fueron transmitidos en la red según la información de dicho paquete así como la cantidad de bytes que fueron capturados, con el objetivo de verificar si no existe pérdida de información en la red. Así también muestra el correlativo de los paquetes tomados desde que se inició la captura de datos.

Seguidamente encontramos:

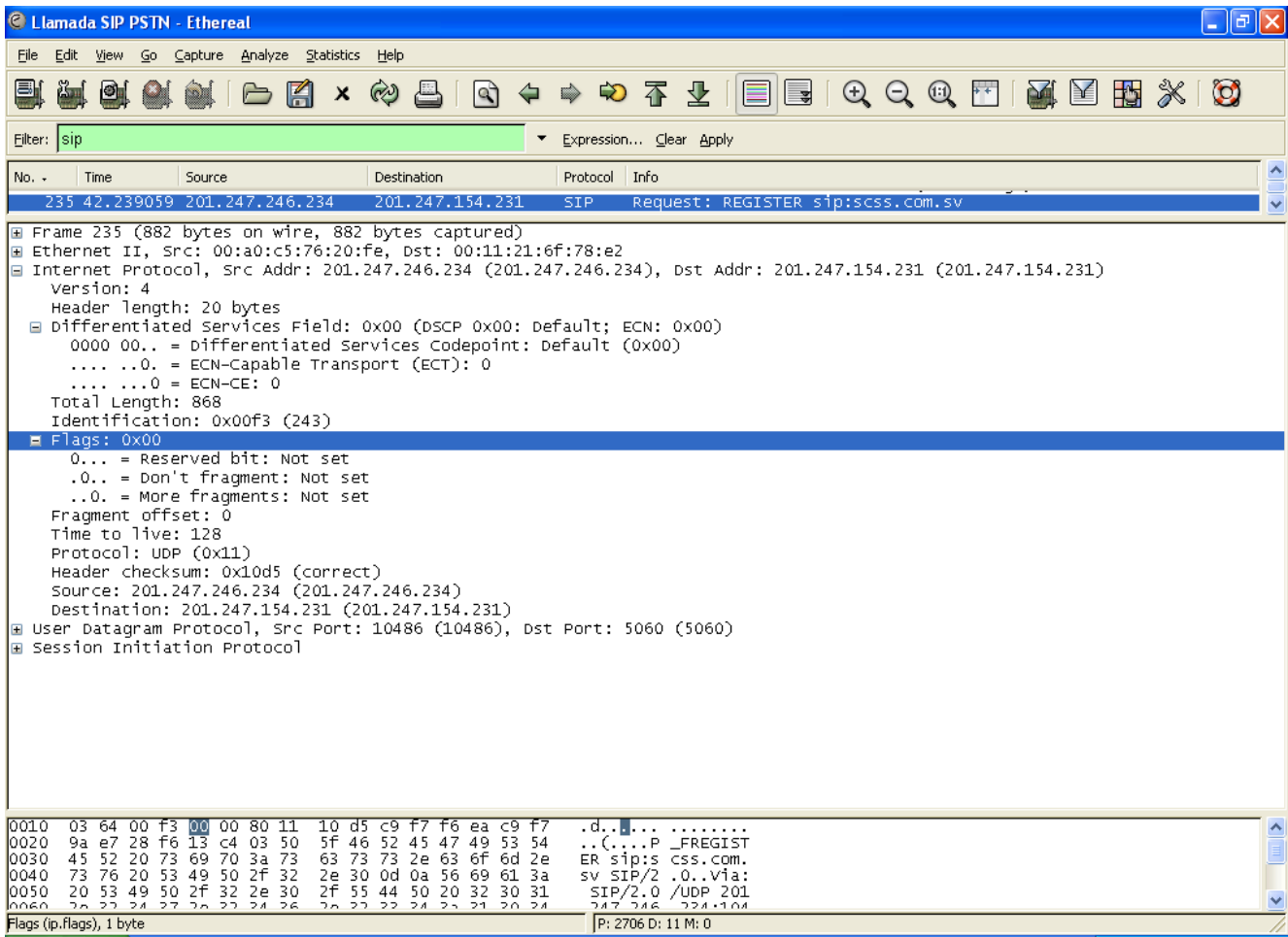
- La fecha y hora en que el paquete fue colocado en la red
- La diferencia de tiempo desde el paquete anterior capturado en la red
- La diferencia de tiempo desde que el primer paquete colocado en la red después de iniciado la captura de datos.



En el segundo campo Ethernet del paquete REGISTER encontramos información que se detalla a continuación según lo mostrado en la figura 15:

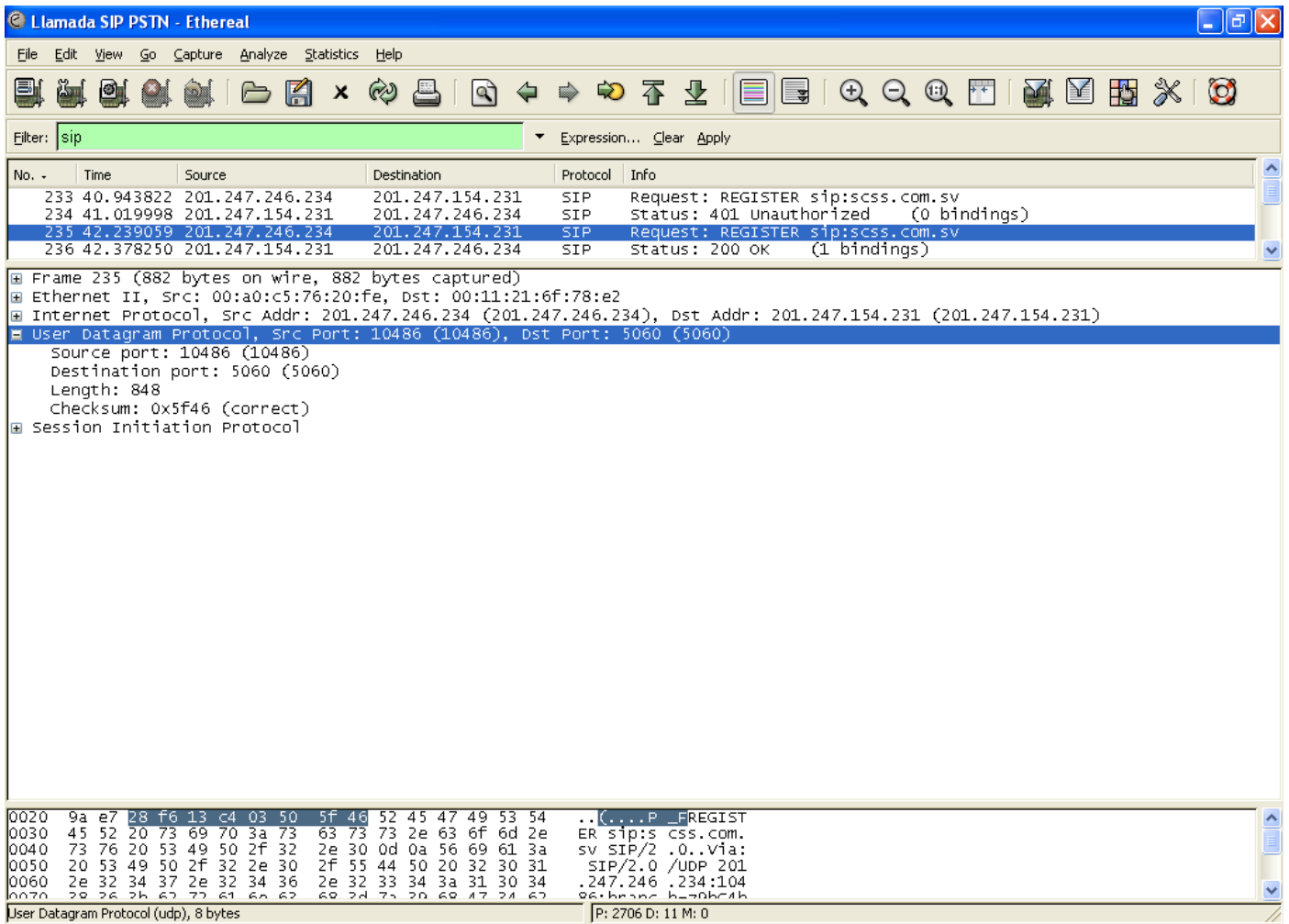
- La dirección IP del destino del paquete
- La dirección IP del origen del paquete.
- El tipo de direccionamiento utilizado.

En el tercer campo del paquete es posible obtener información sobre el protocolo IP, tal como versión, direcciones de origen y destino, el tamaño del encabezado, y otros parámetros que son utilizados para el transporte del paquete.



**Figura 16. Campo Internet Protocol del paquete SIP REGISTER.**

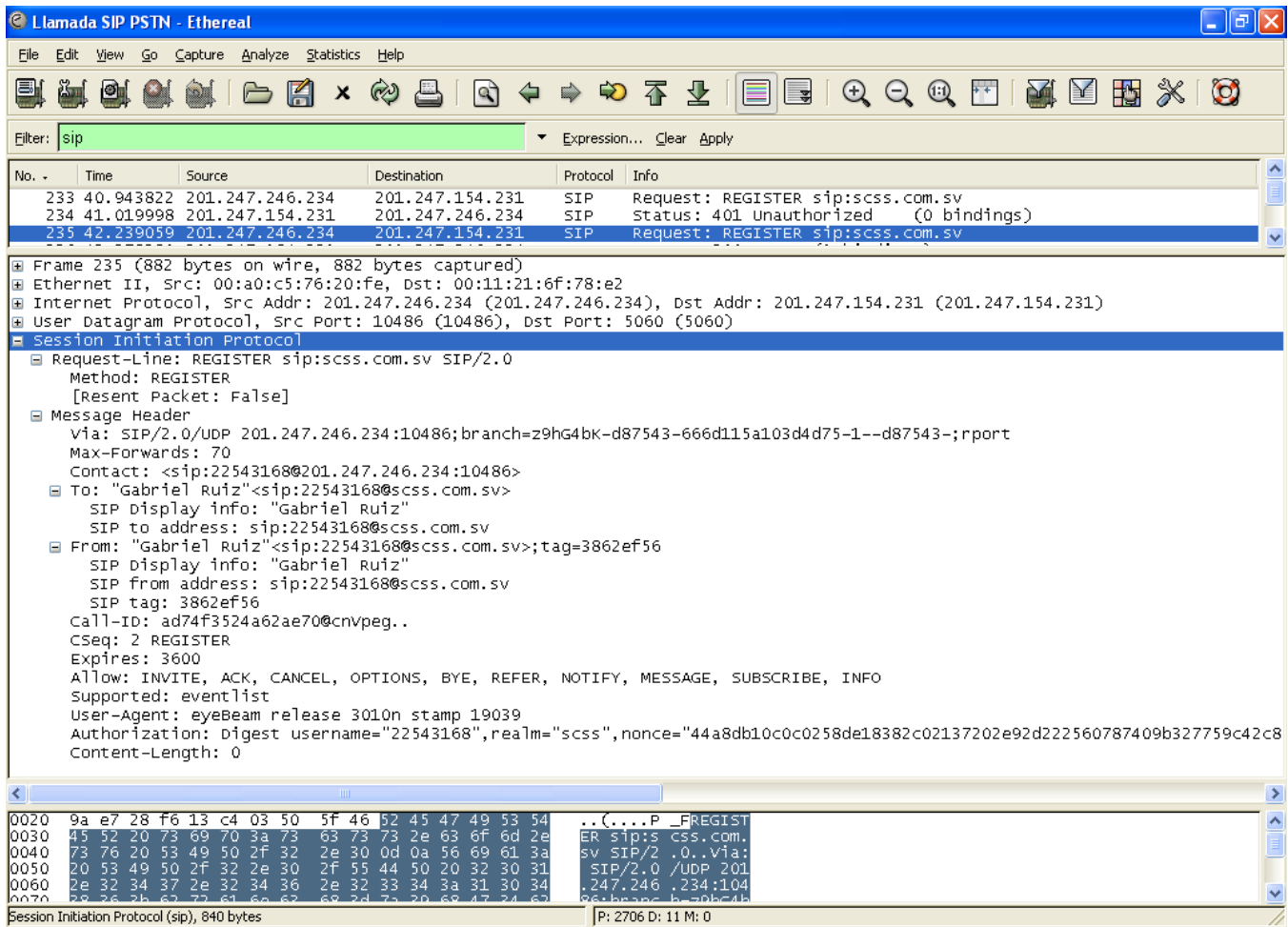
En el cuarto campo del paquete se obtiene información de UDP, por que puerto es transmitido y escuchado por el destino según lo muestra la figura 17.



**Figura 17. Campo UDP del paquete SIP REGISTER.**

En el siguiente campo encontramos información de aplicación del paquete transmitido, el cual contiene la información que necesitamos para describir la sesión SIP que se desea establecer.

En la primera línea de la figura 18 se encuentra la descripción del paquete enviado, que en este caso se trata de un REGISTER, que pertenece a un grupo específico de usuarios de VoIP identificado como scss.com.sv, junto a la versión SIP que esta siendo utilizado.



**Figura 18. Campo SIP del paquete SIP REGISTER.**

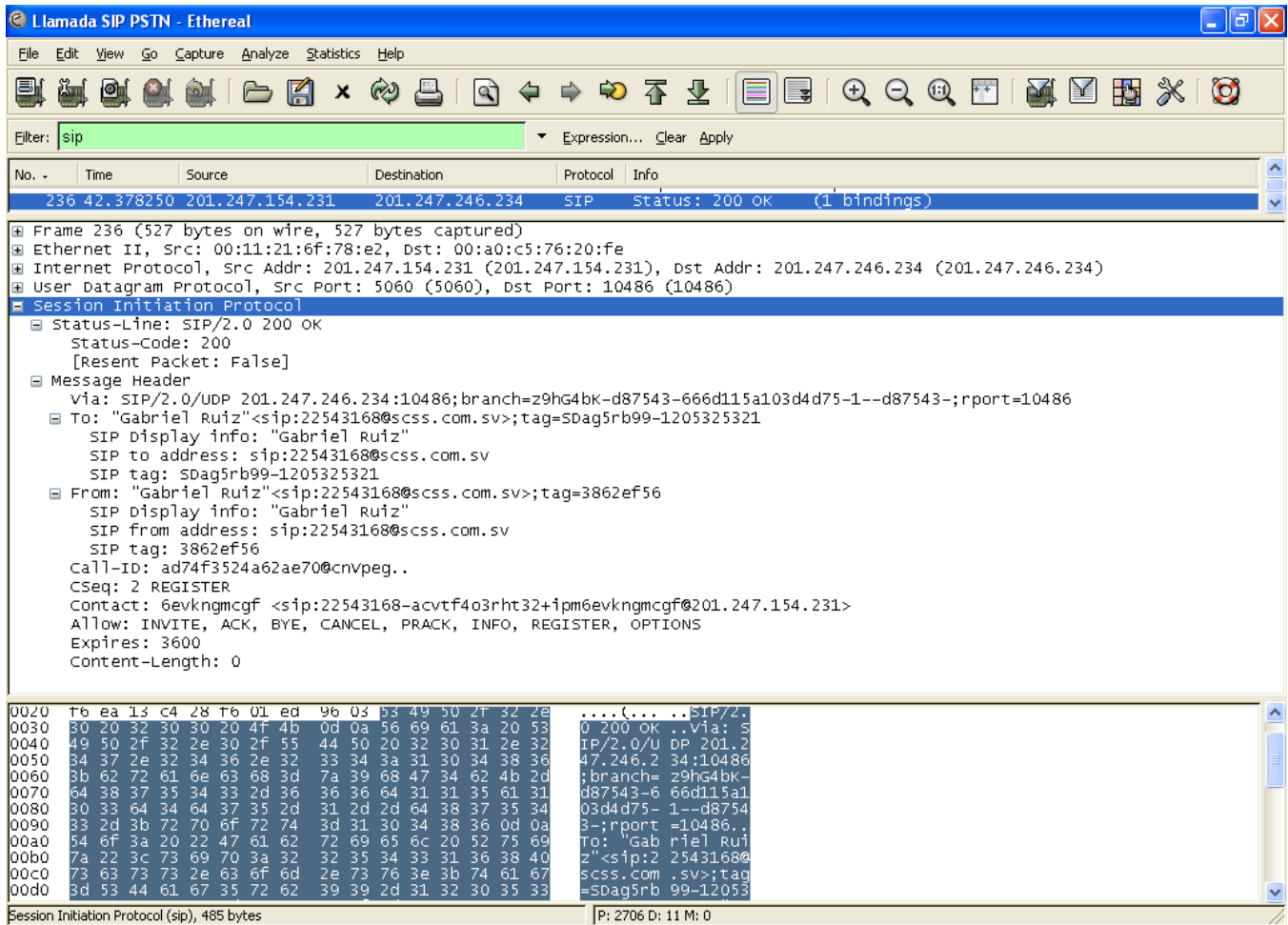
Luego se encuentra el encabezado del mensaje que contiene la información de la sesión que se desea establecer.

- El campo Via nos muestra como el paquete esta siendo transportado en la red. Los protocolos involucrados.
- Max Fowards representa la cantidad máxima de servidores que puede pasar el paquete antes de ser desechado para evitar loops de mensajes.

- Contact indica el URI del usuario que intenta registrarse.
- To contiene información de a quien se destinará la respuesta, en caso de este paquete, al ser un REGISTER la respuesta la espera recibir el mismo usuario de registro exitoso.
  
- From contiene la información de quien origina el método.
  
- Call ID es un número único que identifica el establecimiento de comunicación de SIP, es utilizado para diferenciar otras transacciones y esta asociado con el origen y destino de la llamada.
  
- Csec muestra el método de petición y un número decimal que es elegido por el origen
  
- Expires: El tiempo de duración máximo del maquete.
  
- Allow: Detalla los métodos o mensajes permitidos por el agente de usuario que genero el mensaje.
  
- User Agent: Descripción del terminal utilizado para generar el método.
  
- Authorization: Contiene las credenciales de autorización del terminal.
  
- Content-Length: Tamaño del cuerpo del mensaje

**OK**

Como se puede observar en la figura 19, la respuesta del mensaje anterior REGISTER es un OK hacia el mismo terminal que genero el método. Este indica que el registro fue exitoso.

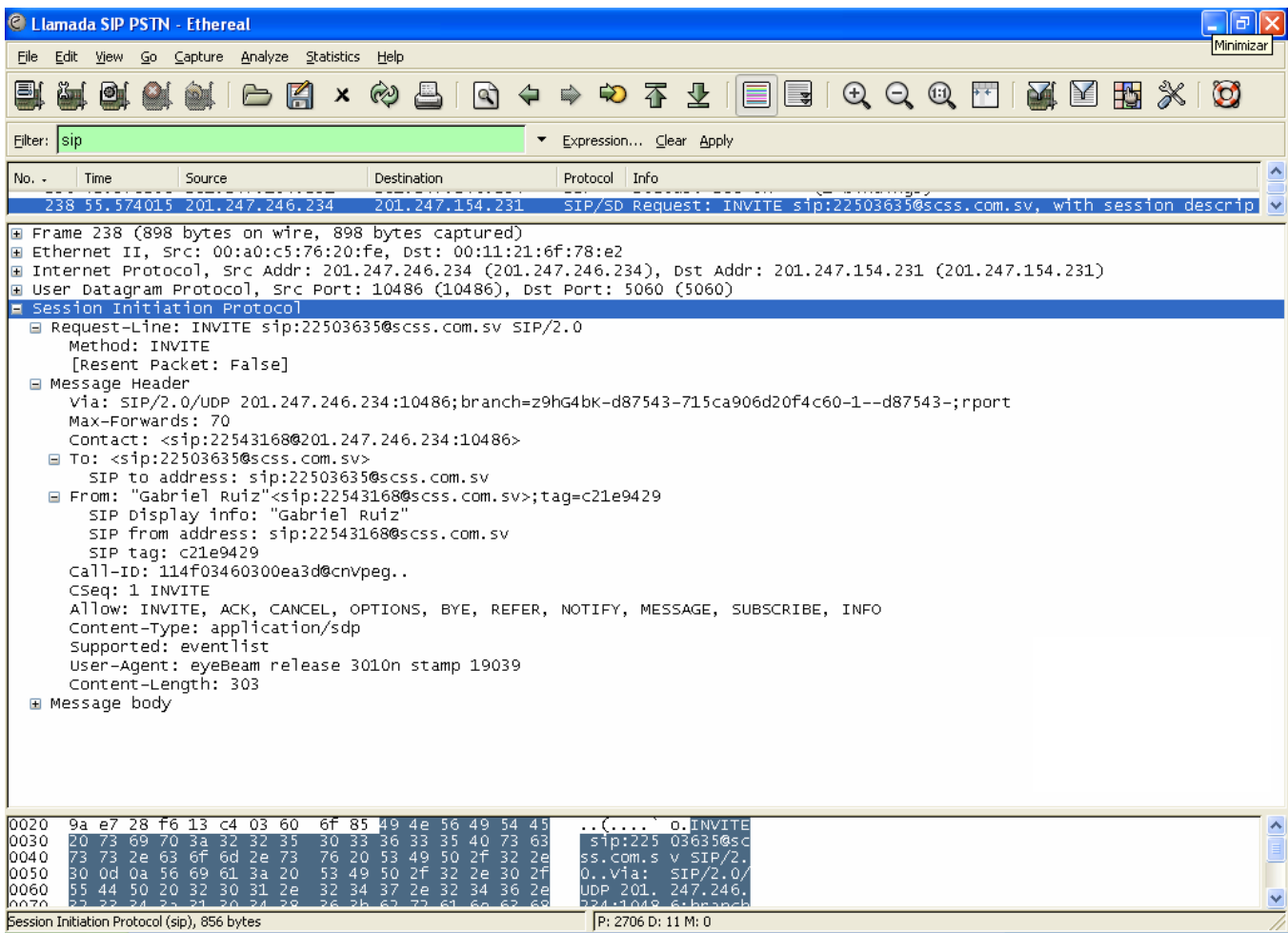


**Figura 19. Campo Internet Protocol del paquete SIP OK.**

## INVITE

El contenido de este y los demás mensajes SIP son similares en los primeros capos que los componen, la variante radica en la aplicación

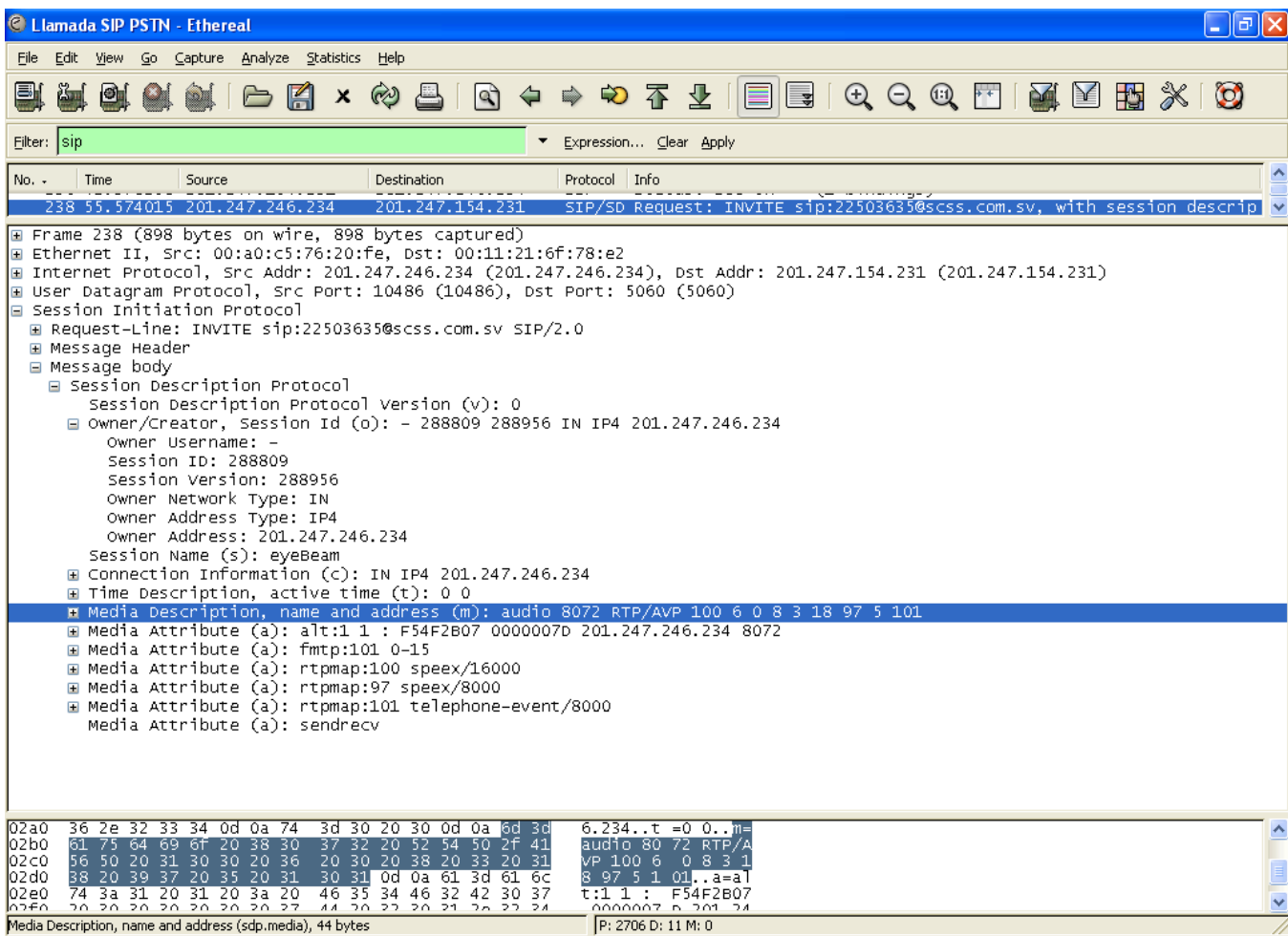
para la cual fueron enviados. Por esta razón el análisis de los siguientes mensajes SIP relacionados con la llamada capturada se realizarán en el campo Session Initiation Protocol. Para el caso del mensaje INVITE los campos To y From contienen información sobre los contactos que origino el mensaje y el destino donde se desea comunicar según lo muestra la figura 20.



**Figura 20. Campo SIP del paquete SIP INVITE.**

En el Campo Message Body contiene información sobre las características del terminal que origina el método utilizando el protocolo de descripción de sesión, dentro de la información que este puede brindar esta:

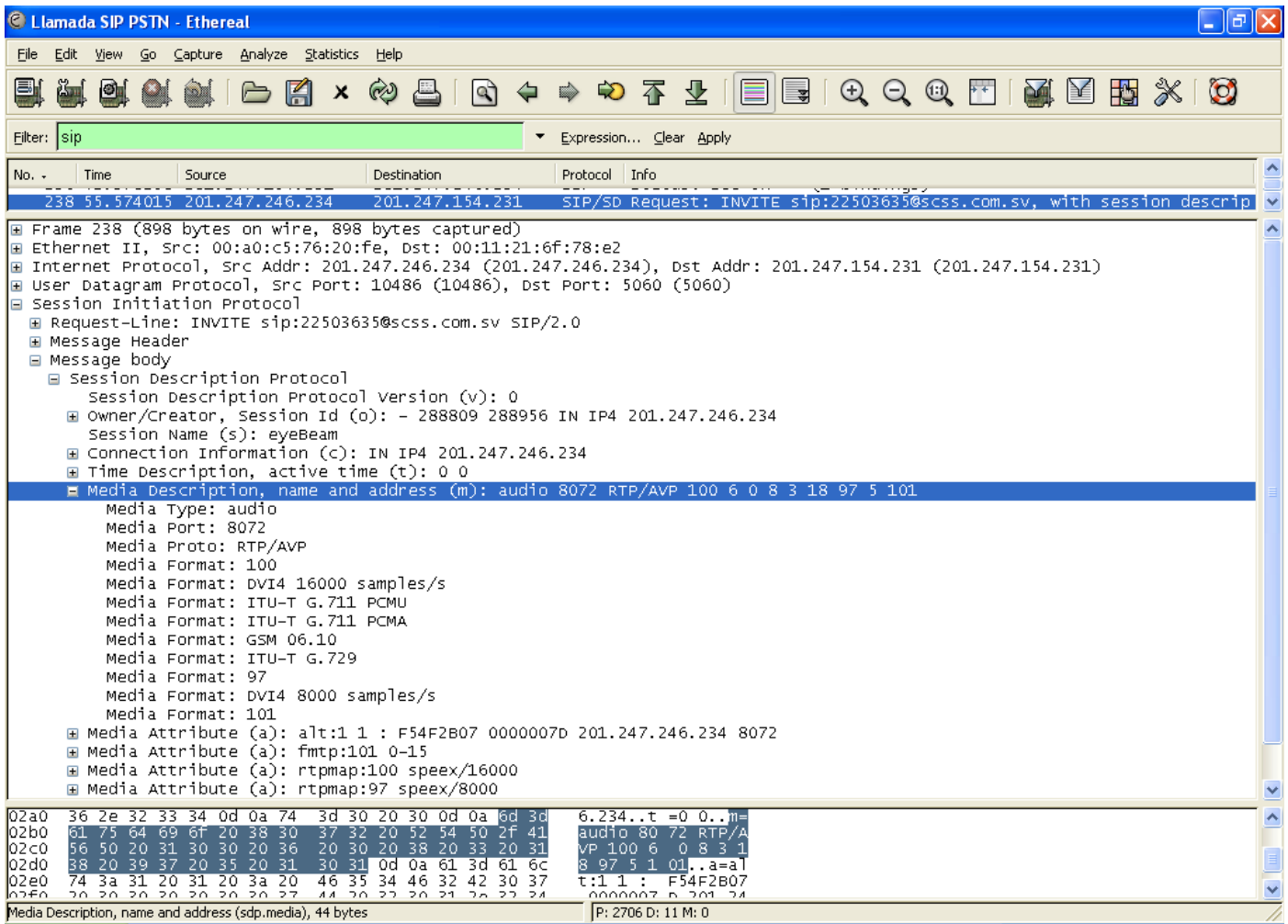
- Versión de SIP utilizada
- Características de quien origina la sesión, tal como un identificador de sesión, versión, IP, versión de IP e identificación del terminal. (Eyebeam es un programa utilizado para realizar y recibir llamadas desde una computadora).



**Figura 21. Campo SIP del paquete SIP INVITE.**

En el campo Media Description encontramos las características con el que cuenta el terminal para establecer una sesión. En este caso, al tratarse de una sesión de audio informa sobre el puerto a utilizar, el

tipo de protocolo para la transmisión del audio, formato, cantidad de muestras por segundo, el listado de codec soportados. En la sección sombreada se observa una serie de códigos que representan a los diferentes codec soportados.



**Figura 22. Campo SIP del paquete SIP INVITE.**

Los atributos de multimedia indican las características de los codec que es posible utilizar.

The screenshot displays the Wireshark interface for a packet capture titled "Llamada SIP PSTN - Ethereal". The filter is set to "sip". The packet list shows a single packet (No. 238) at time 55.574015, source 201.247.246.234, and destination 201.247.154.231. The protocol is identified as SIP/SD Request: INVITE sip:22503635@scss.com.sv, with session descrip.

The packet details pane shows the following structure:

- Frame 238 (898 bytes on wire, 898 bytes captured)
- Ethernet II, Src: 00:a0:c5:76:20:fe, Dst: 00:11:21:6f:78:e2
- Internet Protocol, Src Addr: 201.247.246.234 (201.247.246.234), Dst Addr: 201.247.154.231 (201.247.154.231)
- User Datagram Protocol, Src Port: 10486 (10486), Dst Port: 5060 (5060)
- Session Initiation Protocol
  - Request-Line: INVITE sip:22503635@scss.com.sv SIP/2.0
  - Message Header
  - Message body
    - Session Description Protocol
      - Session Description Protocol Version (v): 0
      - Owner/Creator, Session Id (o): - 288809 288956 IN IP4 201.247.246.234
      - Session Name (s): eyeBeam
      - Connection Information (c): IN IP4 201.247.246.234
      - Time Description, active time (t): 0 0
      - Media Description, name and address (m): audio 8072 RTP/AVP 100 6 0 8 3 18 97 5 101
      - Media Attribute (a): alt:1 1 : F54F2B07 0000007D 201.247.246.234 8072
        - Media Attribute Fieldname: alt
        - Media Attribute Value: 1 1 : F54F2B07 0000007D 201.247.246.234 8072
      - Media Attribute (a): fmtp:101 0-15
        - Media Attribute Fieldname: fmtp
        - Media Attribute Value: 101 0-15
      - Media Attribute (a): rtpmap:100 speex/16000
        - Media Attribute Fieldname: rtpmap
        - Media Attribute Value: 100 speex/16000
      - Media Attribute (a): rtpmap:97 speex/8000
        - Media Attribute Fieldname: rtpmap
        - Media Attribute Value: 97 speex/8000
      - Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
        - Media Attribute Fieldname: rtpmap
        - Media Attribute Value: 101 telephone-event/8000
      - Media Attribute (a): sendrecv

The hex dump at the bottom shows the raw bytes of the packet, with the SDP section highlighted in blue. The hex dump shows the following bytes:

```

02d0 38 20 39 37 20 35 20 31 30 31 0d 0a 61 3d 61 6c 8 97 5 1 01..a=a1
02e0 74 3a 31 20 31 20 3a 20 46 35 34 46 32 42 30 37 t:1 1 : F54F2B07
02f0 20 30 30 30 30 30 30 37 44 20 32 30 31 2e 32 34 0000007 D 201.24
0300 37 2e 32 34 36 2e 32 33 34 20 38 30 37 32 0d 0a 7.246.23 4 8072..
0310 61 3d 66 6d 74 70 3a 31 30 31 20 30 2d 31 35 0d a=fmtp:1 01 0-15.
0320 02 61 2d 72 74 70 6d 61 70 22 21 20 20 20 72 70 a=rtpmap:100 sp

```

The packet length is 50 bytes, and the protocol is identified as Media Attribute (sdp.media\_attr).

**Figura 23. Campo SIP del paquete SIP INVITE.**

## Trying

Mensaje utilizado para indicar al origen, que la sesión esta estableciéndose, con el objetivo de notificar que el método todavía esta ejecutándose y no cancele dicha llamada por terminar el tiempo de respuesta esperada.

The screenshot shows the Wireshark interface for a SIP capture. The packet list pane shows several SIP messages, with packet 239 highlighted as a '100 Trying' response. The packet details pane shows the structure of this message, including the status line, message header, and various SIP headers like 'Via', 'To', 'From', 'Call-ID', and 'CSeq'. The packet bytes pane shows the raw data of the packet.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
236	42.378250	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP	Status: 200 OK (1 bindings)
238	55.574015	201.247.246.234	201.247.154.231	SIP/SD	Request: INVITE sip:22503635@scss.com.sv, with session description
239	55.615797	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP	Status: 100 Trying
274	56.547122	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP/SD	Status: 180 Ringing, with session description
700	61.565317	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP/SD	Status: 200 OK, with session description
706	61.624981	201.247.246.234	201.247.154.231	SIP	Request: ACK sip:22503635@201.247.154.231:5060;transport=udp
2663	81.680410	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP	Request: BYE sip:22543168@201.247.246.234:10486
2677	81.892264	201.247.246.234	201.247.154.231	SIP	Status: 200 OK

Frame 239 (311 bytes on wire, 311 bytes captured)  
Ethernet II, Src: 00:11:21:6f:78:e2, Dst: 00:a0:c5:76:20:34  
Internet Protocol, Src Addr: 201.247.154.231 (201.247.154.231), Dst Addr: 201.247.246.234 (201.247.246.234)  
User Datagram Protocol, Src Port: 5060 (5060), Dst Port: 10486 (10486)  
Session Initiation Protocol  
Status-Line: SIP/2.0 100 Trying  
status-code: 100  
[Resent Packet: False]  
Message Header  
Via: SIP/2.0/UDP 201.247.246.234:10486;branch=z9hg4bk-d87543-715ca906d20f4c60-1--d87543-;rport=10486  
To: <sip:22503635@scss.com.sv>  
SIP to address: sip:22503635@scss.com.sv  
From: "Gabriel Ruiz"<sip:22543168@scss.com.sv>;tag=c21e9429  
SIP Display info: "Gabriel Ruiz"  
SIP from address: sip:22543168@scss.com.sv  
SIP tag: c21e9429  
Call-ID: 114f03460300ea3d@cnvpeg..  
CSeq: 1 INVITE

Figura 24. Campo SIP del paquete SIP TRYING.

## RINGING

Este mensaje indica al origen que el destino ya recibido el INVITE y que tiene alerta de llamada (Ring).

The screenshot shows the Wireshark interface for a SIP RINGING message. The packet list pane shows the following entry:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
274	56.547122	201.247.154.231	201.247.246.234	SIP/SDP	Status: 180 Ringing, with session description

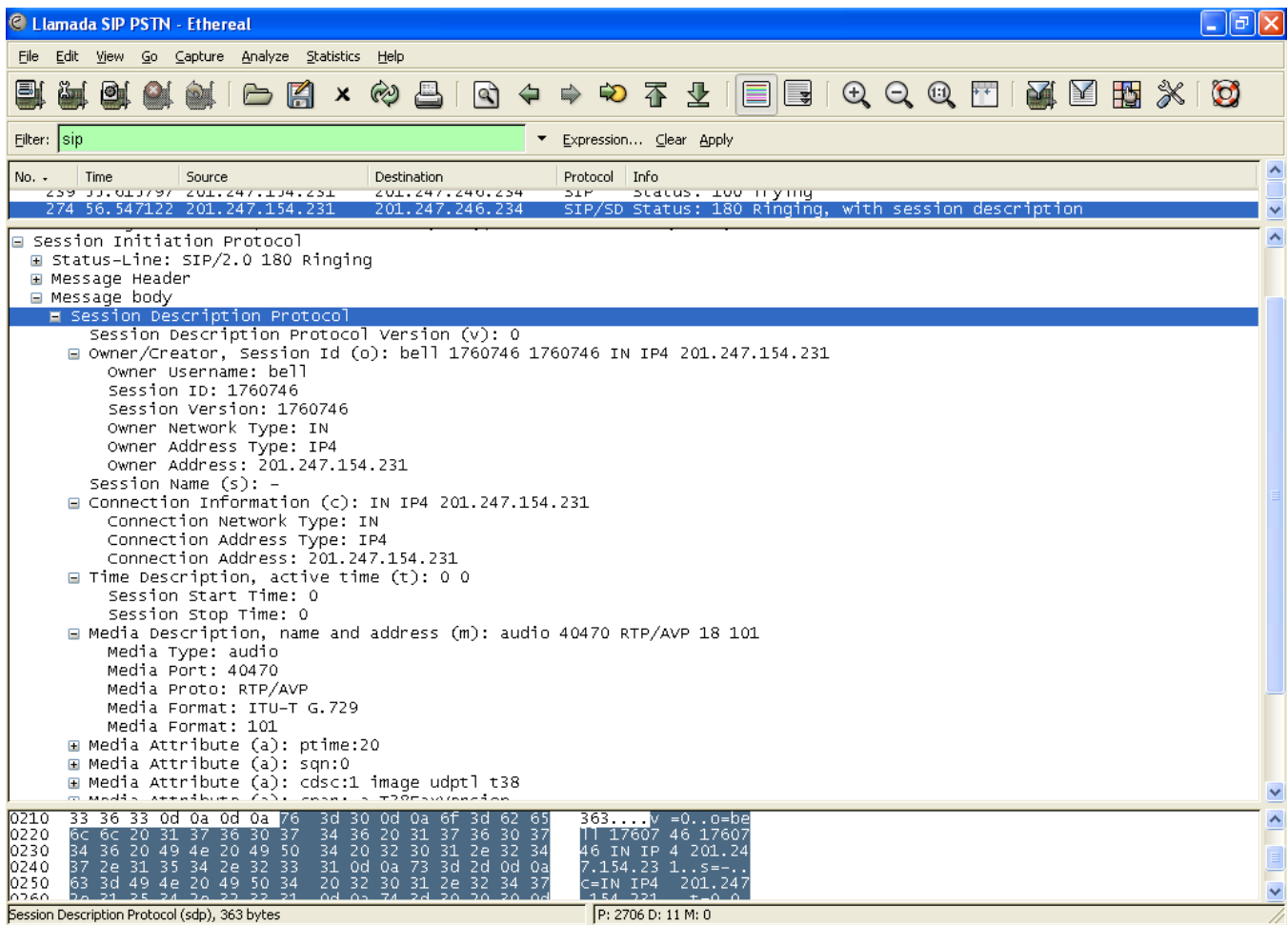
The packet details pane shows the following structure:

- Session Initiation Protocol
  - Status-Line: SIP/2.0 180 Ringing
    - Status-Code: 180
    - [Resent Packet: False]
  - Message Header
    - Via: SIP/2.0/UDP 201.247.246.234:10486;branch=z9hG4bK-d87543-715ca906d20f4c60-1--d87543-;rport=10486
    - To: <sip:22503635@scss.com.sv>;tag=SDtv9gc99-566087931
      - SIP to address: sip:22503635@scss.com.sv
      - SIP tag: sdtv9gc99-566087931
    - From: "Gabriel Ruiz"<sip:22543168@scss.com.sv>;tag=c21e9429
      - SIP Display info: "Gabriel Ruiz"
      - SIP from address: sip:22543168@scss.com.sv
      - SIP tag: c21e9429
    - Call-ID: 114f03460300ea3d@cnvpeg..
    - CSeq: 1 INVITE
    - Contact: <sip:22503635@201.247.154.231:5060;transport=udp>
    - Allow: INVITE, ACK, BYE, CANCEL, PRACK, INFO, REGISTER, OPTIONS
    - Supported: eventlist
    - Content-Type: application/sdp
    - Content-Length: 363
  - Message body

The packet bytes pane shows the raw data of the message body, which is an SDP description of the ringing session.

Figura 25. Campo SIP del paquete SIP RINGING.

En este mensaje el terminal destino indica las características de multimedia que cuenta para establecer la sesión, así como la dirección IP donde puede ser localizado y el protocolo con el que se establecerá la llamada de acuerdo a los parámetros enviados por el origen, el destino comparó con los que el tenía disponibles y envió la respuesta.



**Figura 26. Campo SIP del paquete SIP RINGING.**

OK

En este caso, este mensaje indica que la sesión fue establecida, es decir que el destino contestó la llamada y que ya pueden hacer transferencia de paquetes RTP para audio utilizando el codec seleccionado.

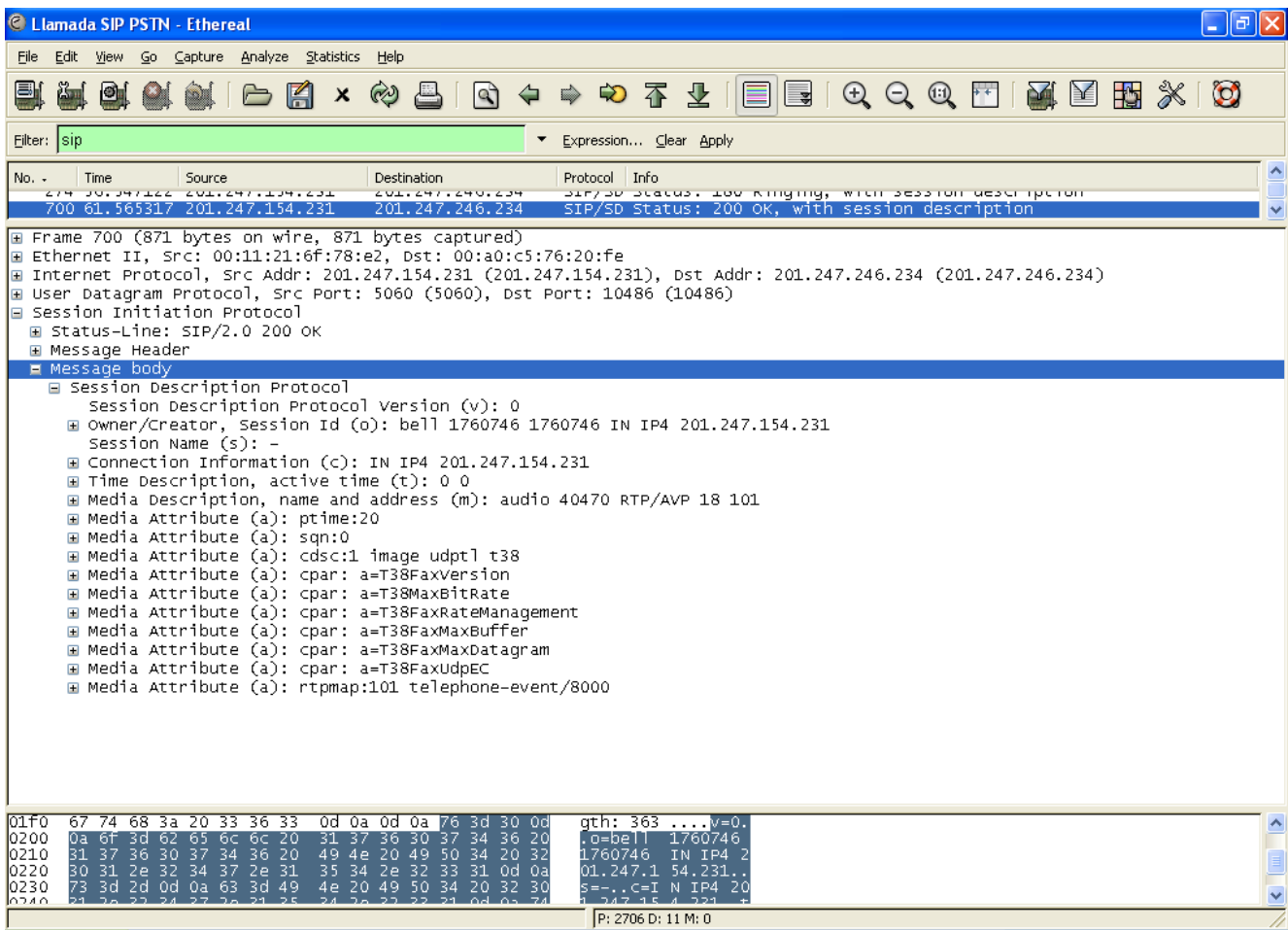
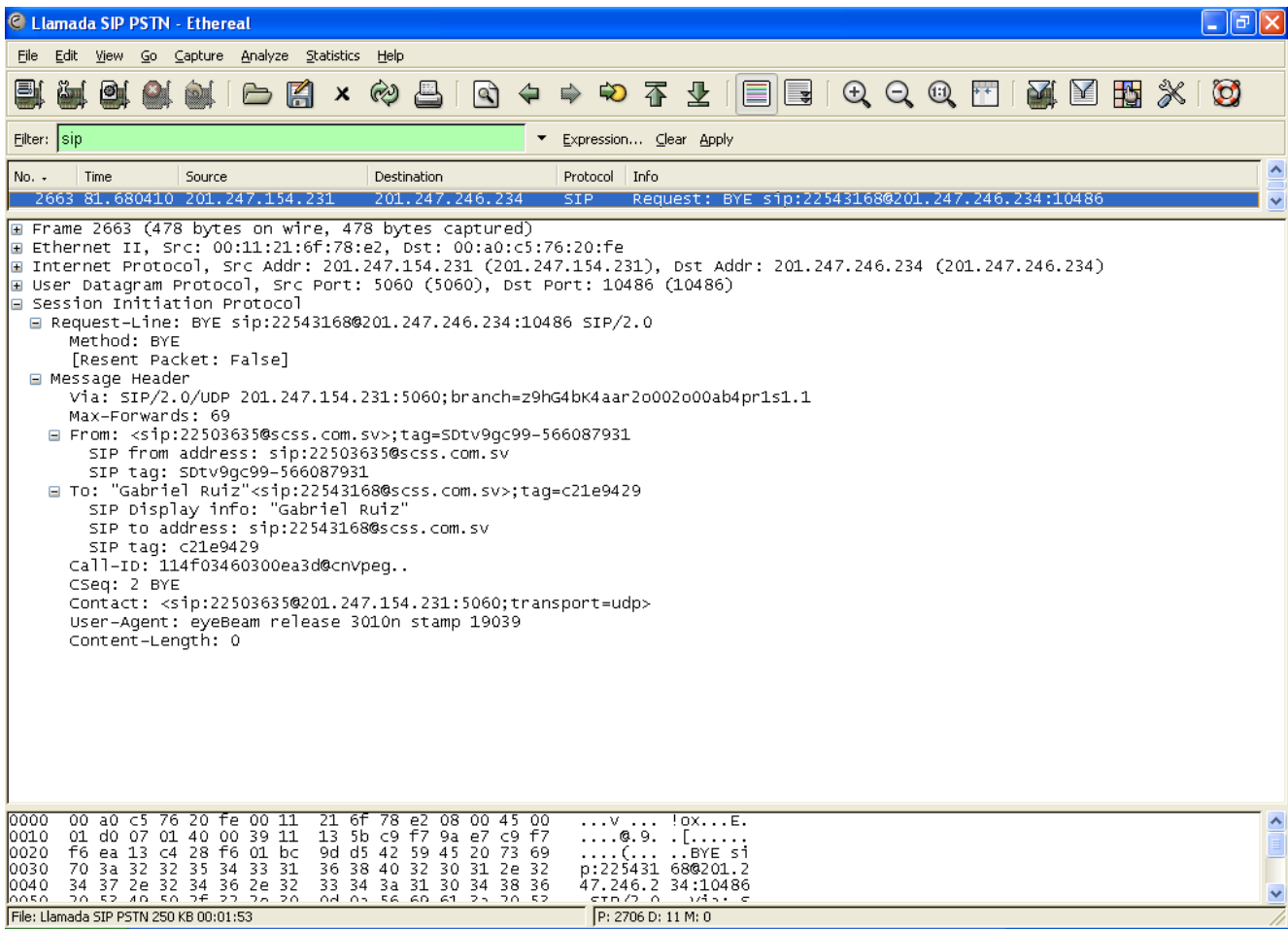


Figura 27. Campo SIP del paquete SIP OK.



## BYE

Mensaje enviado para indicar al otro terminal que se desea terminar la sesión, esto ocurre cuando el usuario cuelga el teléfono.



**Figura 29. Campo SIP del paquete SIP BYE.**

OK

Indica que se ha recibido el mensaje de terminación de sesión y que dejará de enviar paquetes RTP.

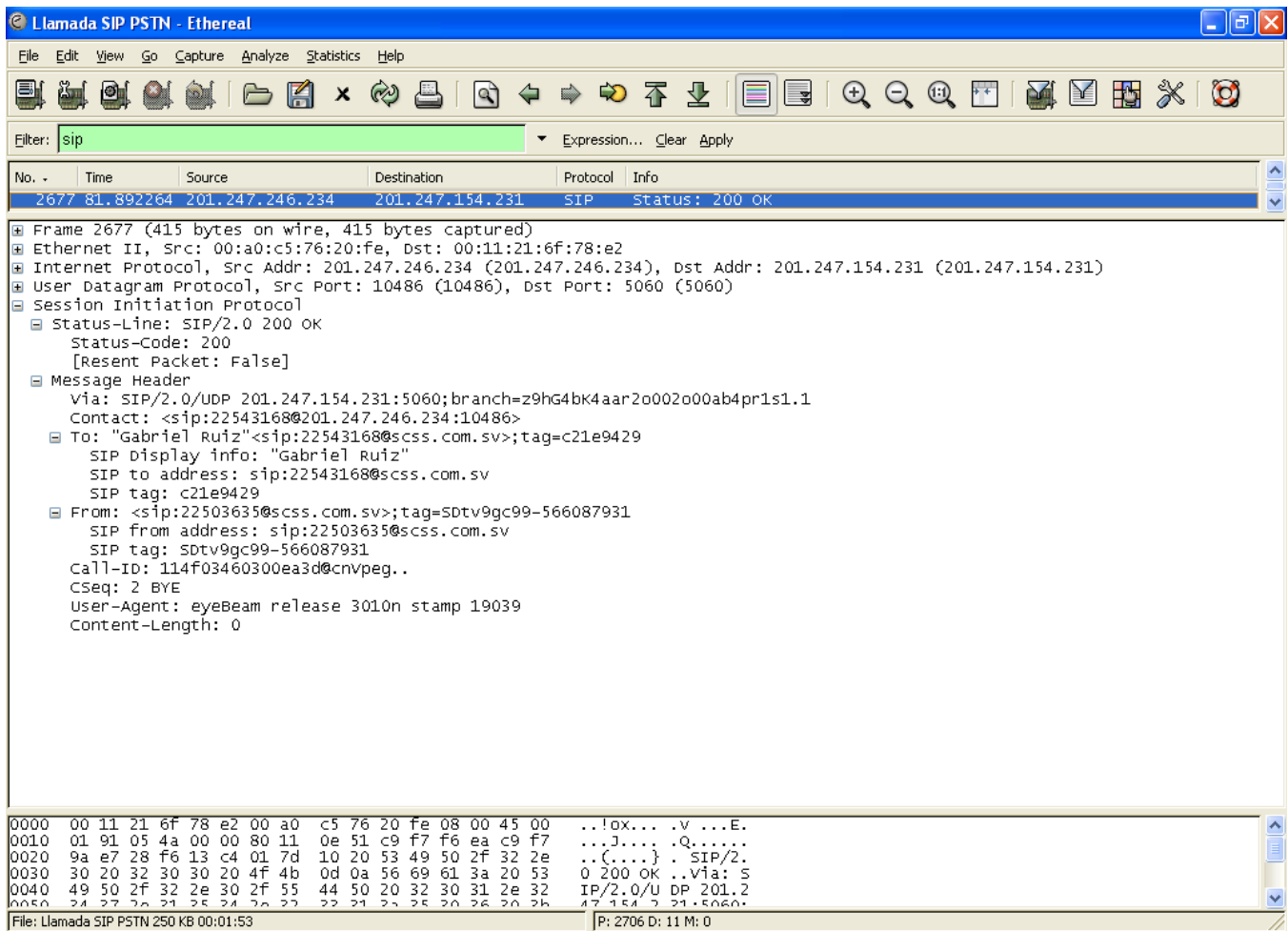
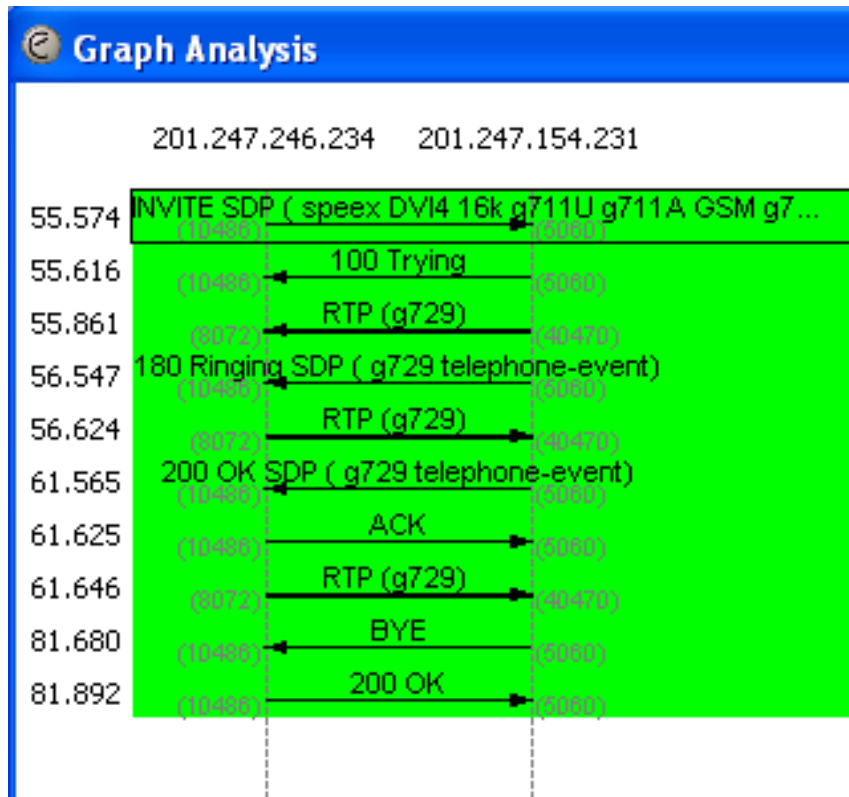


Figura 30. Campo SIP del paquete SIP OK.

La siguiente imagen nos muestra una grafica del flujo de paquetes SIP de la llamada estudiada anteriormente, tomando como parámetro las direcciones IP a las que se envía y recibe los mensajes SIP.



**Figura 31. Flujo de paquetes SIP para llamada ejemplo.**

Con la información que se muestra en la sección de gestión de llamada es posible capturar tráfico para la señalización de una llamada utilizando el protocolo SIP, que podría ser utilizado para la solución de problemas en el envío de la información incluida en los paquetes SIP, dichas pueden ser errores en las direcciones IP, usuarios, dominios entre otros.

## **4.0 PROBLEMAS COMUNES DE TRANSMISIÓN DE VOZ POR LA RED IP**

En una red donde se ha implementado Voz Sobre IP es posible encontrar diversos problemas que ocasionen lentitud en la transmisión de datos o pérdida de la calidad de la voz, estos pueden ser originados por problemas en equipos, los enlaces o por congestión de tráfico. Para resolver dichos problemas es necesario identificarlos de acuerdo a las características del problema, con el objetivo encontrar la fuente de estos, por lo que a continuación se describen los más comunes.

### **4.1 Retraso y Latencia**

La latencia y el retraso se caracterizan por el aumento de tiempo que le toma al habla salir de la boca del que habla, hasta alcanzar el oído del que escucha.

Ahora, existen tres tipos de retrasos inherentes en las redes telefónicas: retraso de propagación, retraso de serialización, y retraso de manejo. El retraso de propagación es causado por la velocidad de la luz en las redes basadas en cobre o fibra. El retraso de manejo, también llamado retraso de procesamiento, define muchas causas diferentes de retraso (empaquetamiento, compresión e intercambio de paquetes), y es causado por dispositivos que reenvían las tramas a través de la red.

El retraso de serialización, es la cantidad de tiempo que se lleva en colocar un bit, o un byte, en una interfaz. La influencia de éste en el retraso es mínima.

## **4.2 Retraso de propagación**

La luz viaja a través del vacío, a la velocidad de 186,000 millas por segundo, y los electrones viajan a través del cobre o la fibra aproximadamente a 125,000 millas por segundo. Una red de fibra, cubriendo la mitad del mundo (13,000 millas), induce un retraso de una sola vía de 70 mili segundos. Aunque este retraso es casi imperceptible al oído humano, el retraso de propagación en conjunto con el de manejo, puede causar degradación notoria en el habla.

## **4.3 Retraso de manejo**

Este tipo de retraso puede impactar redes telefónicas tradicionales, pero son un grave asunto en ambientes de empaquetado.

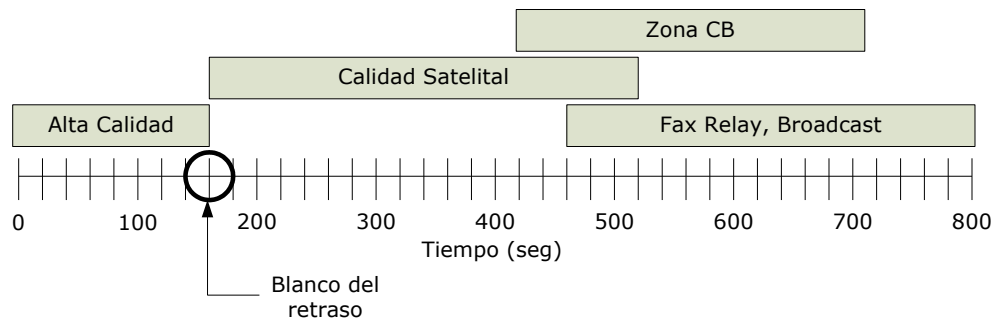
## **4.4 Retraso de cola**

Una red basada en paquetes, experimenta retrasos por otras razones. Dos de estas, son el tiempo necesario de mover el paquete actual a la salida de la cola, y el retraso causado por la misma cola.

Cuando los paquetes son mantenidos en cola, debido a la congestión de una interfaz de salida, el resultado es el retraso de cola. Esto se da, cuando se envían más paquetes de los que la interfaz puede manejar, en un intervalo de tiempo dado.

La unión internacional de telecomunicaciones, recomienda que para una buena calidad de voz, no deben ocurrir más de 150 milisegundos, en una sola dirección. En la figura siguiente se muestra un ejemplo, donde dos routers, con un retraso mínimo de red, usan solo 60 milisegundos

de retraso punto a punto, dejando libres 90 milisegundos para los paquetes IP a su destino.

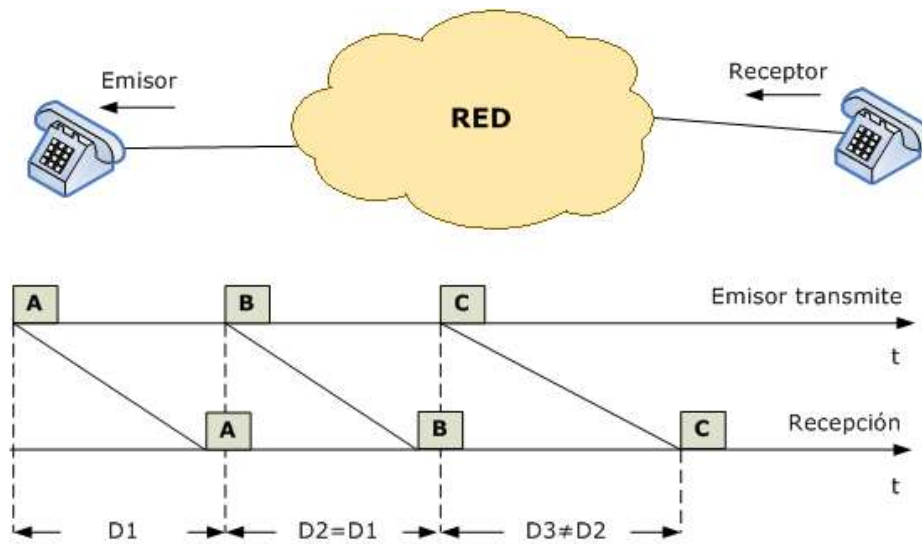


**Figura 32. Margen de retraso de paquetes por tecnología de transmisión.**

En redes congestionadas, y sin mantenimiento, el retraso de cola puede añadir hasta dos segundos, lo que es inaceptable en casi todas las redes de voz. El retraso de cola es solamente un componente de retraso punto a punto, otro es a través de jitter.

#### 4.5 Jitter

Jitter es la variación del intervalo de tiempo de un paquete. Jitter es un tópico que existe solamente en redes basadas en paquetes. Mientras que en un ambiente de paquetes de voz, se espera la transmisión a un intervalo regular. Estos paquetes de voz pueden ser retrasados a través de la red de paquetes, y no llegar al mismo intervalo regular, a la estación receptora. La diferencia entre cuando el paquete es esperado, y cuando es realmente recibido, se llama jitter.



**Figura 33. Tiempo de retraso en paquetes.**

En la figura 33 se puede observar al aumento de tiempo que le toma a los paquetes A y B, enviar y recibir su iguales ( $D1=D2$ ). El paquete C encuentra un retraso en la red, y es recibido después de lo esperado. Por esto es necesario utilizar un buffer jitter, el cual encubre el retraso entre llegada de paquetes.

Se debe notar que jitter, y retraso total no son la misma cosa, sin embargo, al tener mucho jitter en la red, se incrementa el atraso total. Esto es porque mientras más jitter se tenga, más largo debe ser el buffer de jitter para compensar la naturaleza impredecible de la red de paquetes.

Si la red está bien estructurada, y se toman las precauciones adecuadas, el jitter no es un gran problema, y los buffer de jitter no provocan un incremento al retraso total de la red punto a punto.

## **4.6 Modulación por código de pulso (PCM)**

Aunque la transmisión análoga sea ideal para la comunicación humana, la transmisión análoga no es eficiente para recuperarse del ruido de línea. En las redes antiguas, cuando se ocupaba un amplificador para darle más potencia a la voz, no sólo se amplificaba ésta, sino que también el ruido se veía incrementado, lo que provocaba a menudo una conexión inservible.

Es mucho más fácil para muestras digitales, comprendidas por bits de 1 y 0, ser separadas del ruido de línea. Sin embargo, cuando señales análogas son regeneradas como muestras digitales, un sonido limpio es mantenido.

Por ejemplo, en una red de satélite se cuenta un retraso de alrededor 500 milisegundos. Esto incluye 250 milisegundos por el viaje de subida al satélite, y otros 250 milisegundos por el viaje de regreso a la tierra. En este tipo de redes, la pérdida de paquetes es altamente controlada mediante el costo del ancho de banda. También, si alguna aplicación de voz está siendo aplicada a través del satélite, los usuarios del servicio perciben una calidad de voz con excesivos retrasos.

Si en esta red se utilizan 10 milisegundos de muestras en tramas por paquete, se pueden cortar a la mitad el número de encabezados necesarios. Con un incremento de solo 20 bytes en el tamaño del paquete (20 bytes extra, iguales a dos veces 10 milisegundos por muestra), se transportan el doble del habla por paquete.

<b>G.729 Samples per Frame</b>	<b>IP/RTP/UDP Header</b>	<b>Bandwidth Consumed</b>	<b>Latency*</b>
Default (two samples per frame)	40 bytes	24,000 bps	25 ms
Satellite (four samples per frame)	40 bytes	16,000 bps	45 ms
Low Latency (one sample per frame)	40 bytes	40,000 bps	15 ms

\*Compression and packetization delay only

**Tabla 7. Encabezados para transmisión de paquetes RTP utilizando codec G.729.**

#### **4.7 Medida perceptiva de la calidad del habla (PSQM)**

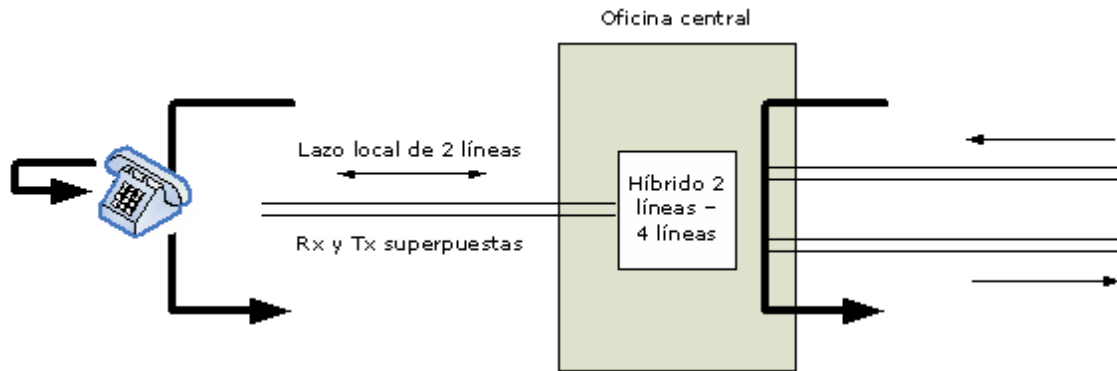
A pesar que el MOS es un método subjetivo para determinar la calidad de la voz, no es el único método para hacerlo. La ITU-T pone cuatro recomendaciones P.861, las cuales cubren formas de determinar objetivamente la calidad de la voz, usando PSQM.

PSQM posee muchos inconvenientes cuando es usado con codecs de voz (vcodecs). Un inconveniente es que lo que la "máquina" o el PSQM escucha no es lo que los oídos de los humanos perciben.

#### **4.8 Eco**

El eco en una conversación telefónica puede pasar de leve, a molesta, haciendo la conversación no comprensible.

En una red tradicional, el eco es normalmente causado por el desacople de impedancias desde la conversión de la red conmutada de cuatro hilos, al lazo local de dos hilos, como se muestra en el dibujo. El eco en la PSTN, es regulado con canceladores de eco, y un estrecho control en los desacoples de impedancia, en los puntos de reflexión comunes.



**Figura 34. Eco generado por centrales telefónicas.**

El eco tiene dos inconvenientes, puede ser fuerte, y puede ser largo. Mientras más largo y fuerte sea, más molesto se vuelve.

Las redes telefónicas en las partes del mundo donde la voz análoga es primordialmente utilizada emplean supresores de eco, los cuales lo remueven cubriendo la impedancia en un circuito. Este no es el mejor mecanismo para removerlo, y causa otros problemas. No se puede usar ISDN en un circuito que posee supresores de eco, debido a que éstos cortan el rango de frecuencias que utiliza el ISDN.

En las redes actuales, basadas en paquetes, se pueden construir canceladores de eco en los codes de baja tasa de bits, y operarlos en cada DSP.

Para entender como funcionan los supresores de eco, es necesario entender de donde proviene el eco.

En este ejemplo, asuma que el usuario A está hablando con el usuario B. El habla del usuario A hacia el usuario B es llamado G. Cuando G

encuentra un desacople de impedancias, o algún otro ambiente que causa el eco, éste rebota hacia el usuario A. El usuario A puede entonces escuchar el retraso muchos milisegundos después que éste habla.

Para remover el eco de la línea, el dispositivo por el cual el usuario A está hablando (router A), mantiene una imagen inversa del habla de este usuario, por alguna cantidad de tiempo. Esto es llamado habla inversa (-G). Este cancelador de eco escucha el sonido proveniente del usuario B, y sustrae el -G para remover cualquier eco.

Los canceladores de eso están limitados por la cantidad de tiempo total que esperan para recibir el habla reflejada, un fenómeno conocido como la cola del eco.

#### **4.9 Pérdida de paquetes**

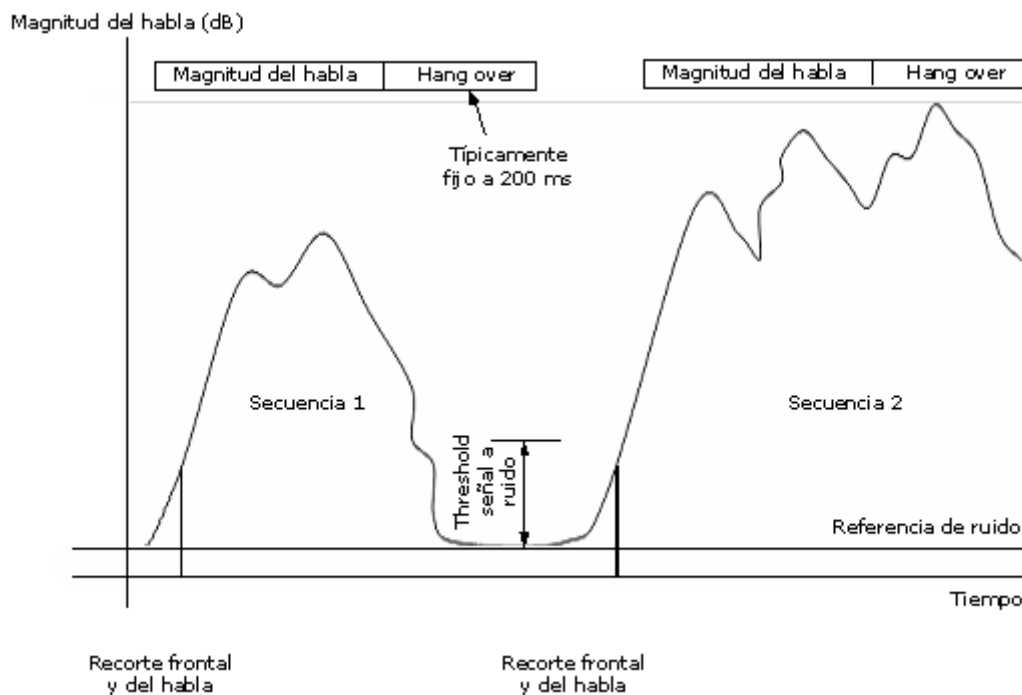
La pérdida de paquetes en una red de datos es común y esperada. Muchos protocolos de datos utilizan la pérdida de paquetes para conocer las condiciones de la red, y puedan reducir el número de paquetes que están enviando.

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

Cuando se coloca voz en una red de datos, es importante construir una red que pueda exitosamente transportar voz en una manera confiable y rápida.

#### 4.10 Detección de actividad de voz

En las conversaciones normales, alguien habla y alguien escucha. En la actualidad, las redes contienen un bit direccional, un canal de 64,000 bits por segundo, sin importar si alguien está hablando o no. Es decir, que en una conversación normal, al menos el 50 por ciento del ancho de banda está siendo desperdiciado. El desperdicio del ancho de banda puede ser mucho mayor, si se toma una estadística de las pausas, y cortes en el habla normal de una persona.



**Figura 35. Detección de voz en señal análoga.**

Cuando se utiliza VoIP, es posible utilizar este ancho de banda desperdiciado para otros propósitos, cuando la detección de actividad de voz está activa (VAD). Como se muestra en la figura, VAD funciona

detectando la magnitud del habla en decibeles (dB), y decide cuando cortar la voz que será entramada.

Típicamente, cuando el VAD detecta una caída de la magnitud del habla, este espera una cantidad fija de tiempo antes de dejar de colocar tramas de voz en paquetes. Este tiempo fijo es conocido como "hangover", y generalmente es de 200 ms.

VAD experimenta problemas inherentes al determinar cuando empieza el habla y cuando termina, y en distinguir el habla del ruido de fondo. Esto significa que si se encuentra en un salón ruidoso, VAD es incapaz de detectar cuál es la voz y cuál es el ruido de fondo. Esto es conocido también como threshold de señal a ruido. En estos escenarios, VAD se desactiva al inicio de la conversación.

Otro problema inherente en VAD, es la detección del inicio del habla. Típicamente, el inicio de una sentencia es recortado, como se muestra en la figura anterior. Este fenómeno es conocido como recorte del borde frontal del habla. Usualmente la persona que está escuchando no nota dicho fenómeno.

#### **4.11 Conversión de señales análogas a digitales**

Conversiones digitales a análogas (D/A) plagan las redes. Aunque todo el backbone de redes telefónicas en países del primer mundo es digital, algunas veces ocurren múltiples conversiones D/A.

Cada vez que una conversión ocurre de digital a análoga y viceversa, el habla, o la forma de onda se vuelve menos fiel a la original. Aunque en la actualidad, las redes pueden manejar hasta siete conversiones D/A,

antes que la calidad de la voz sea afectada, y la comprensión del habla es menos robusta en estas conversiones.

Es importante notar que las conversiones D/A deben ser estrechamente gestionadas en el ambiente comprimido del habla. La única manera de gestionar las conversiones D/A es diseñar un ambiente VoIP con la menor cantidad posible de estas conversiones.

Con lo descrito en la sección anterior, se puede identificar un problema en la red con saber las características del problema, con el objetivo de resolver el problema ocasionado con rapidez.

## **5.0 CALIDAD DE SERVICIO QoS**

Existen pocas opciones puntuales por la cual superar los problemas ocasionados por la deficiencia de ancho de banda, el primero es el aumento de la capacidad de este, pero puede que no represente la opción económicamente más viable.

Calidad de servicio se refiere tanto a la clase de servicio (CoS), como al tipo de servicio (ToS).

El CoS le permite a un administrador de red agrupar dos diferentes flujos de paquetes, cada uno con distinta latencia y requerimiento de ancho de banda. El ToS es un campo en un campo de la cabecera del protocolo IP, que le permite tener lugar al CoS.

### **5.1 Herramientas de red de QoS**

En una red, se deben separar las funciones que ocurren en los bordes de

las redes, de las funciones que ocurren en el núcleo, o en el backbone, para establecer la mejor QoS posible.

Algunos problemas que QoS no puede resolver son los retrasos de propagación, retrasos de codificación, de muestreo y de digitalización.

Es importante conocer qué partes pueden ser cambiadas y qué partes pueden ser controladas, en una llamada de VoIP, como se muestra a continuación:

	Fixed Delay	Variable Delay
Coder Delay G.729 (5 ms Look Ahead)	5 ms	
Coder Delay G.729 (10 ms Per Frame)	20 ms	
Packetization Delay Included in Coder Delay		
Queuing Delay 64 kbps Trunk		6 ms
Serialization Delay 64 kbps Trunk	3 ms	
Propagation Delay (Private Lines)	32 ms	
Network Delay (For Example, Public Frame Relay Svc)		
Dejitter Buffer		2-200 ms
<b>Total - Assuming 50 ms Jitter Buffer</b>	<b>110 ms</b>	

**Tabla 8. Diferentes tipos de retrasos.**

La ITU recomienda un retraso de no más de 150 ms, pero esto es solamente una recomendación, ya que los distintos proveedores pueden variar un poco este valor, ya sea incrementándolo o disminuyéndolo.

### 5.1.1 Funciones de bordes (Edge):

Estas generalmente son aplicadas a las redes WAN, que poseen un ancho de banda en la central menor a un T1 o un E1. Esto no es una regla, pero es una recomendación de cuando usar funciones para backbone y para bordes.

### 5.1.2 Limitaciones del ancho de banda

Dependiendo del tipo de codec que se use, y cuantas muestras se requieran por paquete, la cantidad de ancho de banda por llamada puede incrementar drásticamente. A manera de ejemplo se muestra la tabla 9.

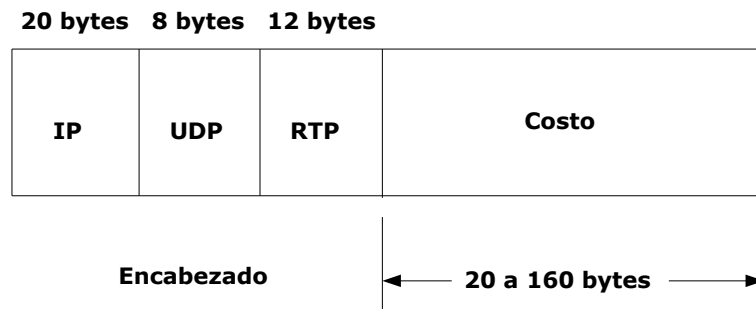
Codec	Bandwidth Consumed	Bandwidth Consumed with cRTP (2-Byte Header)	Sample Latency
G.729 w/ one 10-ms sample/frame	40 kbps	9.6 kbps	15 ms
G.729 w/ four 10-ms samples/frame	16 kbps	8.4 kbps	45 ms
G.729 w/ two 10-ms samples/frame	24 kbps	11.2 kbps	25 ms
G.711 w/ one 10-ms sample/frame	112 kbps	81.6 kbps	10 ms
G.711 w/ two 10-ms samples/frame	96 kbps	80.8 kbps	20 ms

**Tabla 9. Cuadro comparativo de uso de ancho de banda por diferentes codecs.**

### 5.1.3 Compresión de Protocolo de tiempo Real (cRTP)

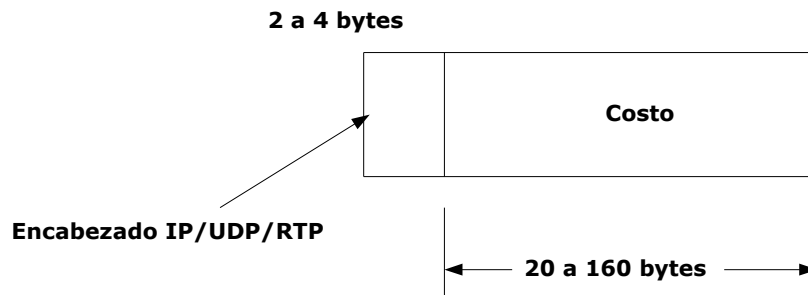
Para reducir el porcentaje de ancho de banda consumido se puede utilizar el cRTP. Un ejemplo de compresión, utilizando cRTP se muestra a continuación, donde se pasa de la utilización de 40 bytes (IP/RTP/UDP), a 2 o 4 bytes.

Antes de la compresión de encabezado RTP:



**Figura 36. Paquete antes de compresión de encabezado RTP.**

Después de la compresión de encabezado RTP:



**Figura 37. Paquete después de compresión de encabezado RTP.**

Por ejemplo, en el caso de llamadas VoIP G.729, con este método se reduce el ancho de banda de 24 kbps a 11.2 kbps, con lo que, si se utilizara un enlace de 52 kbps, se podrían transportar cuatro de estas llamadas (de 11.2 kbps cada una), en lugar de dos, cuando no se aplica el método.

Esto es posible debido a que el cRTP reduce el encabezado IP/RTP/UDP a 2 bytes cuando el checksum del UDP no es utilizado, y a 4 bytes cuando si es utilizado.

cRTP utiliza algunas de las técnicas empleadas por la compresión de cabecera de TCP, reduciendo en un factor de dos, gracias a que la mitad de los bytes en la IP de la cabecera TCP permanece constante durante toda la conexión.

Como la compresión de cabecera TCP/IP mantiene estado compartido para múltiples y simultáneas conexiones TCP, esta compresión IP/RTP/UDP debe mantener el estado para múltiples contextos de sesión. Un contexto de sesión se define como la combinación de las direcciones IP de las fuentes y de los destinos, los puertos UDP fuentes y destinos, y el campo de sincronía RTP de la fuente (SSRC).

Para reconocer en qué contexto de sesión se debe interpretar el paquete, el compresor de paquete posee la identificación de contexto de sesión, o CID.

#### **5.1.4 Queuing**

En el queuing, la idea es que los datos, al llegar a cierto punto, se detengan y hagan cola, pagando el costo para continuar su camino, y con la prioridad puesta en el orden de llegada, es decir, el primero que llega será el primero que sale. Esto es lo que se conoce como FIFO, de las siglas en inglés de "el primero que llega, el primero que sale" (first in, first out).

FIFO fue el primer tipo de queuing utilizado en routers, y es aún útil, dependiendo de la topología de la red.

Cisco posee muchas herramientas que permiten al administrador de red clasificar cual tipo de tráfico es "especial", o importante, y colocar en cola el tráfico basado en esa prioridad. La más popular de esas técnicas es conocida como WFQ (Weighted Fair Queuing).

#### **5.1.5 Weighted Fair Queuing**

FIFO coloca todos los paquetes en cola, y los transmite cuando hay ancho de banda disponible, mientras que WFQ utiliza múltiples colas para separar flujos, y otorga igual cantidad de ancho de banda a cada flujo. Esto previene a aplicaciones como FTP, a utilizar todo el ancho de banda disponible.

WFQ asegura que la cola no sufra por un ancho de banda, y que al tráfico se le pueda predecir el tipo de servicio. Flujos de bajo volumen de datos reciben un servicio preferencial.

WFQ es similar al TDM, ya que divide el ancho de banda igualmente entre los flujos, impidiendo que las aplicaciones sufran por el escaso ancho de banda. Cabe mencionar que el WFQ es superior al TDM, ya que dinámicamente reutiliza el ancho de banda libre, de los flujos que dejan de estar existentes en la transmisión.

WFQ dinámicamente identifica los flujos de datos basado en diferentes factores. Dichos flujos son priorizados dependiendo de la cantidad de ancho de banda que consuman. Este algoritmo hace que se comparta justamente el ancho de banda, sin la necesidad de utilizar acces lists, o alguna otra tarea que consume tiempo.

La forma de determinar un flujo, por parte de WFQ, es por medio de las direcciones de la fuente y del destino, el tipo de protocolo, el número o tipo de conector, y los valores de QoS/ToS.

La técnica Fair Queuing le permite a las aplicaciones de bajo ancho de banda, las cuales constituyen la mayoría del tráfico, tener tanto ancho de banda como requieran, relegando al tráfico que necesita mayor ancho de banda a compartirlo con el tráfico remanente de una forma justa.

WFQ utiliza la ruta de rápida conmutación (fase-switching), en los sistemas operativos cisco, habilitado con el comando fair-queue, configurado por defecto a 2.048 mbps, o más lento, en la mayoría de las interfaces seriales.

Esta técnica es afectada por seis mecanismos: Precedencia IP, FECN, BECN, RSVP, Prioridad IP RTP, y Reserva IP RTP.

El campo de precedencia IP posee valores de 0 (defecto), a 7. A medida que el valor de precedencia aumenta, el algoritmo aloja mayor ancho de banda a esa conversación o flujo. Esto le permite al flujo ser transmitido más frecuentemente.

En una red de Frame Relay, los bits FECN y BECN usualmente apuntan a la presencia de una congestión. Cuando esto sucede, el algoritmo realiza cambios tales que la conversación, al encontrar la congestión, transmite menos frecuentemente.

Este tipo de técnica está orientada a interfaces con velocidades de reloj menores a 2.048 mbps.

#### **5.1.6 Custom queuing**

Custom queuing (CQ), le permite al usuario especificar el porcentaje de disponibilidad de ancho de banda para un protocolo en particular. Se pueden definir hasta 16 colas de salida, mas una cola adicional para mensajes de sistema.

El router determina cuántos bytes de cada cola deben ser transmitidos, basados en la velocidad de la interfase, así como en el porcentaje de tráfico configurado.

#### **5.1.7 Prioridad de Queuing**

PQ le permite al administrador de red configurar cuatro prioridades de tráfico: alto, normal, medio y bajo. El tráfico entrante es asignado a una de las cuatro colas de salida. El tráfico en la alta prioridad es servida hasta que la cola esté completamente vacía, luego, los paquetes en la

siguiente prioridad son transmitidos.

Este arreglo de cola asegura que al tráfico de misión crítica le sea siempre proporcionado tanto ancho de banda como necesite, sin embargo, afecta a otras aplicaciones que lo necesiten.

PQ es mejor utilizada cuando el tráfico de alta prioridad consume la última cantidad de ancho de banda.

### **CB-WFQ:**

CB-WFQ posee todos los beneficios de WFQ, con la función adicional de proveer soporte para redes de clases de tráfico definidas por el administrador. CB-WFQ también puede ejecutarse en interfaces de alta velocidad (T3), in routers 7200 o superiores.

CB-WFQ permite definir qué constituye una clase, basada en criterios que exceden los confines del flujo. Usando esta técnica, se puede crear una clase específica para un tráfico de voz. El administrador de red define estas clases de tráfico a través de listas de acceso. Estas clases de tráfico determinan cómo los paquetes están agrupados en las diferentes colas.

La característica más interesante es que permite al administrador de red especificar la cantidad de ancho de banda que será alojado por la clase de tráfico. CB-WFQ puede manejar 64 diferentes clases, y controlar requerimientos de ancho de banda por cada clase.

Se puede alojar una cantidad mínima específica de ancho de banda garantizado, como porcentaje del enlace, o en kbps. Otras clases

pueden compartir ancho de banda sin utilización en proporción a su peso asignado.

### **Queuing de baja latencia (PQ con CB-WFQ)**

Este mecanismo fue desarrollado para dar absoluta prioridad al tráfico de voz sobre todo el otro tráfico, en una interfaz. El LLQ (low latency queuing), le da al CB-WFQ la funcionalidad de cola de estricta prioridad, de la prioridad requerida de IP RTP para el retraso.

A pesar que es posible poner en cola varios tipos de tráfico, en un PQ estricto, es altamente recomendable que se dirija sólo tráfico de voz para este tipo. Esta recomendación está basada en que el tráfico de voz posee un buen comportamiento, y envía paquetes en intervalos regulares.

Con el LLQ, se puede especificar tráfico en un rango amplio de maneras para garantizar la prioridad estricta de entrega. Para indicar que el flujo de voz debe ser puesto en la estricta PQ, se utilizan listas de acceso.

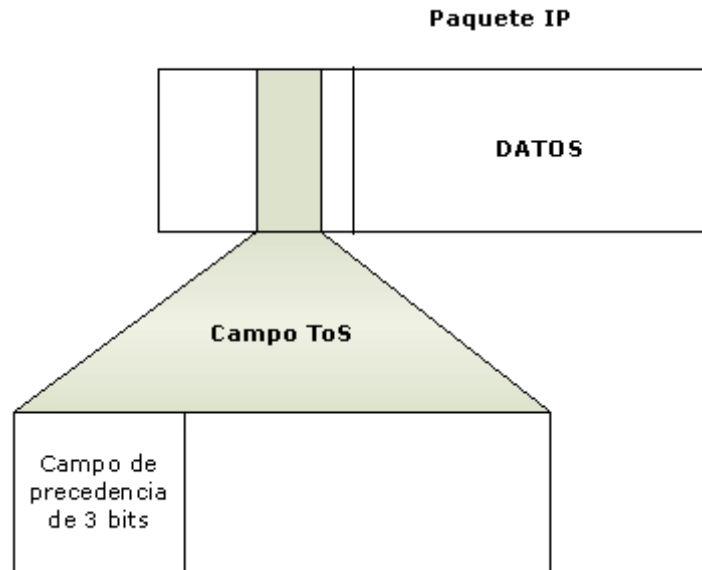
Aunque este mecanismo es relativamente nuevo en los sistemas de Cisco, ha probado ser muy poderoso, y le da a los paquetes de voz la prioridad necesaria, y latencia que se requiere para una voz de buena calidad.

## 5.1.8 Clasificación de paquetes

Para alcanzar la entrega de paquetes, se debe conocer como pesar propiamente el WFQ.

### 5.1.8.1 IP Precedence

IP Precedence se refiere a los tres bits en el campo ToS, en un encabezado IP, como se muestra en la figura 38.



**Figura 38. Campo ToS en encabezado IP.**

Estos tres bits permiten ocho diferentes tipos de CoS:

Tipo de servicio	Propósito
Rutina	Ajusta precedencia de rutina (0)
Prioridad	Ajusta precedencia de prioridad (1)

Inmediato	Ajusta precedencia inmediata (2)
Flash	Ajusta precedencia Flash (3)
Flash-override	Ajusta precedencia Flash override (4)
Crítico	Ajusta precedencia crítica (5)
Internet	Ajusta precedencia de control internetwork (6)
Red	Ajusta precedencia control de red (7)

**Tabla 10. Tipos de CoS en bits de campo Tos.**

Las precedencias IP 6 y 7 están reservadas para la información de red. Esto deja 6 precedencias remanentes para flujos de tráfico IP.

La precedencia IP le permite al router agrupar flujos de tráfico, basado en ocho configuraciones de precedencia, y poner en cola el tráfico, basado tanto en la información, como en la dirección de la fuente, dirección destino, y números de puertos.

Este mecanismo QoS es el mayormente utilizado en las redes.

### **5.1.8.2 Policy Routing**

Con el enrutador basado en la policy, se puede configurar una política definida para flujos de tráfico. Policy Routing, también permite configurar el campo de precedencia IP, para que la red pueda utilizar diferentes clases de servicio.

Se pueden basar políticas en las direcciones IP, números de puertos, protocolos, o el tamaño de los paquetes. Se puede usar uno de estos

descriptores, para crear una política simple, o se pueden utilizar todos para crear una política compleja.

Todos los paquetes recibidos en una interfaz, con el enrutamiento basado en la política habilitado, son pasados a través de filtros mejorados de paquetes, conocidos como mapas de rutas. Dicho mapa dice dónde serán enviados los paquetes.

Se puede también marcar un estado al route-map (mapa de ruta), como "permit", o "deny". Si el estado está marcado como "deny", los paquetes que coincidan con el criterio serán enviados a través de los canales usuales de reenvío. Solamente si el estado marcado es "permit", y los paquetes coinciden con el criterio, todas las cláusulas configuradas serán aplicadas.

Si el estado es "permit", pero los paquetes no coinciden con el criterio, dichos paquetes serán enviados a través del canal usual de enrutamiento.

El Policy Routing es especificado en las interfaces que reciben los paquetes, y no en la que los envía.

Se puede usar el estándar IP, o las listas de acceso extendidas de control (ACLs) para establecer el criterio de coincidencia, la lista de acceso del estándar IP para especificar el criterio de coincidencia para la dirección fuente, y las listas de acceso extendidas para especificar el criterio de coincidencia basado en las aplicaciones, el tipo de protocolo, ToS, y la precedencia.

La característica de coincidencia fue extendida para incluir la coincidencia de la longitud de paquetes, entre valores mínimos y máximos específicos. El administrador de red puede usar la coincidencia de longitud como criterio que distingue entre tráfico interactivo, y tráfico de "bulto".

El proceso del Policy Routing procede a través del mapa de ruta hasta que una coincidencia es encontrada, si no hay ninguna, o la entrada del mapa está marcada como "deny", ocurre el enrutamiento basado en el destino normal. El estado "deny" es el que se encuentra por defecto.

### **5.1.8.3 Procotolo de Reserva de Recursos (RSVP)**

RSVP habilita a los terminales para señalar un cierto tipo de QoS, necesario para una aplicación en particular.

Los administradores de red pueden usar RSVP como una lista de acceso dinámica. Esto significa que los administradores no necesitan preocuparse por el número de puertos de los flujos de paquetes IP, debido a que RSVP señala esa información durante su demanda original. RSVP es un protocolo de señalización fuera de banda y punto a punto, que demanda una cierta cantidad de ancho de banda y latencia, con cada salto de red que soporta ese protocolo. Si un nodo de red (router), no soporta RSVP, este protocolo se mueve al siguiente salto. Un nodo de red tiene la opción de aprobar o rechazar la reservación, basado en la carga de la interfase en la cual el servicio es requerido.

En los IOS de Cisco, cada interfase en la que se desee habilitar el RSVP debe ser explícitamente configurada con dicho protocolo. También, el

administrador de red debe configurar la cantidad de ancho de banda alojado en esa interfase para el RSVP.

Las aplicaciones reciben confirmación si la solicitud para el QoS es aprobada o rechazada. Algunas aplicaciones transmiten sus datos a cualquiera, sin embargo, algunas aplicaciones inteligentes deciden no transmitir, o eligen otra ruta. En el caso de VoIP, esa ruta puede ser el PSTN.

RSVP no es un protocolo de enrutamiento, y no modifica la tabla de enrutamiento IP basado en el flujo del tráfico o en la congestión. RSVP simplemente habilita los protocolos de enrutamiento IP para escoger la ruta óptima, aunque esta ruta podría no ser el camino más ideal habilitado por el QoS. RSVP no puede ajustar este comportamiento.

Las opciones del comando están definidas como sigue:

Kbps de interfaz (opcional): cantidad de ancho de banda (en kbps), en la interfaz para ser reservado; el rango es de 1 a 10,000,000.

Flujo simple en kbps (opcional): cantidad de ancho de banda (en kbps) alojado para un flujo simple; el rango es de 1 a 10,000,000.

Defecto: 75% del ancho de banda disponible en la interfaz, si no ha sido especificado un ancho de banda (en kbps).

A pesar que RSVP es una herramienta importante, no resuelve todos los problemas relacionados al QoS. RSVP tiene tres deficiencias, escalabilidad, control de admisión, y el tiempo que toma en configurar la reservación punto a punto.

Debido a su problema de escalabilidad, el RSVP es aplicado en los bordes de la red, y es necesario aplicar otra herramienta de QoS en el backbone.

RSVP trabaja en el tamaño total del paquete IP, y no cuenta para ningún esquema de compresión, chequeo de redundancia cíclica (CRCs), o encapsulación de línea (Frame Relay, PPP, o HDLC).

#### **5.1.8.4 Reservación IP RTP**

El IOS de Cisco posee otro mecanismo para pesar el tráfico, basado en el rango del flujo de paquetes, del puerto UDP. Cuando se usa la reservación IP RTP, no se necesita utilizar la precedencia IP, o RSVP.

También le permite al administrador especificar la cantidad de ancho de banda que se le permitirá ser priorizado en ese rango del puerto.

La reservación "estática" IP RTP permite que el tráfico sea clasificado con un alto peso cuando el tráfico "reservado" está presente. Cuando lo está, otro flujo puede utilizar el ancho de banda extra, que no está siendo utilizado por esta reservación.

Esta configuración pesa WFQ para todo el tráfico UDP, desde el puerto 16384 hasta el 16484.

La reservación IP RTP no es la solución disponible más escalable. Esta permite un rango de sólo 100 puertos UDP, y no permite el control de admisión. Sin dicho control, cualquier flujo de paquetes entre el rango específico de la reservación IP RTP es valorado.

### **5.1.8.5 Prioridad IP RTP**

Cuando está activo el WFQ, y la prioridad IP RTP está configurada, una cola de estricta prioridad es creada. Este tipo de configuración se puede utilizar cuando se cuenta con un esquema de datos sensibles a los retrasos.

Es posible identificar el tráfico de voz mediante los números de puertos UDP, y clasificarlos en una cola prioritaria. El resultado es que la voz tendrá servicio de prioridad estricta, en preferencia sobre otro tráfico. Este es el esquema de clasificación más recomendable para redes VoIP en enlaces de ancho de banda reducido (768 kbps y menores).

### **5.1.8.6 Traffic Policing**

Cisco posee pocas herramientas que les permite a los administradores de red definir cuanto ancho de banda una aplicación, o aún un usuario puede utilizar. Estas características vienen en dos diferentes formas: herramientas de límite de tasa, como CAR, y herramientas de shaping, como GTS o FRTS.

La diferencia principal entre esas dos herramientas reguladoras de tráfico es que las limitadoras de tasa botan el tráfico basado en policing, y las herramientas shaping generalmente alojan el exceso de tráfico mientras esperan el siguiente intervalo abierto para transmitir los datos.

Las herramientas CAR y traffic shaping son utilizadas en conjunto. Traffic shaping es usada al final de la red, para asegurar que el consumidor está usando el ancho de banda para necesidades de negocio.

CAR es a menudo utilizado en redes de proveedores de servicio, para asegurar que el suscriptor no exceda la cantidad de ancho de banda puesta por el contrato con el proveedor de servicio.

#### **5.1.8.7 CAR**

CAR es un mecanismo de policing que les permite a los administradores de red configurar acciones de exceso o conformismo. A menudo se utilizan acciones de conformismo para transmitir el tráfico, y una acción de exceso para descartar los paquetes, o marcarlos con un valor menor de precedencia IP.

Los mecanismos del limitador de tasa, CAR, le permiten al usuario:

- Controlar la tasa máxima del tráfico transmitido o recibido en una interfaz.
- Dar control granular en la capa 3, el cual habilita una red IP exhibir cualidades de una red TDM.

Es posible limitar la tasa del tráfico por precedencia, dirección MAC, direcciones IP, o algún otro parámetro. Los administradores de red también pueden configurar listas de acceso para crear políticas aún mas granulares.

Es importante notar que CAR no regula ningún tráfico para desacelerar los flujos de tráfico. De cualquier forma, CAR es ideal para ambientes de alta velocidad.

El administrador de red puede especificar una política básica CAR para todo el tráfico IP.

Para que sean funcionales, el CAR y el DCAR, se deben definir los siguientes criterios:

Dirección de paquetes, entrantes o salientes.

Una tasa promedio. El tráfico que cae bajo esta tasa siempre es conforme.

Un tamaño de flujo normal, que determina qué tan largo puede ser el flujo de tráfico antes de ser considerado como excedido de la tasa límite.

Un exceso del tamaño de flujo.

CAR es utilizado únicamente en tráfico IP, al igual que procesador de interfaz versátil distribuida CAR (VIP-DCAR).

Es posible configurar CAR o VIP-DCAR en una interfaz o una sub-interfaz, pero no pueden ser soportadas por las siguientes interfases:

- Canal FastEthernet
- Túnel
- Interfaz de tasa primaria (PRI)
- Cualquier interfaz que no soporte el reenvío Express de Cisco (CEF)

### **5.1.8.8 Traffic Shaping**

El IOS de Cisco, incluye dos tipos de traffic shaping, GTS y FRTS. Ambos métodos de traffic shaping son similares en cuanto a la implementación, aunque de cierta forma, sus comandos de configuración varían, y usan diferentes formas de poner en cola.

Si un paquete es diferido, GTS usa WFQ para mantener el tráfico retrasado. FRTS usa CQ o PQ para mantenerlo, dependiendo cómo ha sido configurado.

Traffic Shaping permite controlar el tráfico saliente de una interfaz, para que coincida con la velocidad del flujo de la remota, interfaz destino y para asegurarse que el tráfico obedece a las políticas estipuladas.

Se usa primariamente el Traffic Shaping para:

- Controlar el uso del ancho de banda disponible
- Establecer políticas de tráfico
- Regular el flujo de tráfico para evitar congestiones

Y se utiliza en las siguientes situaciones:

Se configura el Traffic Shaping en redes cuando se cuenta con diferentes tasas de acceso.

Se configura Traffic Shaping si se ofrece un servicio de sub-tasa

El Traffic Shaping previene la pérdida de los paquetes. Es especialmente utilizado en redes de Frame Relay, debido a que el switch no puede determinar qué paquetes toman precedencia, y cuáles deben ser descartados cuando ocurre una congestión.

#### **5.1.8.9 Diferencias entre GTS y FRTS**

Hay dos formas en las que GTS y FRTS difieren:

FRTS soporta el moldeado basado en cada identificador de conexión de datos y enlaces (DLCI). GTS es configurable por interfaz y sub-interfaz.

GTS soporta WFQ.

Es posible configurar GTS para que tenga el mismo comportamiento que FRTS, alojando un DLCI por sub-interfaz, y utilizando el soporte GTS más BECN. Los dos se comportan igual, excepto por las diferentes formas de colocar en cola que utilizan.

El Traffic Shaping suaviza el tráfico, poniendo en cola el que esté por encima de la tasa configurada. Cuando un paquete llega a la interfaz por medio de una transmisión, lo siguiente sucede:

Si la fila está vacía, el moldeador de tráfico procesa el paquete de llegada. De ser posible envía el paquete, de otra forma, el paquete es colocado en cola.

Si hay paquetes en cola, el moldeador de tráfico envía otro paquete nuevo a la cola.

Cuando hay paquetes en cola, el moldeador de tráfico remueve el número de paquetes que puede transmitir desde la fila cada intervalo de tiempo.

#### **5.1.8.10 GTS**

GTS se aplica en la base de una interfaz, y puede usar listas de acceso para seleccionar el tráfico a moldear. Funciona con una variedad de tecnologías de la capa 2, incluyendo Frame Relay, ATM, SMDS, y Ethernet.

En una sub-interfaz Frame Relay, se puede establecer GTS para adaptarla dinámicamente al ancho de banda disponible, para señales integradas BECN, o simplemente moldear una tasa preespecífica.

La mayoría de los tipos de encapsulación y medios en el router, soportan GTS. Incluso es posible aplicar GTS a una lista de acceso específica.

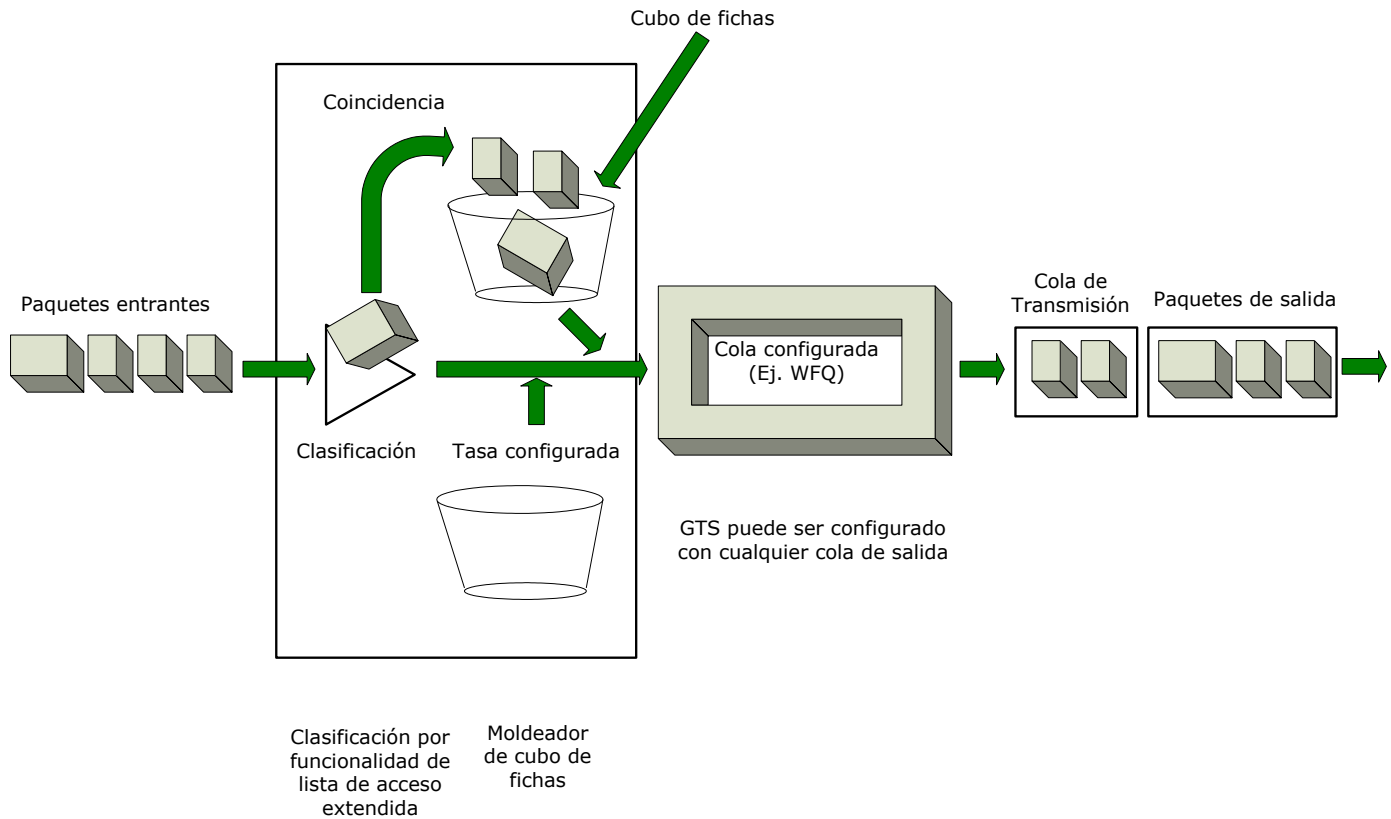
La descripción de la sintaxis es:

**Bit-rate:** tasa de bits a la cual está moldeado el tráfico, en bits por segundo (bps). La tasa de acceso que se acuerda con el proveedor de servicio, o el nivel de servicio que se pretende mantener.

**Burst-size (opcional):** el número de bits que se pueden transmitir en un intervalo.

Excess-burst-size (opcional): número máximo de bits que pueden exceder el tamaño del burst size en el primer intervalo, en un evento de congestión.

La forma en la que GTS funciona es como se muestra en la figura 39.



**Figura 39. Funcionamiento de GTS.**

### 5.1.8.11 FRTS

Como el GTS, FRTS suaviza el tráfico almacenando temporalmente el exceso de éste. También puede eliminar problemas causados por diferentes tasas de acceso, al ingresar o salir de una red Frame Relay.

El router central puede transmitir a un router remoto a una velocidad de T1, pero el remoto puede recibir solamente a 384 kbps, lo que obliga a la red Frame Relay a almacenar temporalmente el tráfico, añadiendo segundos al flujo de paquetes.

FRTS permite el uso de FECN y BECN para transmitir dinámicamente mayor o menor ancho de banda. Los bits FECN y BECN indican congestión.

#### **5.1.8.12 Fragmentación**

La razón por la que se usa fragmentación es simple, paquetes muy largos (1500-bytes MTUs), toman un largo tiempo para moverse a través de enlaces de bajo ancho de banda (768 o menores), por lo que la fragmentación rompe los paquetes grandes, en paquetes de menor tamaño.

La latencia causada por el poco ancho de banda, no es un problema en la mayoría de las aplicaciones de datos, pero si lo es en aplicaciones de tiempo real.

Sin embargo, la fragmentación no es capaz de solucionar el problema de la latencia por sí sola. Una muestra del tamaño del fragmento, medido por la velocidad del enlace, y las muestras por trama, se muestra en el siguiente cuadro:

Link Speed	Frame Size						
	1 Byte	64 Byte	128 Byte	256 Byte	512 Byte	1024 Byte	1500 Byte
56 kbps	143 us	9 ms	18 ms	36 ms	72 ms	144 ms	214 ms
64 kbps	125 us	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	128 ms	187 ms
128 kbps	62.5 us	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
256 kbps	31 us	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	46 ms
512 kbps	15.5 us	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	23 ms
768 kbps	10 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	10.24 ms	15 ms
1536 kbps	5 us	320 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	7.5 ms

**Tabla 11. Tamaño de tramas por velocidad de enlace.**

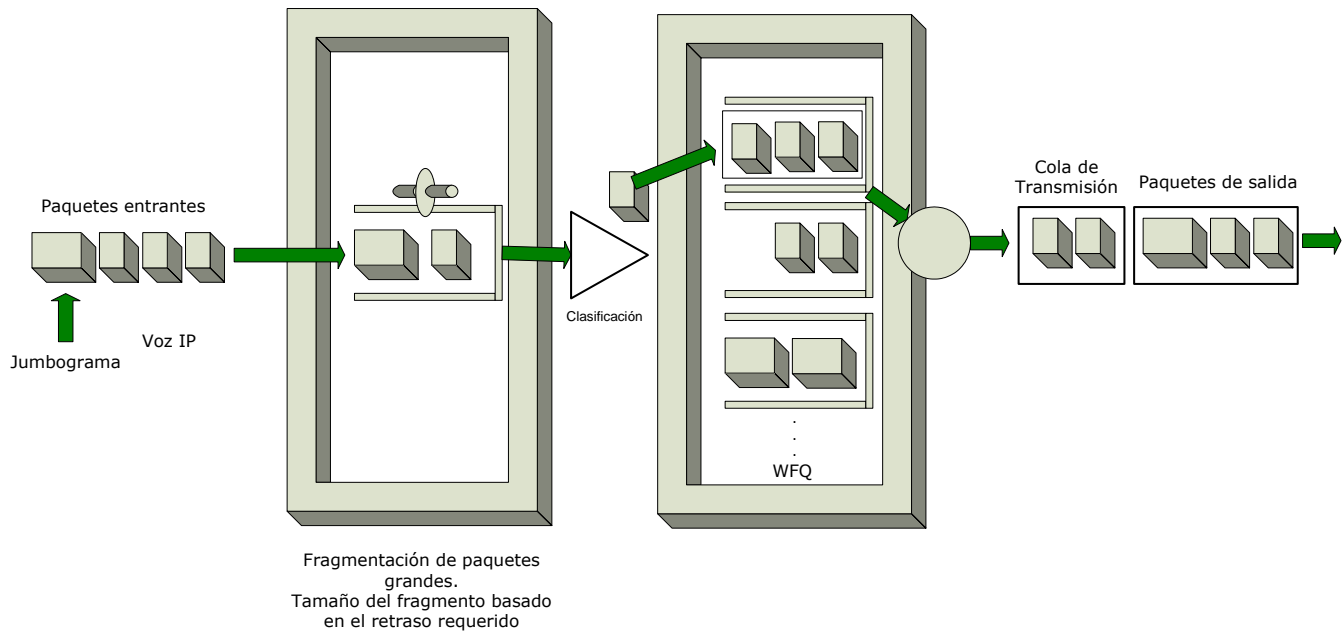
#### **5.1.8.13 Bloqueo**

La fragmentación ayuda a eliminar las cuestiones de bloqueo. El bloqueo es la cantidad de tiempo que se le permite a un paquete consumir el ancho de banda WAN disponible, y que fuerza a otros paquetes de tiempo real a permanecer en cola. El bloqueo afecta directamente el presupuesto de retraso. Para determinar el tamaño de fragmentación del paquete se realiza:

Ancho de banda WAN x retraso de bloqueo = tamaño del fragmento

#### **5.1.8.14 MCML PPP**

El enlace múltiple PPP, tiene el mecanismo de fragmentación, que permite que los paquetes sean enviados a dos diferentes circuitos y reensamblados en el lado receptor.



**Figura 40. Clasificación de paquetes por precedencia IP.**

MCML PPP aun requiere que los fragmentos sean clasificados por la precedencia IP, y por RSVP, y que sean puestos en cola por WFQ, como se muestra en la figura 40.

Solamente se puede utilizar MCML en interfases de discado.

En esta configuración, MCML PPP es configurada en el serial 0. Una nueva interfaz es creada (multilink-group 1), con la prioridad IP RTP, configurada junto con MCML PPP y WFQ. Sen la serial 0, el grupo multilink-group 1, apunta a las interfases interface multilink 1. Esto le permite que los atributos de esas interfases sean aplicadas a la serial 0.

Existe otro tipo de fragmentación, similar al MCML, llamado FRF.12, el cual le permite a redes Frame Relay trabajar de una manera similar al MCML PPP.

### **5.1.8.15 IP MTU y MTU**

En interfases WAN que no soportan MCML PPP o FRF.12, se puede determinar la interfaz, o el protocolo MTU, a un valor inferior, lo cual provoca la fragmentación.

El MTU en una interfaz serial, es usualmente 1500 bytes. Con FRF.12 y MCML PPP, se puede cambiar el tamaño actual del paquete enviado, sin perturbar el flujo de paquetes actual. Cuando se cambia a un valor menor el tamaño del MTU, o el IP MTU, la duración del viaje del paquete cambia.

Debe considerarse que, cambiando el tamaño del paquete IP, con IP MTU, por toda su vida, puede causar problemas, ya que el rendimiento de la estación receptora se ve afectado, debido a que tiene que manejar múltiples paquetes pequeños, en lugar de uno solo grande. Además, el encabezado de los paquetes necesita ser duplicado para cada fragmento.

Otro problema mayor es, que si el bit DNF (no fragmentar), está puesto, el paquete es descartado. Muchas aplicaciones colocan este bit para evitar que aparatos intermedios quiebren los paquetes en muchos pedazos.

MTU también tiene una desventaja, y es que cambia el tamaño de todos los paquetes salientes de una interfaz, incluyendo la IP, IPX, Apple Talk, y actualizaciones de enrutamiento. Esto puede ser un problema para las actualizaciones de enrutamiento, actualizaciones LMI, y otros protocolos que no soportan la fragmentación.

Una vez que se han definido las diferentes técnicas para la implementación de calidad de servicios es posible verificar cuales de estas están disponibles en los equipos disponibles en la red con la que se cuenta, y poder determinar cual es la mejor opción a utilizar dependiendo del problema encontrado en la red.

## **6.0 ESTUDIO DE TRÁFICO EN UNA RED CON VoIP IMPLEMENTADA.**

Para verificar el comportamiento del tráfico en una red donde se tienen implementados servicios de telefonía IP, se realizó una captura de tráfico en la red con un programa gratuito (Ethereal) creado para este propósito, y posteriormente realizar un análisis de tráfico de datos y de voz. Este estudio permitirá verificar el uso de ancho de banda por línea telefónica para tomarse como parámetro para la contratación de los enlaces de datos, dependiendo de la cantidad de líneas telefónicas que se desea dar servicio con dicho enlace. Esto hará posible completar un cuadro para contratación de enlaces dependiendo del tipo de codec que se desee utilizar.

Los datos que fueron capturados para este análisis fueron tomados en la red LAN de una instalación que contaba con un enlace de 512 Kbps para voz y datos. Dicha sucursal cuenta con 5 usuarios de VoIP y conexión a Internet, y 5 computadores, donde la aplicación de datos más utilizada es el correo electrónico, el cual no representa un uso significativo del enlace para este propósito. La empresa donde se tomaron estos datos se dedica a la venta de productos, por lo que poseen un alto grado de uso de red para voz, teniendo una ocupación de líneas telefónicas.

Los teléfonos instalados se encuentran conectados a un adaptador de teléfonos análogos que conecta teléfonos tradicionales con terminales de telefonía RJ 11 a paquetes IP enviándolos al router con un RJ 45. El codec por defecto configurado en estos terminales para la transmisión de la voz es G.729.b, por lo que utilizan 32Kbps por línea telefónica, necesitando 160Kbps para el transporte de voz, dejando libre 352Kbps para la transferencia de datos cuando todas las líneas telefónicas están siendo utilizadas.

La sucursal en donde se realizó la toma de datos no tiene implementado QoS, no tiene problemas de calidad de la voz cuando tiene bajo consumo de recursos de red para datos, pero cuando la transferencia de datos es significativa, tiene problemas de calidad en la transmisión de la voz, por lo que se recomendó solicitar al proveedor de enlace que brinde calidad de servicio para priorizar el tráfico de voz. Otra susceptibilidad del servicio implementado en este sitio, es la pérdida de servicio de telefonía cuando esta tiene problemas con el enlace de datos, esto es debido a que la solución es centralizada, ya que el equipo central para voz se encuentra en la oficina central, donde se cuenta con la salida a PSTN.

A continuación se presentan graficas que muestran la cantidad de paquetes en la red LAN que tiene implementado VoIP. Las graficas de captura de tráfico presentadas se encuentran en términos de tiempo en segundos para el eje horizontal y en bites para el eje vertical. Para poder visualizar el ancho de banda necesario para transmitir una cierta cantidad de paquetes es necesario dividir la cantidad de bytes entre 1000 y obtener el ancho de banda en Kbps.

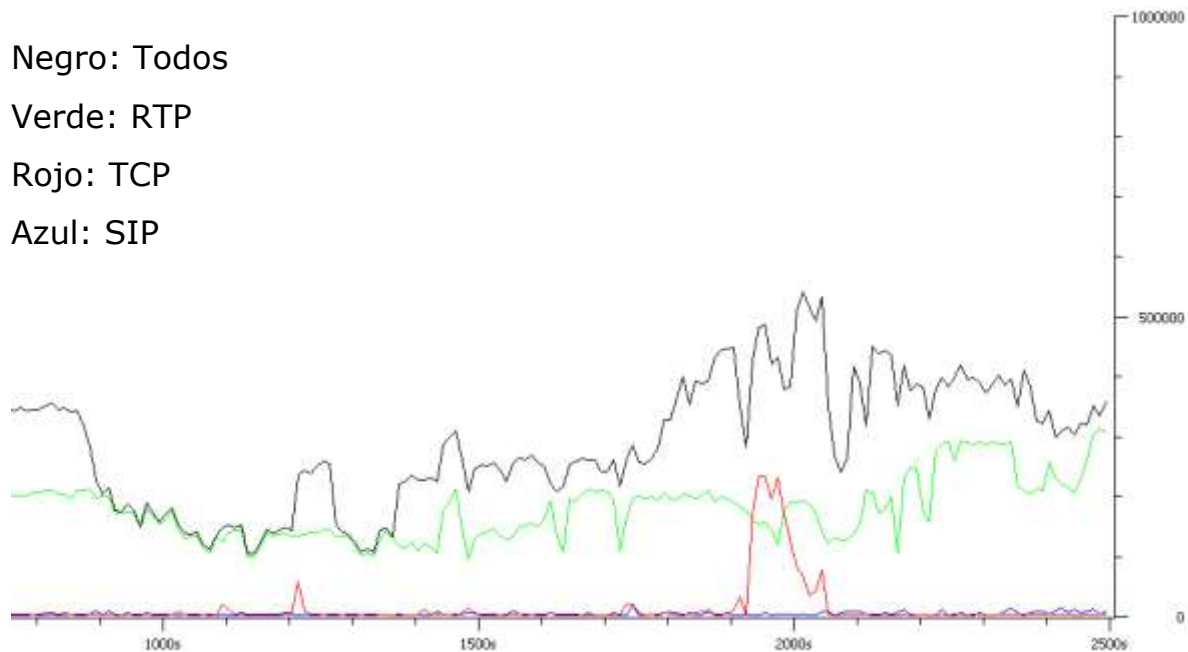
A continuación se presenta una grafica representando todo el tráfico tomado en la red, filtrando los paquetes de la siguiente manera:

Negro: Todos

Verde: RTP

Rojo: TCP

Azul: SIP

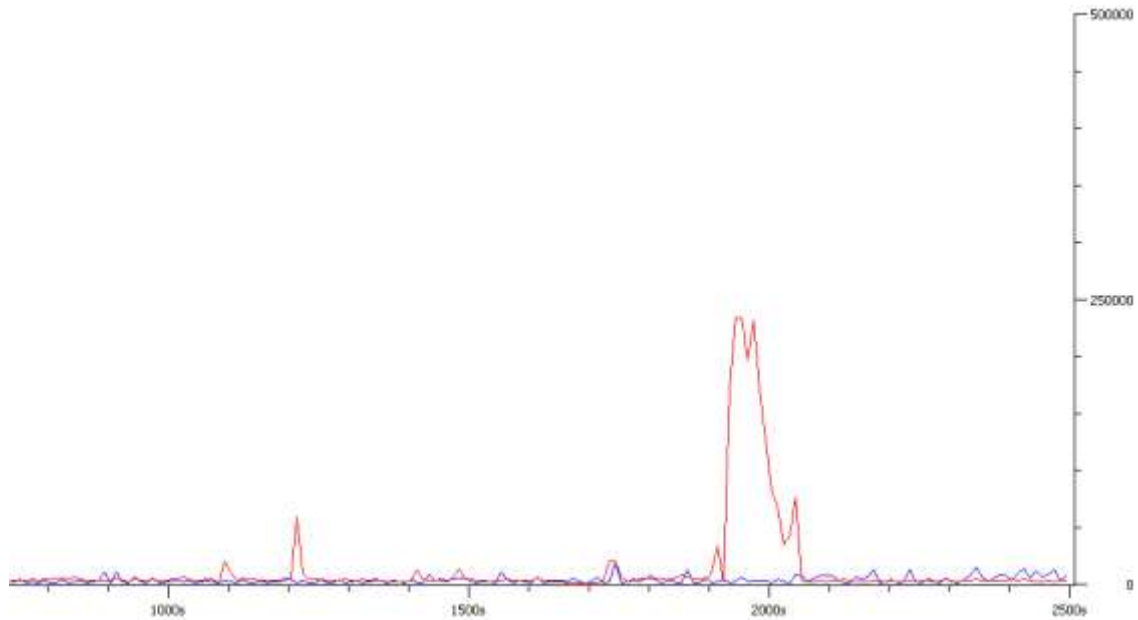


**Figura 41. Grafico cantidad de paquetes contra tiempo para captura de tráfico en red IP con VoIP implementada.**

Como se puede observar, los paquetes RTP representan casi la totalidad de los paquetes capturados en la red. Los paquetes de transferencia de datos TCP no representan un tráfico que necesita una alta cantidad de ancho de banda. Por último los paquetes SIP.

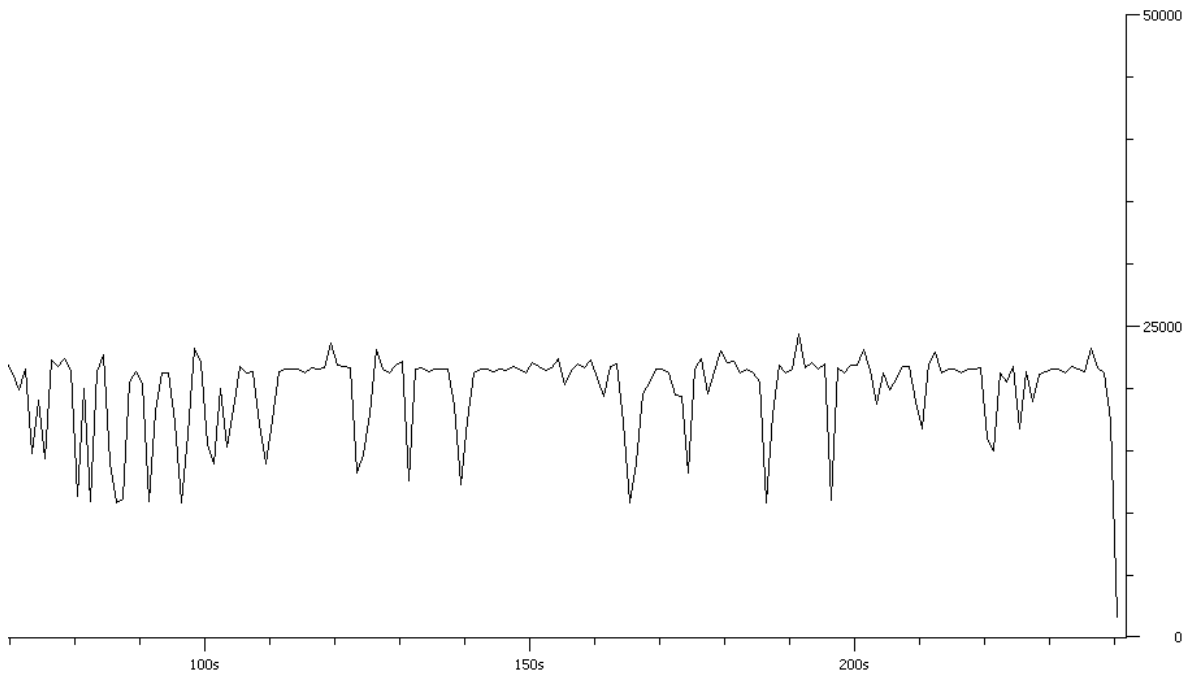
El flujo de paquetes RTP no es constante, ya que depende tanto de la conversación que se tiene, así como la cantidad de líneas que están siendo utilizadas. Gracias a que se esta utilizando el codec G.729a, cuando no se detecta voz para ser transmitida, no se utilizan recursos de la red, aprovechando el enlace.

En la gráfica siguiente, se observa la cantidad de mensajes SIP y TCP que fueron transmitidos, se puede observar que el tráfico que generan estos dos protocolos es muy bajo con respecto al tráfico RTP

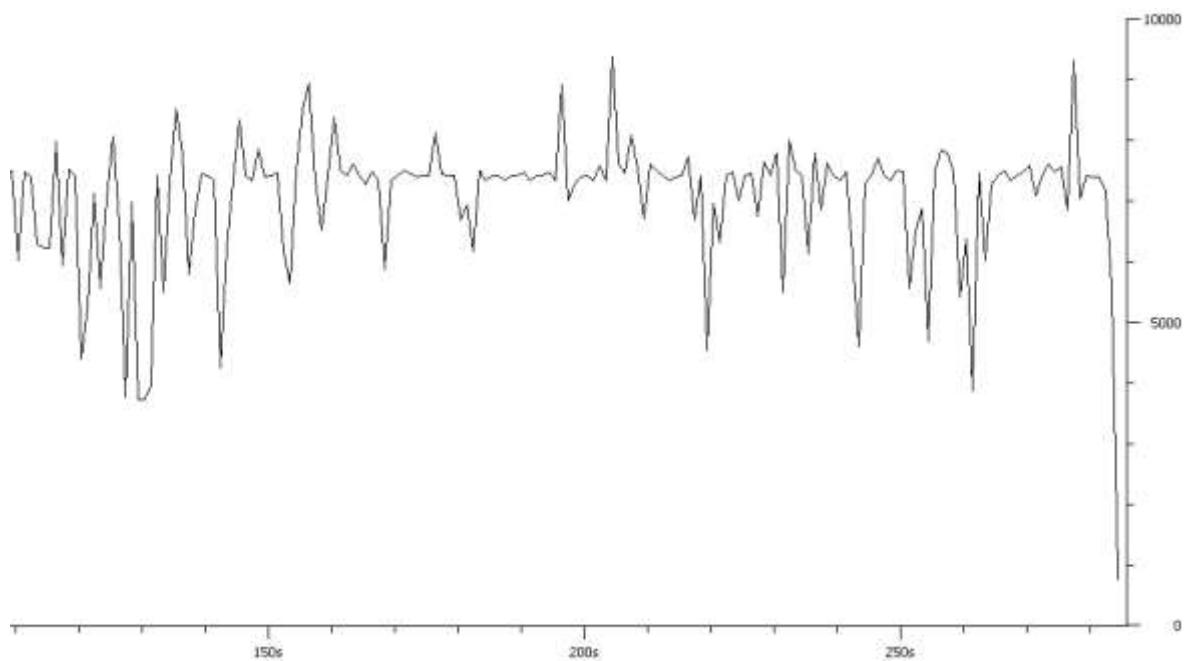


**Figura 42. Grafico de cantidad de paquetes contra tiempo para TCP y SIP.**

Para verificar el ancho de banda utilizado para realizar llamada telefónica, se realizó una toma de tráfico utilizando dos codecs de audio por separado y verificando la diferencia de uso de red. Para garantizar que la llamada fuera realizada con el codec deseado se configuró en el terminal utilizado que solamente el codec seleccionado pudiera ser utilizado. Mientras la llamada se encontraba activa no se utilizó ninguna aplicación que consumiera ancho de banda, con el propósito de brindar datos más reales.



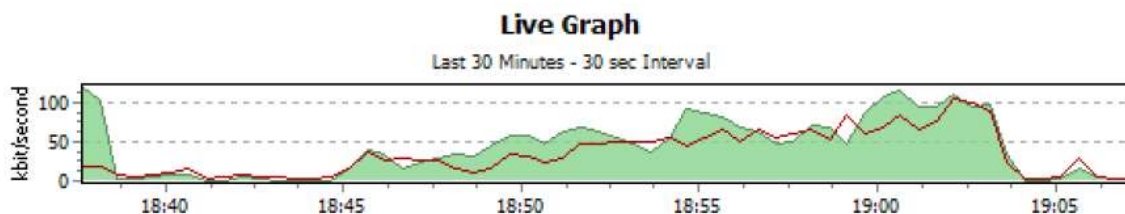
**Figura 43. Gráfica de cantidad de paquetes contra tiempo en con una llamada en curso utilizando el codec G.711**



**Figura 44. Grafica de cantidad de paquetes contra tiempo en con una llamada en curso utilizando el codec G.729**

Cabe mencionar que las gráficas anteriores son de tráfico capturado en la misma red donde se encontraban los dispositivos que realizaron la llamada, por lo que los paquetes no cuentan con todo el encabezado necesario para en-rutarlo, por lo que, cuando este llega a una puerta de enlace para ser enviado por una red WAN, incrementa su tamaño, y por ende el ancho de banda necesario para ser transportado. Es por eso que se realizó una gráfica que demostrara el ancho de banda necesario para la transmisión de la voz por línea telefónica.

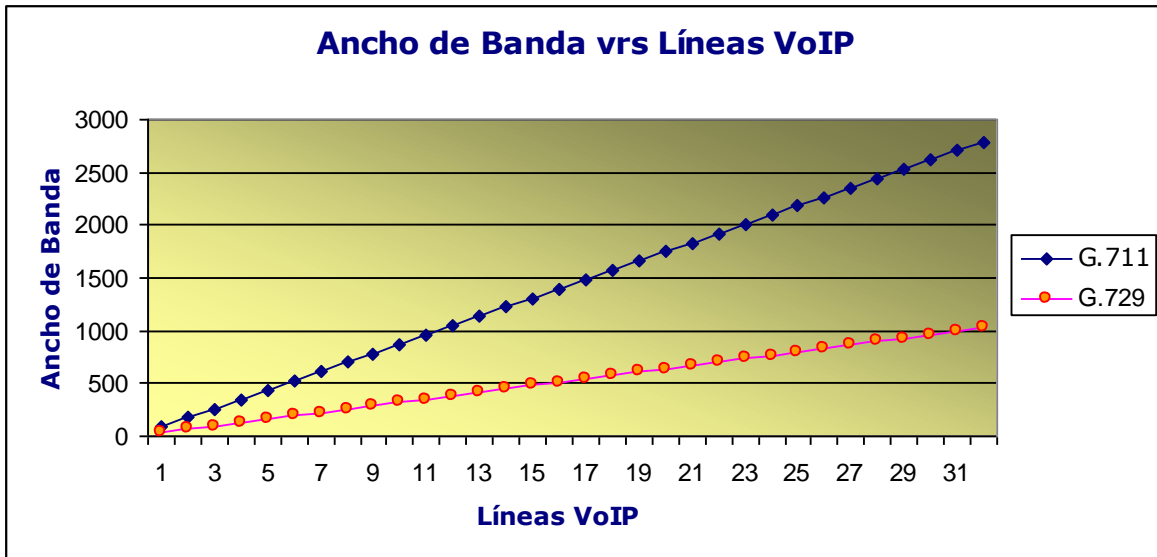
En la gráfica se muestra un gráfico de uso de ancho de banda, donde se utilizó recursos de ancho de banda solamente para realizar llamadas telefónicas utilizando el codec G.729. Estos datos fueron tomados con un graficador de tráfico PRTG en un router Cisco 2620 que soporta esta función. Para esto se cerraron todas las aplicaciones en la red que consumieran ancho de banda, una vez logrado esto, se realizó una llamada telefónica, en el tiempo comprendido entre las 18:45 y las 18:48 según el eje de tiempo.



**Figura 45. Uso de ancho de banda con varias líneas telefónicas simultáneas.**

Luego se realizaron más llamadas hasta llegar a cuatro simultáneas, comenzando cada una a las 18:48, 18:54, 18:59 respectivamente. Con esto podemos verificar que el uso de ancho de banda para una llamada telefónica utilizando el codec G.729 es de 32 Kbps.

En la figura 45.1 se presenta, el consumo de Ancho de Banda de acuerdo a la cantidad de canales de VoIP que circularan por la red de datos y el CODEC a utilizar (G.711 ó G.729).



**Tabla 45.1 Gráfica de Consumo de Ancho de Banda por Codec vrs Canales de VoIP.**

## **7.0 ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE SOLUCIONES DE VOZ SOBRE IP.**

Para implementar una solución de voz en una empresa corporativa que cuenta con una red de datos basada en el protocolo IP, es necesaria la evaluación de los requerimientos de la red para hacer posible la implementación de Voz sobre la red de datos de acuerdo a la solución más conveniente para dicha empresa.

En el campo de las transmisiones compartidas y redes convergentes (Voz y datos sobre la misma infraestructura), es posible tener dos soluciones al mismo problema utilizar VoIP o ToIP

teniéndose como punto de quiebre si la empresa desea o no mantener las PBX actuales en operación, es decir, si la empresa desea, o requiere mantener las PBX en operación la solución podría ser VoIP, mientras si se eliminaran por cualquier razón, sea esta por obsolescencia, nuevos servicios y otros, la solución es Telefonía IP, tomando en cuenta que habrán escenarios en los que deberá hacerse un diseño mixto

De los requisitos de la empresa y del capital de inversión con el que esta cuenta, podemos sacar las siguientes soluciones:

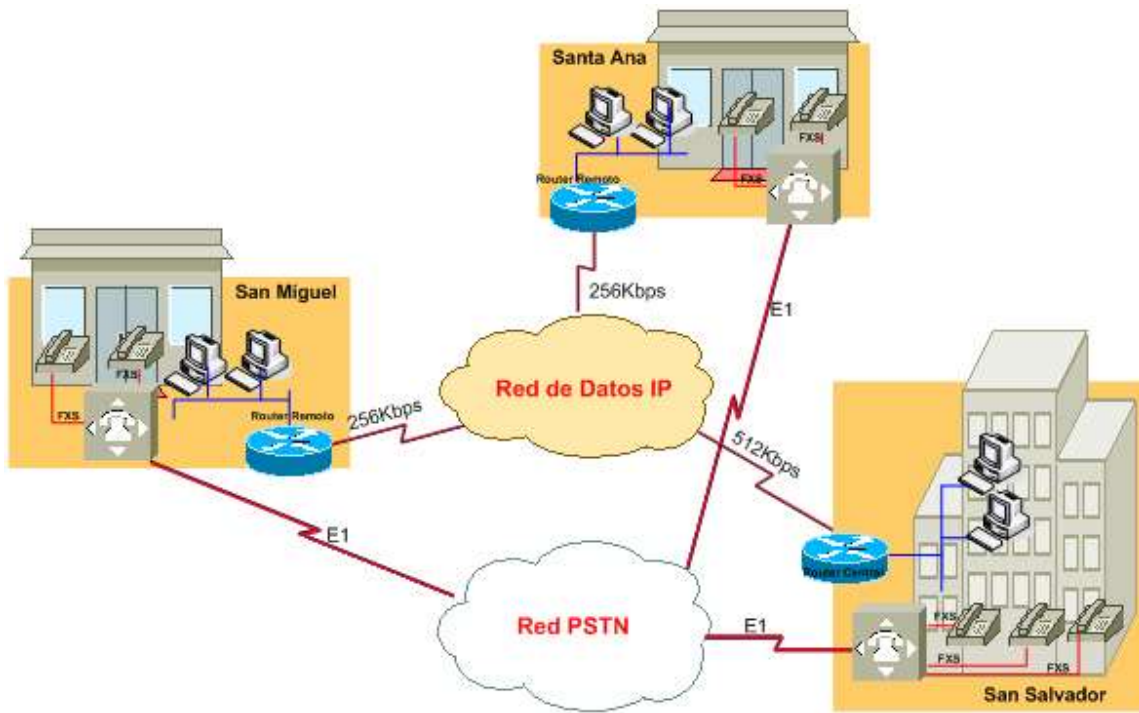
- Solución Voz sobre IP (VoIP)
- Solución Telefonía IP
- Solución de VoIP con Telefonía IP

La cual puede variar de acuerdo a la red de datos que dicha empresa corporativa tenga y de los sitios remotos conectados a su sitio central.

Bajo la respuesta anterior, en el desarrollo de este trabajo de graduación, se limito al desarrollo de la solución de Voz sobre IP, detallando a continuación los parámetros de esta y como un agregado al desarrollo actual de las comunicaciones, se darán los parámetros principales para la solución de Telefonía IP.

### **7.1 Solución Voz sobre IP**

La solución de VoIP se obtiene cuando una empresa desea poder tener tráfico de voz a través de la red de datos basadas en el protocolo IP, tal como se muestra en la figura a continuación, pero esta no quiere sustituir su PBX actual.



**Figura 46. Red de Datos y de Telefonía de una Empresa Corporativa**

Con esta solución, se ofrece servicios de transporte de voz clase 4 en donde no proporciona los servicios propios de la telefonía pero si capacita la red para el establecimiento de la comunicación entre su empresa y fuera de esta.

Para dar una solución para la implementación de VoIP, es necesario tener en cuenta algunos requisitos tanto de la red de datos como de telefonía para poder determinar los criterios necesarios para efectuar dicha implementación.

Dentro de estos se encuentran los siguientes requerimientos:

Determinar el número de llamadas simultáneas por agencia y la hora de mayor congestión de estas, obteniendo así el número de horas de una conversación de voz que tiene que manejar la nueva red de datos y voz integrada, durante la hora más ocupada del día en promedio.

Se debe de tener en cuenta que no todos los usuarios se comunicarán al mismo tiempo y que no existe una regla que dicte qué cantidad de circuitos, con relación a la cantidad de personal, debe habilitarse. Dependerá de la actividad de cada empresa y sus características específicas. Aunque en los ejemplos de aplicación, para fines didácticos, en el sitio central se habilitó una cantidad de circuitos igual a la suma de los circuitos de cada sitio, esto no es lo usual.

Determinar los Puertos libres que se tienen en la PBAX, que nos permitan la conexión de esta a la red de datos, sea estos puertos troncales E1, puertos análogos ó extensiones, los cuales determinaran el tipo de puertos y módulos necesarios en los routers del sitio central y los sitios remotos para poder conectar la red de voz a la red de datos.

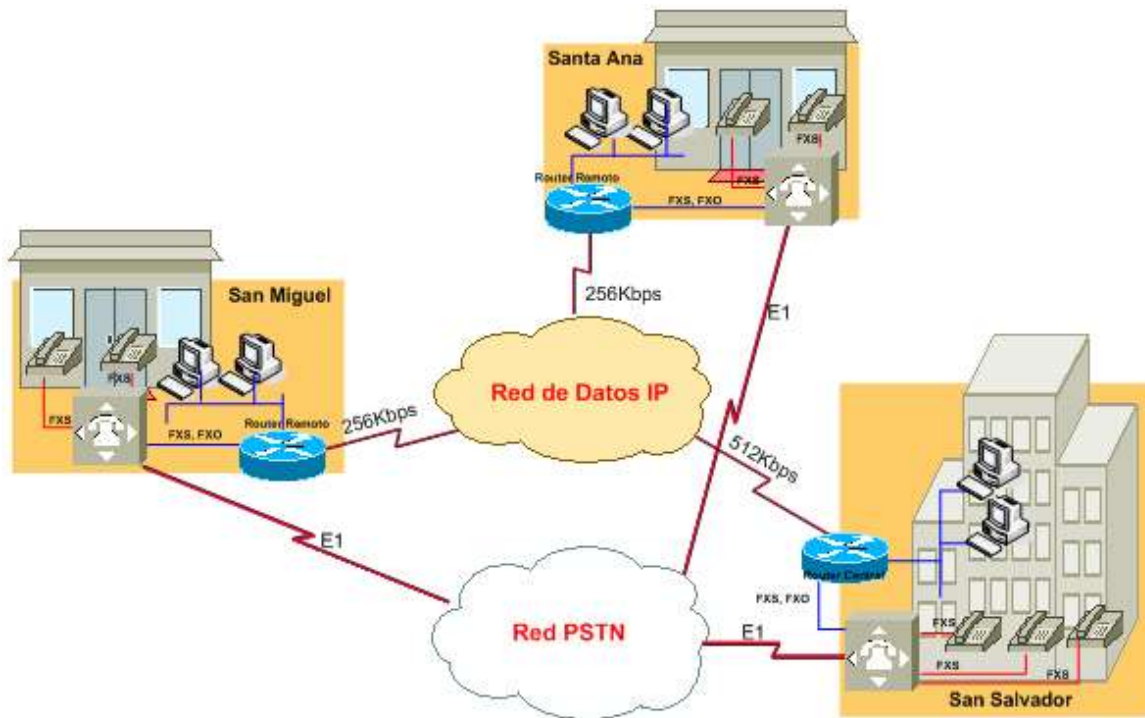
Determinar los requerimientos necesarios en los routers de la red corporativa para poder incorporar la red de voz a esta. Se debe tomar en cuenta el modelo y software que maneja el router así como los puertos disponibles para la conexión con la PBX y el procesamiento y soporte de VoIP, Calidad de Servicio (QoS), así como los protocolos de señalización a utilizar y los CODEC de procesamiento de la voz que más convendrá a la red y que sea de soporte de esta.

De igual forma, es necesario tener en cuenta la red de datos y su enlace de ancho de banda disponible en cada sitio remoto y en sitios central. El ancho de banda de los enlaces debe ser planificado para la cantidad real de datos y voz a ser cursada por ellos. Tomar en cuenta que la mayoría de aplicaciones de datos se transmiten en ráfagas y que probablemente estos enlaces estén ociosos, en periodos largos de tiempo, recordar que todo depende del tipo de empresa en la que se está proponiendo la solución.

Si después de realizar un estudio preliminar del comportamiento de la red, se descubre que las aplicaciones de datos o los usuarios mismos, realizan transferencias de datos solo en ciertos momentos del día y no necesitan grandes anchos de banda, y que además estas aplicaciones no sean críticas, es posible que el enlace actual sea suficiente para realizar la implementación de VoIP y que solo requiera de la aplicación de técnicas de calidad de servicio para momentos críticos, la cual se debe realizar luego de un estudio previo de la red y sus aplicaciones y determinar si el proveedor de servicio entregara QoS o si es la empresa corporativa que llevara acabo dicha acción.

Es muy probable que esta configuración se tenga que modificar durante las primeras implementaciones y se deberá estudiar los resultados de cada una, hasta encontrar la que genere los mejores resultados.

Luego de determinar los criterios a tomar en cuenta para la implementación de VoIP en una red corporativa, se puede ofrecer una solución optima de instalación de hardware y software en dicha red de datos para llevar a cabo la fusión de la red de voz en la red de datos tal y como lo muestra en la figura 47.



**Figura 47. Diagrama de implementación de VoIP en una Empresa Corporativa**

De acuerdo a los puntos anteriores, se presenta un cuadro de requerimientos (checklist) donde se detalla los criterios de la red de voz y datos de las empresas corporativas para luego poder presentar una lista de solución con los productos existentes en el mercado. Posteriormente, se presenta un escenario con una red de datos con Solución VoIP donde se presenta el checklist y los equipos necesarios en los cuales debe invertir la empresa interesada.

<b>Solución VoIP</b>					
<b>Puntos de Evaluación</b>		<b>Existencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>	
<b>Llamadas Concurrentes</b>					
Llamadas Sitio Central					
Llamadas por sucursales					
Promedio de llamadas/minutos					
<b>PBX</b>					
Puertos Disponibles					
Puertos Tróncales E1 's					
Puertos Tróncales Análogos (FXO)					
Extensiones (FXS)					
<b>Routers</b>					
Modelo de Router Central					
Modelo de Routers Sitio Remoto					
Puertos Libres en Central					
Puertos Libres en Sitios Remotos					
Soporte de VoIP del Router					
Cambio de Router					
<b>CODEC</b>					
G.711					
G.729 AB					
<b>Protocolo de Señalización</b>					
H.323					
SIP					
MGCP					
<b>Enlace de Datos</b>					
Ancho de Banda Sitio Central					
Ancho de Banda Sitio Remoto					
Aumento de Ancho de Banda					
Aplicación de técnicas de QoS					
<b>Técnica de QoS</b>					

Gestión de Colas			
Gestión de Trafico			
Policy Routing			
RSVP			
<b>Tecnología de Datos</b>			
TDM			
ATM			
Frame Relay			
IP VPN			

*\* La elección del CODEC específico, es en base a la tabla 45.1 del Estudio de tráfico.*

### **Cuadro 12. Check list para solución VoIP.**

Una vez que se cuenta con la información solicitada se puede tomar una decisión de compra de elementos faltantes para implementar la solución, que para el caso más general radicaría en la compra de tarjetas de voz para los routers e interconectar la PBX y el router a través de uno o varios cables telefónicos normales RJ11 o un cable coaxial para el enlace de 1 E1, en caso de contar con esta capacidad según el estudio realizado.

Así también, es necesario realizar configuraciones en la PBX, con el propósito de indicarle el ruteo específico que realizará dicho elemento para las llamadas dirigidas hacia la PSTN o hacia otras sucursales a través de la red IP. También es necesario configurar los puertos de voz del router utilizado para indicar hacia donde se dirigirá la llamada, contando con la información de las direcciones IP a donde están conectados los demás usuarios.

PBX Marca	Modelo	Tamaño de empresa	Capacidad IP/Troncal		Capacidad Máxima Extensiones	Número de Slots en PBX	Precio de tarjetas / Número de líneas		Referencia	Precio PBX *
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<b>PANASONIC KX-TDA Hybrid IP-PBX</b>	KX-TDA30AL	Pequeña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	36	4	\$2,500.00	16	<a href="http://panasonic.com.au/content/library/files/F001623.pdf">http://panasonic.com.au/content/library/files/F001623.pdf</a> <a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}</a>	\$3,700.00
	KX-TDA100AL	Mediana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	64	5	\$2,500.00	16	<a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75DEBA-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75DEBA-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D</a> <a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}</a>	\$2,600.00
	KX-TDA200AL	Grande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	128	10	\$2,500.00	16	<a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75DEBC-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75DEBC-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D</a> <a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={055487D5-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}</a>	\$4,400.00
<b>SIEMENS</b>	Siemens HiPath 3700 v1.2	Mediana	<input type="checkbox"/>	X	384	4	\$2,700.00	16	<a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75CC1C-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname=%7B9F75CC1C-5BB8-11D7-B2A5-00B0D0225691%7D</a> <a href="http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={05548A5C-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}">http://shop.epcservices-uk.com/single.asp?stockname={05548A5C-5E73-11D9-B2CC-00B0D0225691}</a>	\$3,600.00
<b>AVAYA</b>	G600	Grande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	300	10	xxx	xxx	<a href="http://www.hcwt.com/pbx-phone-systems.php">http://www.hcwt.com/pbx-phone-systems.php</a>	\$23,000.00

\*Los precios indicados en la tabla, corresponden a los precios FOB del año 2006, es decir, no se considera los impuestos de embarque, seguro y aduana.

Estos pueden variar según el mercado existente.

### **Cuadro 13. Comparación de precios de de PBX de marcas comunes con precios de las unidades así como las tarjetas necesarias para ser conectadas con un router.**

Router Marca	Modelo	IOS	Capacidad Máxima de Tarjetas de Voz	FLASH Max (MB)	DRAM Max (MB)	Precio Tarjetas	Precio Router *	REFERENCIA
<b>CISCO</b>	2801	12.3T	VIC2-2FXS (2-puertos VIC-FXS)	126	384	\$1300.00	\$2,900.00	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html">http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html</a>
			VIC2-2FXO (2-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-4FXO (4-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-2E/M (2-puertos VIC-E&M)					
			VWIC-1MFT-T1/E1 (un puerto E1)					
			VIC-4FXS/DID (4-puertos FXS or DID VIC)					
	2811	12.3T	VIC2-2FXS (2-puertos VIC-FXS)	256	768	\$1300.00	\$3,730.00	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html">http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html</a>
			VIC2-2FXO (2-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-4FXO (4-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-2E/M (2-puertos VIC-E&M)					
			VWIC-1MFT-T1/E1 (un puerto E1)					
			VIC-4FXS/DID (4-puertos FXS or DID VIC)					
	2821	12.3T	VIC2-2FXS (2-puertos VIC-FXS)	256	1024	\$1300.00	\$6,500.00	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html">http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/products_data_sheet0900aecd8016fa68.html</a>
			VIC2-2FXO (2-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-4FXO (4-puertos VIC-FXO (universal))					
			VIC2-2E/M (2-puertos VIC-E&M)					
			VIC-4FXS/DID (4-puertos FXS or DID VIC)					
	<b>HUAWEI</b>	AR 28-09	2-Puertos de Módulos de Voz de Red con Módulo Troncal E&M (RT-2/4 E&M)	32	128	\$1,900.00	\$1,500	<a href="http://www.huawei.com/products/datacomm/products/view.do?id=36">http://www.huawei.com/products/datacomm/products/view.do?id=36</a>
2/4-Puertos de Módulos de								

			Voz de Red con Módulo Troncal Análogo (RT-2/4 FXO)					
			1-Puerto E1 de Módulo de Voz (RT-E1VI). 1-Puerto T1 de Módulo de Voz (RT-T1VI)					
	AR 28-40		2-Puertos de Módulos de Voz de Red con Módulo Troncal E&M (RT-2/4 E&M)	32	256	\$1,900.00	\$4,700	<a href="http://www.huawei.com/products/datacomm/products/view.do?id=36">http://www.huawei.com/products/datacomm/products/view.do?id=36</a>
		2/4-Puertos de Módulos de Voz de Red con Módulo Troncal Análogo (RT-2/4 FXO)						
		1-Puerto E1 de Módulo de Voz (RT-E1VI). 1-Puerto T1 de Módulo de Voz (RT-T1VI)						

\* El precio del Router incluye el precio del software para VoIP y los PVDM para tarjeta de Ptos de Voz. Los precios indicados en la tabla, corresponden a los precios FOB del año 2006, es decir, no se considera los impuestos de embarque, seguro y aduana. Estos pueden variar según el mercado existente.

**Cuadro 14. Comparación de precios de de Routers de marcas comunes con precios de las unidades así como las tarjetas necesarias para ser conectadas con una PBX.**

## 7.2 Solución Telefonía IP

La solución de telefonía IP se obtiene cuando una empresa desea sustituir sus PBX y poder tener tráfico de voz a través de la red de datos basadas en el protocolo IP, teniendo una sola red convergente de telefonía y datos.

Esta solución ofrece una comunicación clase 5 con todos los servicios y aplicativos propios de la telefonía como llamada en espera, videoconferencia, desvío de llamadas, etc.

Para llevar a cabo esta solución, es necesario invertir en 3 componentes básicos e indispensables de una solución de Telefonía IP, los cuales se detallan a continuación:

**IP PBX:** La IP PBX actúa en conjunción con varios Gateways, y se encarga de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de ancho de banda, encaminamiento IP, etc. Es el cerebro de la red de telefonía IP. No todos los sistemas utilizados por los PSTI's son compatibles (Gateway, Gatekeeper) entre sí. Este ha sido uno de los motivos que ha impedido que la telefonía IP se haya extendido con mayor rapidez.

**Gateways:** El Gateway es el elemento encargado de hacer de puente entre la red telefónica convencional y la red IP. Cuando un teléfono convencional trata de hacer una llamada IP, alguien tiene que encargarse de convertir la señal analógica en un caudal de paquetes IP, y viceversa. Esta es una de las funciones del Gateway, que también ofrece una manera de que un dispositivo no IP pueda comunicarse con

otro IP. Por una parte se conecta a una central telefónica, y por la otra a una red IP

**Teléfonos IP:** Los teléfonos IP son los terminales del usuario con los cuales efectúa la llamada a través del protocolo IP. Estos pueden ser desde sencillos que realizan ciertos servicios de telefonía, hasta teléfonos ejecutivos con aplicaciones de videocámara, videoconferencia, inalámbrico, etc.

La mayoría de estos teléfonos, se integran a la red de comunicación por medio de una conexión Ethernet. Ellos cuentan con todas las funciones de un aparato telefónico digital, además de funciones más sofisticadas como acceso al web, permitiendo aplicaciones innovadoras que aumentan la productividad.

Dentro de la solución de telefonía IP se encuentran dos tipos:

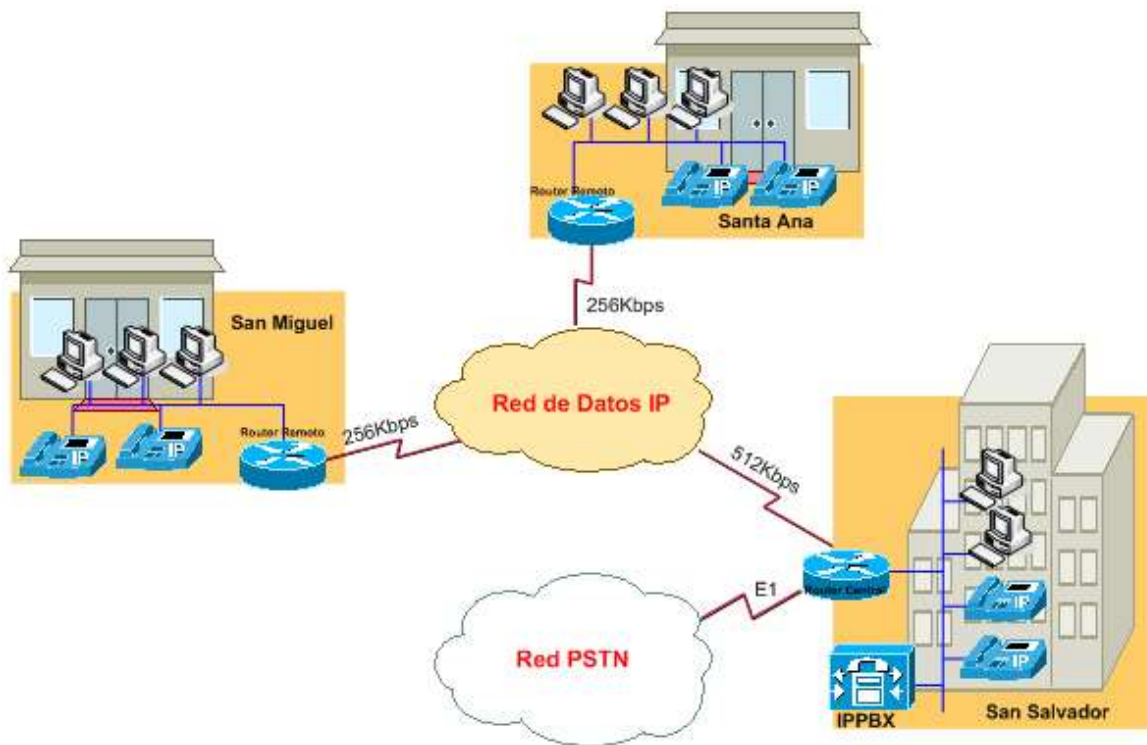
### **7.2.1 Telefonía IP Centralizada**

La telefonía IP Centralizada esta formada por una única IP PBX ubicada en el sitio central. Esta solución resulta la más económica de la telefonía IP, la cual propone un control centralizado de las llamadas telefónicas y disminución de los costos de administración.

La telefonía Centralizada incrementa el uso del ancho de banda, siendo esta una desventaja, debido a que todas las llamadas de los sitios remotos son enrumbadas al sitio central para que este las envíe a sus respectivo origen, de igual forma, si el enlace IP del sitio central pierde conexión, la telefonía IP se ve afectada debido a que no alcanzarían su destino.

Esta solución centralizada, es recomendada para empresas pequeñas que comienzan a implementar telefonía IP de forma gradual, sin eliminar su conexión tradicional con la PSTN.

En la figura que se presenta a continuación, se muestra un diagrama de telefonía IP centralizada.



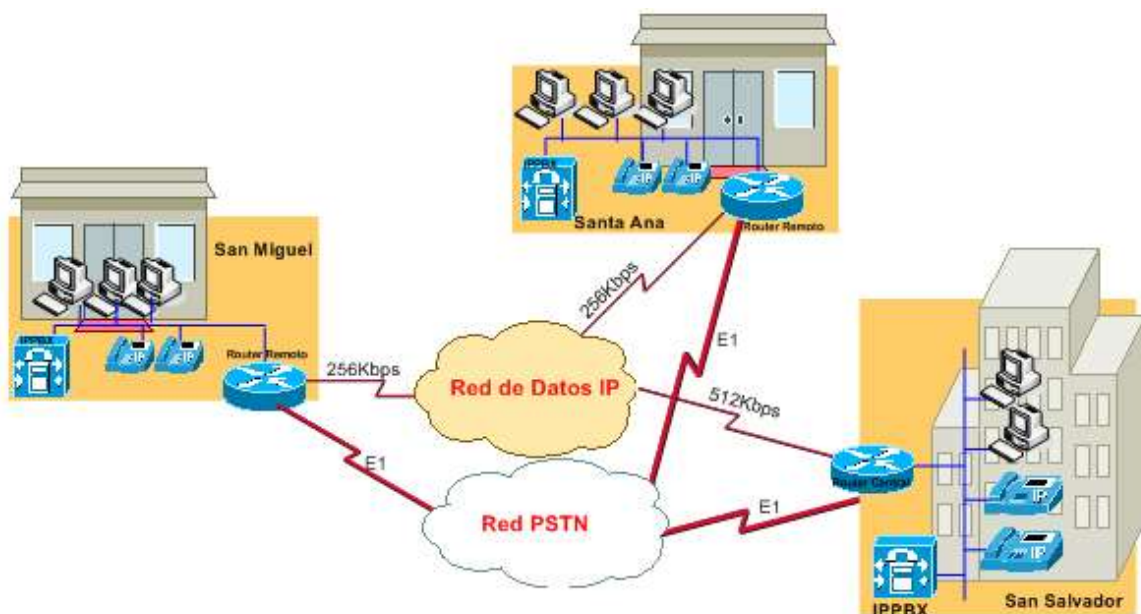
**Figura 48. Escenario de Telefonía IP Centralizada en una empresa corporativa de dos sucursales.**

## 7.2.2 Telefonía IP Distribuida

A diferencia de la telefonía Centralizada, la telefonía IP Distribuida, posee una IP PBX en cada sitio remoto logrando una administración propia de su telefonía en cada sitio remoto y el uso adecuado del ancho de banda.

Si bien la telefonía distribuida es más eficiente que la telefonía Centralizada, esta es de un elevado costo, debido a que se tiene la instalación y administración de varias IP PBX por lo que se recomienda para empresas corporativas mas desarrolladas por el elevado costo de inversión para el cambio a telefonía IP.

A continuación, se presenta un esquema de la implementación de Telefonía IP Distribuida en una empresa corporativa con dos sucursales.



**Figura 49. Escenario de Telefonía IP Distribuida con IP PBX en cada sitio remoto.**

Para ambos casos, se debe tomar en cuenta los mismos criterios establecidos con anterioridad para la implementación de VoIP, con la diferencia que se debe tener especial cuidado en la selección de la IP PBX y la capacidad de los routers (gateways) que ya posee la red corporativa y habilitarlos para su interconexión con la PSTN.

De igual forma se debe elegir la cantidad de teléfonos IP que deben ser colocados en el sitio central y en el sitio remoto, tomando en cuenta la clase de teléfonos a colocar, ya sean sencillos o ejecutivos.

Cabe destacar que la mayoría de redes corporativa, como facilidad de administración, compatibilidad de equipos y seguridad de funcionamiento y calidad, manejan un mismo proveedor de equipos para su red, es decir, la implementación es a través de una misma marca, asegurándose plena compatibilidad en sus redes.

En la actualidad, la mayoría de redes corporativas actualmente no pueden implementar calidad de servicio, los aplicativos importantes y no importantes comparten el ancho de banda basados en la regla del mejor esfuerzo, la actualización de los equipos implica incluir software en los routers que permitirá asignar a cada aplicativo, sean estos de voz o datos, un ancho de banda adecuado para su utilización de manera de controlar su uso y permitir la instalación de mas aplicativos críticos con la debida asignación de ancho de banda para su utilización.

La red de las agencias se asume está instalada sobre equipos hubs, lo que no permite el manejo de VLANs, ni el control y administración de ancho de banda por puerto, los equipos a instalar deben permitir un mejor manejo del ancho de banda en cada sucursal, administración,

mejor manejo de problemas en la red y mejor rendimiento a los aplicativos locales.

La telefonía actual tradicional no permite la administración remota, las llamadas entre oficinas pasan a través del proveedor de servicios PSTN y se manejan en una red independiente.

La solución permite la integración de la red telefónica a la red de datos, de manera de mantener una única red para el manejo de la información, cero costos en llamadas entre oficinas, no cableados independientes, pero sobre todo facilidad y versatilidad en la administración de la red telefónica de la empresa corporativa, administrando la red telefónica como un servicio mas en su red de datos.

En el cuadro 15 de requerimientos (checklist) donde se detallan los criterios específicos para la solución de telefonía IP, tanto centralizada como distribuida.

De igual manera, como un extra al desarrollo del trabajo de graduación, se presentara un escenario de propuesta económica de las soluciones de Telefonía IP con las diferentes marcas reconocidas en el mercado de las telecomunicaciones, desarrollando un ejemplo y la inversión que dicha empresa debería tener.

Solución Telefonía IP			
Puntos de Evaluación	Existencia	Cantidad	Observaciones
<b>Llamadas Concurrentes</b>			
Hora Pico de Llamadas			
Llamadas Sitio Central			
Llamadas por sucursales			
Promedio de llamadas/minutos			
<b>Telefonía Actual</b>			
Teléfonos en Central			
Teléfonos Sitios Remotos			
<b>Telefonía IP</b>			
Teléfonos Ejecutivos Central			
Teléfonos Sencillos Central			
Teléfonos Ejecutivos Sitio Remoto			
Teléfonos Sencillos Sitio Remoto			
<b>CODEC *</b>			
G.711			
G.729 ab			
<b>Protocolo de Señalización</b>			
H.323			
SIP			
MGCP			
<b>IP PBX</b>			
Capacidad pequeña			
Capacidad Mediana			
Capacidad Grande			
<b>Gateways</b>			
Puertos Libres en Central			
Puertos Libres en Sitio Remoto			
Puertos libres para conexión PSTN			
Soporte de VoIP			
<b>Enlace de Datos</b>			
Ancho de Banda Sitio			

Central				
Ancho de Banda Sitio Remoto				
Aumento de Ancho de Banda				
Aplicación de técnicas de QoS				
<b>Técnica de QoS</b>				
Gestión de Colas				
Gestión de Trafico				
Policy Routing				
RSVP				
<b>Tecnología de Datos</b>				
TDM				
ATM				
Frame Relay				
IP VPN				
<b>Solución ToIP</b>	<b>Recomendación</b>			
Centralizada				
Distribuida				

\* La elección del CODEC específico, es en base a la tabla 45.1 del Estudio de tráfico.

### **Cuadro 15. Check list para solución de ToIP.**

En el cuadro 16 se presenta un listado de equipos para la implementación de Telefonía IP. En la tabla siguiente se describen equipos que realizan gestión de llamada, es decir que son capaces de controlar usuarios y gestionar peticiones para establecer una llamada con otro usuario o con un abonado en la PSTN.

Marca	Tamaño de empresa	Máximo de Usuarios	Modelo	Descripción	Información	Precio Estimado*
Zultys	Pequeña	25	MX25	IP - PBX	<a href="http://www.xiologix.com/ipphonemx25.htm">http://www.xiologix.com/ipphonemx25.htm</a>	\$950.00
	Mediana	250	MX250	IP - PBX	<a href="http://www.xiologix.com/iphoneprodmx250.htm">http://www.xiologix.com/iphoneprodmx250.htm</a>	\$3,000.00
	Grande	1200	MX1200	IP - PBX	<a href="http://www.xiologix.com/iphoneprodmx1200details.htm">http://www.xiologix.com/iphoneprodmx1200details.htm</a>	\$200,000.00
3Com	Pequeña	40	NBX V3000	Plataforma	<a href="http://www.3com.com/voip/platforms.html">http://www.3com.com/voip/platforms.html</a>	\$2,000
	Mediana	400	NBX V5000	Plataforma	<a href="http://www.3com.com/voip/platforms.html">http://www.3com.com/voip/platforms.html</a>	\$5,000.00
	Grande	>400	V7000	Plataforma	<a href="http://www.3com.com/voip/platforms.html">http://www.3com.com/voip/platforms.html</a>	
Cisco	Pequeña	24	IAD 2430	IAD	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/hw/gatecont/ps887/products_data_sheet09186a008019aded.html">http://www.cisco.com/en/US/products/hw/gatecont/ps887/products_data_sheet09186a008019aded.html</a>	\$1,500.00
		36	Bundle 2811 Cisco Manager	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps4625/prod_installation_guide09186a00805f5908.html">http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps4625/prod_installation_guide09186a00805f5908.html</a>	\$7800.00
		48	Bundle 2821 Cisco Manager	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps4625/prod_installation_guide09186a00805f5908.html">http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voicesw/ps4625/prod_installation_guide09186a00805f5908.html</a>	\$7800.00
	Mediana	192	Cisco Call Manager Express 3745	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/ps5856/">http://www.cisco.com/en/US/products/ps5856/</a>	\$10,000.00
		240	Cisco Call Manager Express 3845	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/ps5856/">http://www.cisco.com/en/US/products/ps5856/</a>	\$10,000.00
	Grande	5000	Cisco MCS 7845H-3000	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voice/sw/ps556/products_data_sheet0900aecd801979f0.html">http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voice/sw/ps556/products_data_sheet0900aecd801979f0.html</a>	Varía con la cantidad de licencias
		30000	Cisco Call Manager 7815	Router	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voic/esw/ps556/products_data_sheet0900aecd801979f0.html">http://www.cisco.com/en/US/products/sw/voic/esw/ps556/products_data_sheet0900aecd801979f0.html</a>	Varía con la cantidad de licencias

*\* El precio del Router incluye el precio del software para VoIP y los PVDM para tarjeta de Ptos de Voz. Los precios indicados en la tabla, corresponden a los precios FOB del año 2006, es decir, no se considera los impuestos de embarque, seguro y aduana. Estos pueden variar según el mercado existente.*

Así también es necesario contar con terminales que permitan realizar la llamada desde el usuario final, esto se realiza por medio de teléfonos IP o adaptadores de teléfonos análogos.

Los teléfonos IP son dispositivos que pueden ser muy parecidos a teléfonos digitales convencionales, que brindan las mismas o mejores características, con la diferencia que consta con un Terminal Rj45 para conectarse a la red de IP enés de un Terminal RJ11 para telefonía.

También es posible conectar los mismos teléfonos análogos utilizados en la telefonía tradicional por medio de un adaptador de teléfonos análogos. Estos dispositivos pueden contar, entre otras características, un Terminal para conectarse a la red IP por medio de un conector RJ45 así como terminales RJ11 para la conexión de los teléfonos tradicionales.

Se presenta a continuación, dos tablas que pueden dar una idea de marcas y precios de estos equipos.

## Teléfonos IP

Marca	Modelo	Información	Precio Estimado*
3com	NBX 2101	<a href="http://www.inpath.com/3c10248bus.html">http://www.inpath.com/3c10248bus.html</a>	\$100.00
	NBX 3102	<a href="http://www.3com.com/products/en_US/detail.jsp?tab=features&amp;pathtype=purchase&amp;sku=3C10402A">http://www.3com.com/products/en_US/detail.jsp?tab=features&amp;pathtype=purchase&amp;sku=3C10402A</a>	\$160.00
	NBX 3103	<a href="http://www.3com.com/products/en_US/detail.jsp?tab=features&amp;pathtype=purchase&amp;sku=3C10403A">http://www.3com.com/products/en_US/detail.jsp?tab=features&amp;pathtype=purchase&amp;sku=3C10403A</a>	\$350.00
Cisco	7902G W/ ONE+ Licencia	<a href="http://www.cisco.com/web/FR/documents/pdfs/datasheet/iptel/FP_7902G_fr.pdf">http://www.cisco.com/web/FR/documents/pdfs/datasheet/iptel/FP_7902G_fr.pdf</a>	\$325
	7940G W/ ONE+Licencia	<a href="http://www.cisco.com/warp/public/779/largeent/avvid/products/7940/index_1020.htm">http://www.cisco.com/warp/public/779/largeent/avvid/products/7940/index_1020.htm</a>	\$600.00
	7960G W/ ONE+Licencia	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/hw/phones/ps379/ps1855/index.html">http://www.cisco.com/en/US/products/hw/phones/ps379/ps1855/index.html</a>	\$800.00
Zultis	Zip2	<a href="http://www.innovatica.com.do/zip2telefono.htm">http://www.innovatica.com.do/zip2telefono.htm</a>	\$90
	ZIP 4x4	<a href="http://www.zultys.com/index.jsp?tab=productdetail&amp;product=zip4x4&amp;detail=datasheet-zip4x4&amp;type=phones">http://www.zultys.com/index.jsp?tab=productdetail&amp;product=zip4x4&amp;detail=datasheet-zip4x4&amp;type=phones</a>	\$300
	ZIP 4x5	<a href="http://www.zultys.com/index.jsp?tab=productdetail&amp;product=zip4x5&amp;detail=datasheet-zip4x5&amp;type=phones">http://www.zultys.com/index.jsp?tab=productdetail&amp;product=zip4x5&amp;detail=datasheet-zip4x5&amp;type=phones</a>	\$350.00

\* El precio del Router incluye el precio del software para VoIP y los PVDM para tarjeta de Ptos de Voz. Los precios indicados en la tabla, corresponden a los precios FOB del año 2006, es decir, no se considera los impuestos de embarque, seguro y aduana. Estos pueden variar según el mercado existente.

**Cuadro 17. Comparación de precios de de teléfonos IP de marcas comunes con precios de las unidades.**

## Adaptadores de Teléfonos Análogos

Marca	Modelo	Información	Puertos FXS	Precio*
3Com Grandstream	286	<a href="http://www.grandstream.com/y-286.htm">http://www.grandstream.com/y-286.htm</a>	1	\$70.00
	386	<a href="http://www.voiptalk.org/products/Grandstream+Handytone+ATA-386">http://www.voiptalk.org/products/Grandstream+Handytone+ATA-386</a>	2	\$75.00
	486	<a href="http://www.grandstream.com/y-ht486.htm">http://www.grandstream.com/y-ht486.htm</a>	1	\$80.00
Cisco	186	<a href="http://www.cisco.com/en/US/products/hw/gatecont/ps514/products_data_sheet09186a008007cd72.html">http://www.cisco.com/en/US/products/hw/gatecont/ps514/products_data_sheet09186a008007cd72.html</a>	2	\$256.00
	2421	<a href="http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/solution/dialvoic/bliss/ether/soldoc/oandp/ext10_02.htm">http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/solution/dialvoic/bliss/ether/soldoc/oandp/ext10_02.htm</a>	8	\$1,300.00
	2421	<a href="http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/solution/dialvoic/bliss/ether/soldoc/oandp/ext10_02.htm">http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/solution/dialvoic/bliss/ether/soldoc/oandp/ext10_02.htm</a>	16	\$2,200.00
UTStarcom	ian02	<a href="http://www.utstar.com/Document_Library/0043.pdf?cfC0A80314=592AF3E0!SU5UUKFORVRccnVpei5nYWJyaWVsOmludHJhbmV0Ogv5NMMX34GW+guCHy/3s6Q=">http://www.utstar.com/Document_Library/0043.pdf?cfC0A80314=592AF3E0!SU5UUKFORVRccnVpei5nYWJyaWVsOmludHJhbmV0Ogv5NMMX34GW+guCHy/3s6Q=</a>	2	\$70.00
	ian08	<a href="http://www.utstar.com/Document_Library/0291.pdf">http://www.utstar.com/Document_Library/0291.pdf</a>	8	\$800.00
	ian32	<a href="http://www.legasys.com/n/solutions/cpe/images/DS_iAN08E.pdf">http://www.legasys.com/n/solutions/cpe/images/DS_iAN08E.pdf</a>	32	\$2,000.00

\* El precio del Router incluye el precio del software para VoIP y los PVDM para tarjeta de Ptos de Voz. Los precios indicados en la tabla, corresponden a los precios FOB del año 2006, es decir, no se considera los impuestos de embarque, seguro y aduana. Estos pueden variar según el mercado existente.

### Cuadro 18. Comparación de precios de de Adaptadores de teléfonos análogos de marcas comunes con precios de las unidades.

## **8.0 EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

Luego de haber presentado los conceptos básicos de la tecnología de VoIP, en el siguiente apartado se ilustrará un ejemplo de aplicación para las soluciones de VoIP y como un agregado, la solución con Telefonía IP.

En la figura detallada a continuación, se observa el diagrama de un escenario de aplicación que corresponde a una empresa llamada "Cooperativa el Pacifico", la cual desea cambiar su actual sistema de comunicaciones de voz y datos en sus oficinas centrales y remotas.

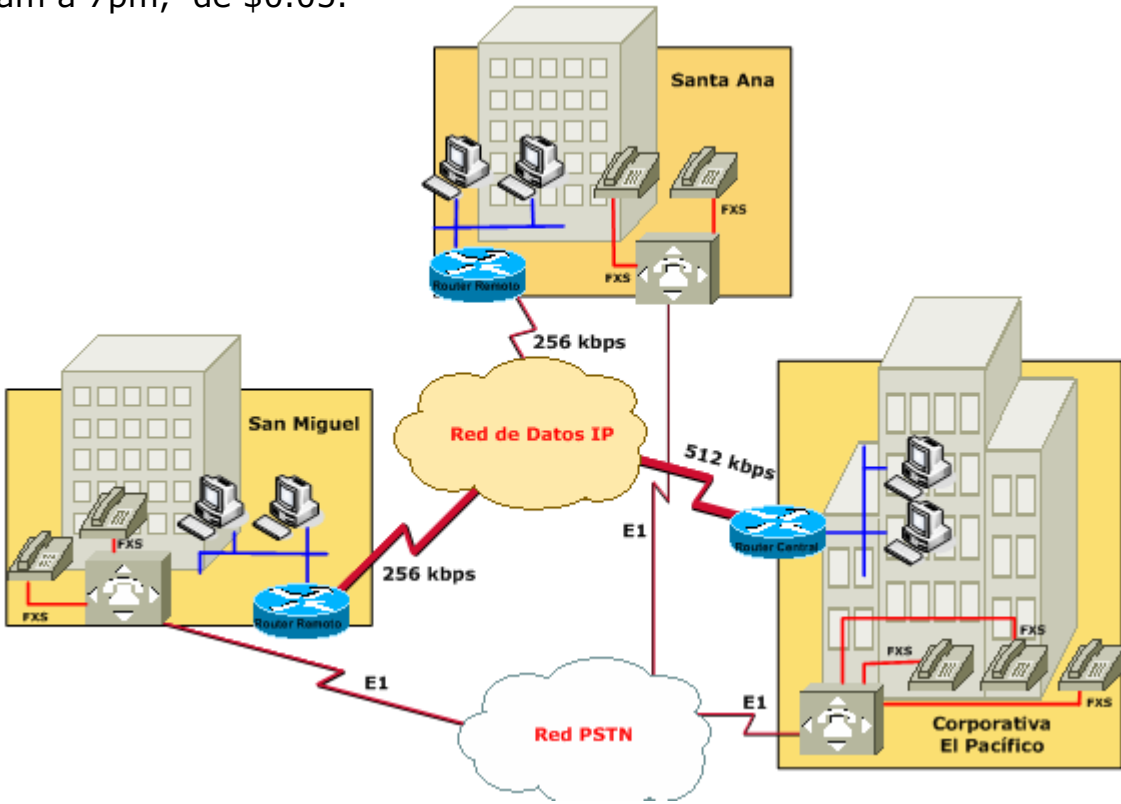
La oficina central, se asumirá que esta ubicada en San Salvador y se conecta a sus sitios remotos por medio de un enlace IP proporcionado por un proveedor de servicios de Internet (ISP) a 512Kbps y los sitios remotos se conectan al sitio central por un enlace de 256Kbps.

Se considerara que las llamadas telefónicas efectuadas por la empresa, se realizan a través del operador telefónico local que puede ser el mismo que proporcione el enlace de datos, por lo que la empresa paga un cargo mensual por las llamadas efectuadas a sus sucursales y los enlaces contratados al ISP. No se tomaran en cuenta las llamadas internacionales, únicamente las llamadas entre la misma empresa.

Para el cálculo de la inversión inicial y los costos mensuales efectuados por la Cooperativa, se tomaron en cuenta las tarifas mensuales establecidas por los proveedores de servicios para los enlaces de datos contratados y las tarifas de llamadas por minutos.

De igual forma, se asumirá que las centrales telefónicas en cada sitio, fueron instaladas con mucho tiempo, antes de cambiar a una solución de VoIP, por lo que no se tomaran en cuenta en los costos iniciales. Se tomaran en cuenta los costos de mantenimiento y operaciones, detallados como los salarios que se pagarían a los profesionales contratados para la administración de la red de datos.

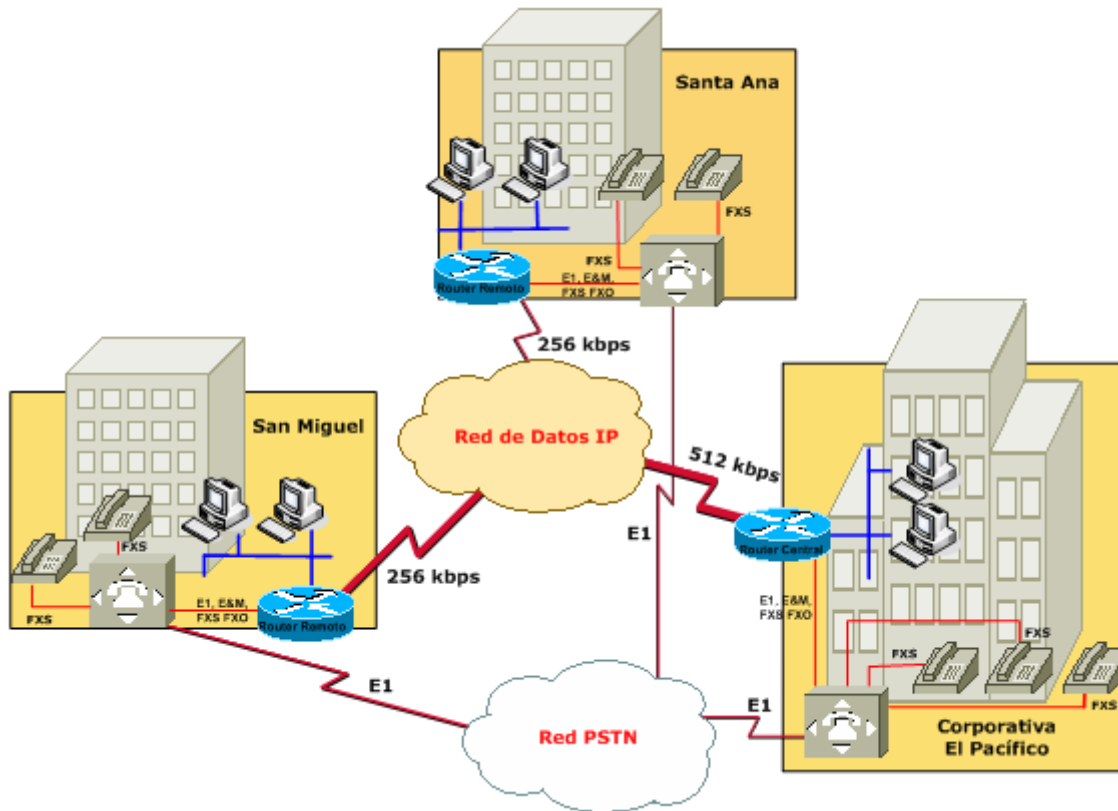
Para obtener el gasto en llamadas, se asume que las oficinas remotas, realizan un promedio de 5 llamadas simultaneas máximas, cada una hacia la oficina central y esta devuelve la misma cantidad hacia sus sucursales, teniendo un promedio diario de 10 llamadas en el sitio central y 5 llamadas por sitio remoto, considerando un aproximado de 5 minutos cada una, a costo promedio en tarifa plena de llamada local, de 6am a 7pm, de \$0.05.



**Figura 50. Escenario de Empresa Corporativa para implementación de VoIP**

## 8.1 Escenario de Solución VoIP

Esta solución consiste en conservar las PBX's de la Cooperativa y utilizar los enlaces IP para transmitir voz, considerando la conexión de las PBX's a los routers a través de tarjetas truncales E1 y módulos E&M.



**Figura 51. Solución VoIP en Empresa Cooperativa**

De acuerdo a lo presentado en el escenario inicial, se procederá a llenar el cuadro de especificaciones para la implementación de la solución de VoIP, según lo requerido por el cliente a efectuar la integración de voz y datos.

## Solución VoIP

Puntos de Evaluación	Existencia	Cantidad	Observaciones
<b>Llamadas Concurrentes</b>			
Llamadas Sitio Central		10	
Llamadas por sucursales		5	
Promedio de llamadas/minutos		5	
<b>PBX</b>			
Puertos Disponibles	√		
Puertos Tróncales E1 's	√		
Puertos Tróncales Análogos (FXO)			
Extensiones (FXS)			
<b>Routers</b>			
Modelo de Router Central	2811	1	
Modelo de Routers Sitio Remoto	2811	2	
Puertos Libres en Central	√		
Puertos Libres en Sitios Remotos	√		
Soporte de VoIP del Router	√		
Cambio de Router	√		
<b>CODEC</b>			
G.711			
G.729 AB	√		
<b>Protocolo de Señalización</b>			
H.323			
SIP	√		
MGCP			
<b>Enlace de Datos</b>			
Ancho de Banda Sitio Central	√	512	
Ancho de Banda Sitio Remoto	√	256	

Aumento de Ancho de Banda			
Aplicación de técnicas de QoS	√		
<b>Técnica de QoS</b>			
Gestión de Colas			
Gestión de Trafico	√		
Policy Routing	√		
RSVP			
<b>Tecnología de Datos</b>			
TDM			
ATM			
Frame Relay			
IP VPN	√		

**Cuadro 19. Checklist de ejemplo de aplicación para VoIp.**

De acuerdo a consultas con proveedores de servicios, se detallan los costos mensuales de los enlaces de datos contratados para el servicio IP de la empresa que presentamos.

El cuadro 20 detalla los costos de inversión de la empresa, estos costos son de acuerdo a los precios Plaza de los equipos, es decir que el costo dado de los equipos, incluye todos os impuestos de embarque y seguros y se entregan en la empresa del cliente.

Inversión Inicial			Inversión Mensual		
Sitio	Router	Costo	Enlace de datos	Costo Mensual	Llamadas Telefónicas
<b>San Salvador</b>	Cisco 2811 + VWIC-1MFT-T1/E1	\$5,030	512Kbps	\$400	10 Líneas
<b>Santa Ana y San Miguel</b>	Cisco 2811 + VWIC-1MFT-T1/E1	\$10,060	256Kbps	\$500	10 líneas
<b>Capacitación</b>		\$2000			
<b>Total de Costos de Inversión Inicial</b>		<b>\$17,090</b>	<b>Total</b>	\$900	<b>\$1200*</b>

**Cuadro 20. Costo de Inversión y Costos mensuales de solución VoIP**

\* Los costos mensuales de telefonía no fueron sumados en los costos de inversión inicial para la solución de VoIP, debido que estos ya no serán facturados como cobros mensuales cuando se implemente la solución VoIP, únicamente se facturara los costos de los enlaces de datos y de telefonía tradicional como costos mensuales.

Para obtener el precio mensual de llamadas telefónicas, se considerado la tarifa plena de llamada nacional \$0.05, asumiendo que la Cooperativa realiza un total de 10 llamadas por línea telefónica diarias (10 en sitio

central y 5 en cada sitio remoto), efectuando un total de 200 llamadas diarias de 5 minutos promedio cada una. Se considera un mes laboral de 20 días, para el cual se tendrá un consumo de 1000 minutos diarios haciendo un total de 20,000 minutos mensuales teniendo un costo de \$1000 al mes por uso de la PSTN. En los costos detallados en el cuadro anterior, se considero el cobro por uso de la PSTN del proveedor de servicio de telefonía.

Los costos iniciales de los routers, incluye el cambio a routers 2811, debido a que posee las funciones de procesamiento optimas para el manejo de la tecnología de VoIP, estos routers incluyen el IOS para manejo de VoIP y el hardware para la compresión de voz en paquetes.

Tal y como se presento en el cuadro para la implementación de VoIP, se hará uso del codec G.729 para aprovechar lo más posible el ancho de banda. Se considero el codec anterior como el algoritmo de compresión más adecuado debido al poco consumo de ancho de banda, ya que en los enlaces de los sitios remotos, este podría generar problemas en la calidad de voz y el tráfico de datos.

El siguiente cuadro muestra la distribución de ancho de banda para el trafico de voz y para el trafico de datos, utilizando el algoritmo de compresión G.729, incluyendo el consumo de este con las cabeceras IP/UDP/RTP incluidas, el cual, tal como se definió con anterioridad en el capítulo1 en el cuadro 1 de comparación de Codecs, se necesita aproximadamente un consumo de 32Kbps del enlace por circuito de voz.

<b>Distribución de Ancho de Banda (BW)</b>						
<b>Sucursal</b>	<b>Enlace contratado</b>	<b>Circuitos de Voz</b>	<b>Compresión</b>	<b>BW Datos</b>	<b>BW Voz</b>	<b>Técnica de QoS</b>
<b>San Salvador</b>	512Kbps	10	32Kbps	192Kbps	320Kbps	Gestión de Colas (IP RTP Priority) y Gestión de Tráfico.
<b>Santa Ana</b>	256Kbps	5	32Kbps	96Kbps	160Kbps	
<b>San Miguel</b>	256Kbps	5	32Kbps	96Kbps	160Kbps	

### **Cuadro 21. Distribución de Ancho de Banda para solución VoIP.**

Tal y como se observa, la cantidad de ancho de banda para el tráfico de datos en las sucursales es bastante reducida, por lo que sería necesario disminuir el número de circuitos de voz disponibles, por ejemplo utilizar 6 circuitos en lugar de 10 en el sitio central, logrando un ancho de banda de 320Kbps para el tráfico de datos, suponiendo que se tenga un máximo de 6 circuitos de voz utilizándose al mismo tiempo.

Otra opción es la de aumentar el ancho de banda contratado al proveedor de servicio, lo cual aumentaría el costo mensual y no sería congruente con el fin de reducir los costos de la comunicación entre las sucursales de la cooperativa. Las aplicaciones de Calidad de Servicio en la red, ayudaría para poder reservar el ancho de banda de voz y de datos y a la vez darle prioridad al tráfico de voz para lograr una calidad de recepción y transmisión de esta sin retardo ni degradación en la voz. La técnica recomendada en este ejemplo aplicativo, es la Gestión de Colas para darle prioridad al tráfico de voz con IP RTP Priority.

En los enlaces IP conviene utilizar la gestión de colas ponderada WFQ, utilizando la clasificación de paquetes por IP Precedence, marcando los paquetes de voz en el puerto de entrada con la precedencia mas alta (5), y las aplicaciones importantes de datos con prioridad 3, por ejemplo, dejando el resto de aplicaciones no tan importantes con precedencia cero.

Podría utilizarse cualquier otra gestión de colas, siempre y cuando se tenga cuidado de saber lo que se esta haciendo, y corroborar que no se este afectando otras aplicaciones, por una mala configuración de las colas.

Haciendo un uso combinado de la **gestión de colas** y la **gestión de tráfico**, puede lograrse que se de prioridad de salida a la voz, como también no se pierdan paquetes de datos mientras el flujo de voz se envía, reduciendo también así, la congestión o tiempo de utilización del enlace, que otras aplicaciones puedan necesitar.

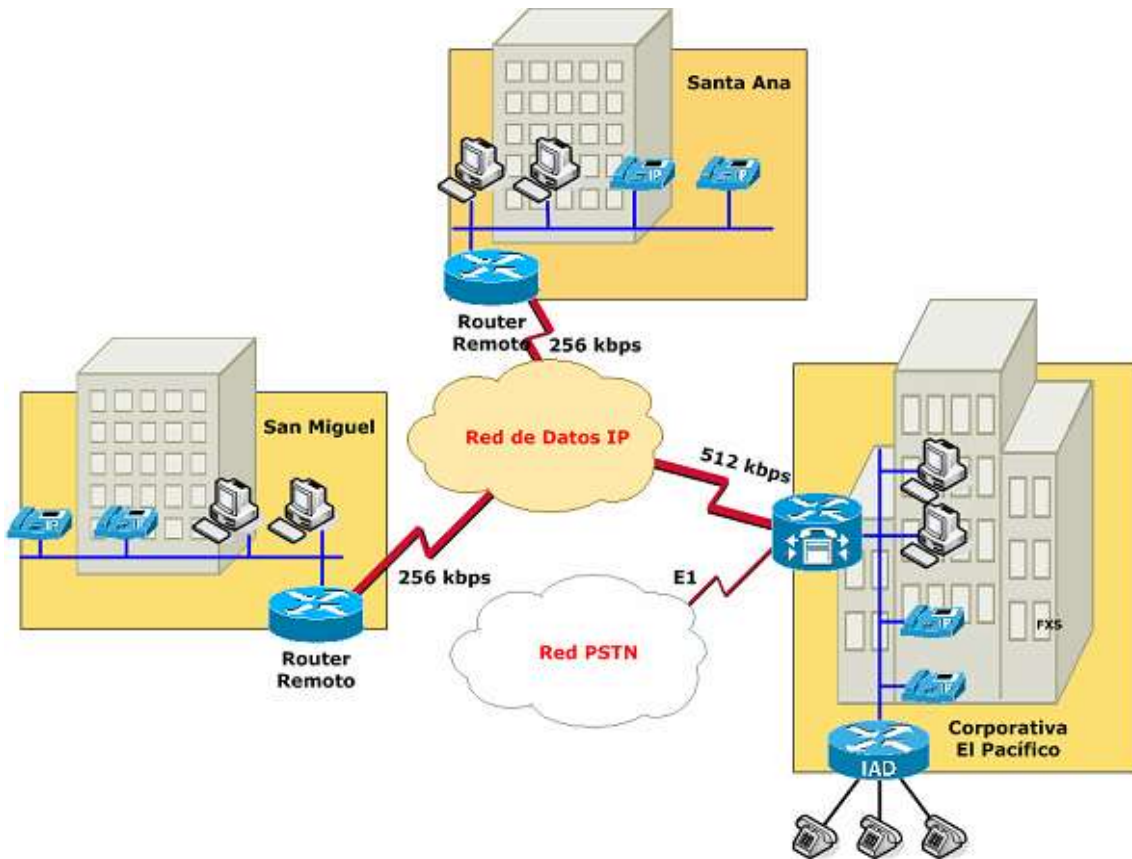
Esta aplicación puede configurarse en los nodos de San Salvador por ser el que mayor trafico maneja ya que en el convergen los tráficos de los sitios remotos.

Para dar un escenario mas amplio de soluciones de voz a través de las redes IP, se considera mas adelante, la implementación de una solución de Telefonía IP, la cual tendrá una mayor inversión inicial que la solución de VoIP pura, pero al igual que la implementación de VoIP, la telefonía IP ofrece una pronta recuperación, siendo una opción optima para ser considerada en grandes empresas corporativas.

## **8.2 Escenario de Solución Telefonía IP**

Esta solución consiste en eliminar la PBX de la empresa Corporativa y colocar IP PBX que manejen la inteligencia de la llamadas, o capacitar los routers, como en el caso de routers Cisco, con un programa (CallManager) capaz de convertir a un router en una pequeña central telefónica, en nuestro caso un router Cisco 2811, teniendo un máximo de 36 teléfonos IP conectados.

La implementación de la solución de Telefonía IP descrita en la figura 51, detalla un ambiente de aplicación donde se considera a la sucursal central como la integración de los dos mundos, el mundo de telefonía tradicional con los teléfonos y líneas tradicionales, conectando el red PSTN al router central a través de un modulo troncal E1 y el mundo de Telefonía IP, donde se puede utilizar teléfonos IP o Adaptadores Telefónicos Análogos que estarán conectados directamente a la red IP local y remota a través de una interfase ethernet del router, tal como lo muestra la figura 52.



**Figura 52. Escenario de implementación de Telefonía IP Centralizada**

Para el caso de este ambiente, se procederá a llenar el cuadro de especificaciones para la implementación de la solución de Telefonía IP, según lo requerido por el cliente a efectuar la integración de voz y datos.

<b>Solución Telefonía IP</b>			
<b>Puntos de Evaluación</b>	<b>Existencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Llamadas Concurrentes</b>			
Hora Pico de llamadas		3	
Llamadas Sitio Central	√	10	
Llamadas por sucursales	√	5	
Promedio de llamadas/minutos		5	
<b>Telefonía Actual</b>			
Teléfonos en Central	√	10	Se tienen 5 teléfonos por sucursal
Teléfonos Sitios Remotos	√	10	
<b>Telefonía IP</b>			
Teléfonos Ejecutivos Central	√	2	Se puede colocar teléfonos IP a la LAN del cliente o se puede optar por un IAD de puertos FXS, para la conexión de teléfonos análogos
Teléfonos Sencillos Central	√	8	
Teléfonos Ejecutivos Sitio Remoto	√	2	
Teléfonos Sencillos Sitio Remoto	√	8	
<b>CODEC *</b>			
G.711			
G.729 ab	√		
<b>Protocolo de Señalización</b>			
H.323			
SIP	√		
MGCP			
<b>IP PBX</b>			
Capacidad pequeña	√	1	Puede ser considerada el software de Call Manager Express en el router.
Capacidad Mediana			
Capacidad Grande			
<b>Gateways</b>			
Puertos Libres en Central	√	2	

Puertos Libres en Sitio Remoto	✓	2	
Puertos libres para conexión PSTN	✓	2	
Soporte de VoIP	✓		
<b>Enlace de Datos</b>			
Ancho de Banda Sitio Central	✓	512Kbps	Se puede utilizar la gestión de tráfico y la gestión de colas con IP Precedente.
Ancho de Banda Sitio Remoto	✓	256Kbps	
Aumento de Ancho de Banda			
Aplicación de técnicas de QoS	✓		
<b>Técnica de QoS</b>			
Gestión de Colas	✓		
Gestión de Trafico	✓		
Policy Routing	✓		
RSVP			
<b>Tecnología de Datos</b>			
TDM			
ATM			
Frame Relay			
IP VPN	✓		
<b>Solución ToIP</b>	<b>Recomendación</b>		
Centralizada	✓		
Distribuida			

**Cuadro 22. Checklist de ejemplo de aplicación para ToIP.**

Tal como se detalla el cuadro anterior, la solución ideal para el escenario especificado con una red con equipos Cisco, es la de Telefonía IP Centralizada, colocando la licencia de Callmanager Express de Cisco en el router de la serie 2800 y colocar 2 teléfonos ejecutivos en la red LAN del sitio central y uno por sitio remoto.

Se hará uso de 4 teléfonos IP sencillos en las sucursales remotas y un IAD de puertos FXS para los 8 circuitos de voz en la central. Para este caso se tendrá las siguientes consideraciones en la configuración:

Se posee el mismo tráfico de telefonía considerado en el caso de VoIP, en el cual se tiene un máximo de 20 líneas ocupadas simultáneamente con un promedio de tiempo de llamada de 5 minutos, realizando un aproximada de 10 llamadas diarias por circuito de voz en un periodo laboral de 20 días mensuales.

Las técnicas de QoS utilizadas en VoIP aplican para el tráfico en telefonía IP, determinando un control en el tráfico de voz, priorizando los paquetes de voz en la red IP a través de IP RTP Priority y la gestión de colas y tráfico, tal y como se menciona en la solución anterior. Para esta aplicación, se hará uso de la compresión de la voz con el codec G.729 y el protocolo de señalización SIP, para lograr un mayor ahorro de ancho de banda en la red de datos.

La solución centralizada del escenario presentado en la figura 52, no es considerada la más óptima, debido a que todas las llamadas efectuadas a las sucursales deben llegar al sitio central para ser enrutadas a su destino final.

De igual forma, las llamadas a la PSTN deben ser llevadas a través del gateway en el sitio central, lo cual implica un mayor uso del ancho de banda y una disminución en la instalación de circuitos de VoIP. Pero si bien esta no es la mejor opción, puede ser idónea para una empresa corporativa de pequeño y mediano tamaño que puede esperar un crecimiento a mediano plazo.

De acuerdo a lo anteriormente detallado, se puede determinar el cuadro de inversión inicial de una solución de Telefonía IP Centralizada, el cual mas adelante determinara el punto de equilibrio y recuperación de la inversión.

Para esta configuración se hará uso de equipos Cisco debido a su alta demanda en el mercado y por ser los más comunes en las redes corporativas de grandes clientes.

Cabe destacar, que la implementación de Telefonía IP en clientes corporativos, por lo general, utiliza equipos de un mismo proveedor debido a la seguridad y garantía de compatibilidad y funcionamiento en su red.

Inversión Inicial			Inversión Mensual		
Sitio	Router + Teléfonos IP	Costo	Enlace de datos	Costo Mensual	Llamadas Telefónicas
<b>San Salvador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bundle Cisco 2811</li> <li>▪ VWIC-1MFT-T1/E1</li> <li>▪ IAD 2421 (8 puertos FXS)</li> <li>▪ 2 7940G IP Phone</li> </ul>	\$13500	512Kbps	\$400	10 Líneas
<b>Santa Ana y San Miguel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 7940G IP Phone</li> <li>▪ 4 7902G IP Phone</li> <li>▪ Cisco 2811</li> </ul>	\$13000	256Kbps	\$500	10 Líneas
<b>Capacitación</b>		\$2000			
<b>Total</b>		\$28500	<b>Total</b>	\$900	<b>\$1200*</b>
<b>Total de Costos de Inversión Inicial</b>				<b>\$28500</b>	

**Cuadro 23. Costo de Inversión y Costos mensuales de Telefonía IP.**

Tal como se describe en el cuadro anterior, la inversión de una solución con Telefonía IP, implica una inversión inicial mayor a la solución de VoIP, la cual es considerada por los altos precios de las licencias de Call Manager en el caso de Cisco o por la inversión en una IP PBX que proporcione la inteligencia y el control de la llamadas telefónicas, sin embargo esta inversión lograra reducir los costos mensuales de llamadas telefónicas, las cuales fueron detalladas como un promedio mensual aproximado de \$1200, haciendo justificable la inversión inicial para la implementación de Telefonía IP.

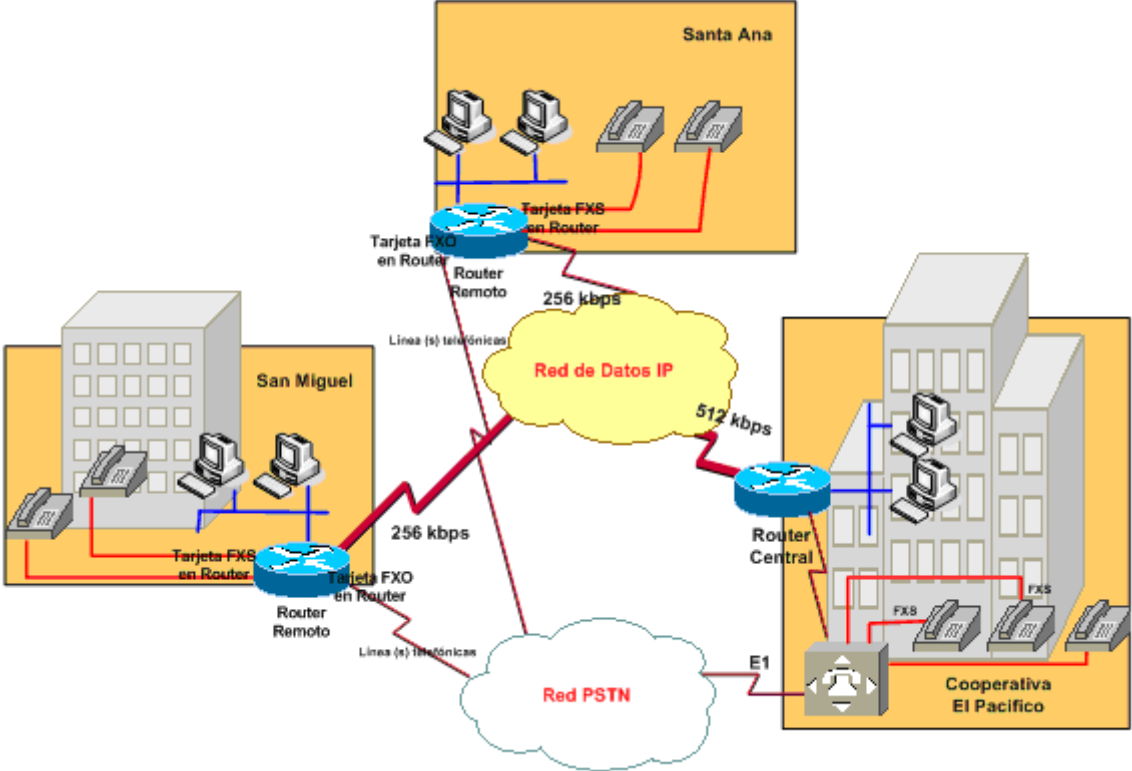
Es importante aclarar, que los escenarios presentados fueron realizados de acuerdo a la red de datos y de telefonía tradicional descrita por el cliente denominado Cooperativa el Pacifico, la cual ejemplifica una aplicación de solución de VoIP y Telefonía IP, sin embargo, estas soluciones pueden ser presentadas de diferentes formas, según lo requerido por el cliente y la red existente.

Para mayor entendimiento, se considerara a continuación una aplicación utilizando VoIP y Telefonía IP en un mismo escenario, el cual logra una solución más económica de igual eficiencia que las anteriormente presentadas, detallando una solución óptima para la realización de llamadas locales, utilizando la conexión de salida a la PSTN.

### **8.3 Escenario de Solución Combinada de Telefonía IP y VoIP.**

Esta solución, esta orientada a una empresa que cuenta con muy pocas líneas telefónicas en las sucursales, donde no fue posible justificar la compra de una PBX para dichas localidades. En la realidad, cuando es necesario solo un par de líneas telefónicas se contratan líneas a un proveedor local para satisfacer las necesidades.

En dicho caso, no se cuenta con ningún elemento que permita la conexión de dichas líneas con la red IP, para realizar la reducción de costos para las otras sucursales. Lo que se recomienda en este caso es la instalación de tarjetas FXS en los routers remotos, que brindan el enlace de datos para conectar los aparatos telefónicos deseados, tal como lo muestra la figura 53.



**Figura 53. Diagrama general de solución de VoIP en conjunto con ToIP.**

Luego, es necesaria la configuración de los routers, para que permita las siguientes funciones:

- Que pueda asignar una serie numérica a los diferentes puertos FXS para identificar las líneas que serán conectadas en dicho puerto.
- Que sea posible la instalación de tarjeta con uno o varios puertos FXO (dependiendo de la demanda de líneas, que no es precisamente la misma cantidad de líneas instaladas en los puertos FXS)
- La configuración de ruteo de llamadas por serie numérica, que indique que se debe de hacer en los diferentes casos de llamadas.

Uno de estos casos, se aplica cuando se requiere hacer una llamada a una extensión que se encuentra instalada en una interfaz FXS de otro router o de este mismo, para dicho caso, la llamada debe de ser enrutada hacia el router que tiene asignado la extensión.

Por otro lado, se tiene la opción de llamadas cuando el destino de esta se encuentra en la misma ciudad en la que se origina, para esto es necesario configurar la serie numérica local en el router para que cuando le llegue una llamada dirigida hacia esta serie sea enrutada por la tarjeta FXO que a su vez se encuentra conectada a una línea telefónica que es brindada por el proveedor local de telefonía.

El tercer caso, técnicamente posible con algunas marcas como Cisco, que la llamada sea originada en una tarjeta FXS de un router y que la dicha llamada esta destinada en una ciudad donde se encuentre otra

sucursal de la misma empresa que cuente con las mismas instalaciones para VoIP.

En dicho caso, se puede programar una regla telefónica en el router donde se origina la llamada, para que todas las llamadas que se destinen a la serie numérica de la PSTN de la ciudad destino se transporten vía IP hacia el router de la otra sucursal, y este de salida a la llamada por su tarjeta FXO que se encuentra conectada a el proveedor de telefonía local.

Para poder implementar este caso, es necesario equipar los routers tanto con tarjetas FXS y FXO en las sucursales. También será necesario instalar en la PBX de la oficina central una tarjeta FXS para conectarla con el router local que deberá contar con una tarjeta FXO para que la

conexión sea posible.

Inversión Inicial			Costos Mensuales		
Sitio	Router	Costo	Enlace de datos	Costo Mensual	Llamadas Telefónicas
<b>San Salvador</b>	Cisco 2811 + Tarjetas VIC2-2E&M	\$8330.00	512Kbps	\$400.00	10 Líneas
<b>Santa Ana y San Miguel</b>	Cisco 2811 + 2Tarjetas VIC2-4FXS	\$10660.00	256Kbps	\$500.00	10 Líneas
<b>Capacitación</b>		\$2000.00		\$900.00	
<b>Total de Inversión Inicial</b>		<b>\$20990.00</b>	<b>Total</b>	\$900.00	<b>\$1200.00*</b>

**Cuadro 24. Costo de Inversión y Costos mensuales para la implementación de Voz sobre IP y Telefonía IP en conjunto.**

#### **8.4 Estudio para la reducción de líneas telefónicas instaladas.**

En los tres casos anteriores nos encontramos que la oficina central y las sucursales cuentan con contratos de líneas telefónicas con proveedores locales antes de la implementación de las soluciones. Lo que se pretende con la implementación de las diferentes soluciones es la reducción de los costos de las llamadas entre las sucursales, pero siempre será necesario contar con una cierta cantidad de líneas telefónicas contratadas para realizar llamadas locales. Es posible contar con la salida telefónica en un solo punto, este podría ser la central, pero el inconveniente que si una sucursal desea hacer una llamada local, esta saldrá de la central, y se cobraría como llamada nacional, para el caso que se ha ejemplificado, aumentando costos aunque se ahorre las llamadas entre las sucursales.

Es por eso que es necesario dejar habilitada una cierta cantidad de líneas telefónicas, por lo que a continuación se presenta los cálculos necesarios para realizar la reducción de contratación de líneas telefónicas. Como ejemplo, se tomara el caso de las tres sucursales ya enunciado en los capítulos anteriores.

La oficina central en San Salvador tiene un promedio de 500 llamadas a los dos sitios remotos, con el promedio de duración de cinco minutos. De forma que el total es de 1,500 minutos de llamada, o 25 horas de volumen de llamadas por día.

Un Erlang es la unidad una hora del volumen de llamada, así San Salvador posee 8.33 horas del volumen de llamada hacia Santa Ana y San Miguel. Cuando se diseñan redes, especialmente las que transportan voz, es mejor construir la infraestructura para la hora más

ocupada del día. Pero no se debe asumir que los 8.33 Erlangs son expandidos durante todo el día.

Debido a que usualmente el 20% del tráfico es manejado en la hora más ocupada, esta red estará diseñada para manejar 1.22 Erlangs de tráfico por cada hora.

$$\frac{(20\%)*100(\text{llamadas}) * 5(\text{min. por llamada})}{60(\text{min. por hora})} = (20\%)*8.33(\text{horas de tráfico}) = 1.66(\text{Erlangs})$$

Similarmente, cada sitio remoto posee 4.16 Erlangs de tráfico, y 0.83 Erlangs durante el 20% de la hora más ocupada.

$$\frac{(20\%)*50(\text{llamadas}) * 5(\text{min. por llamada})}{60(\text{min. por hora})} = (20\%)*4.16(\text{horas de tráfico}) = 0.83(\text{Erlangs})$$

Depuse es necesario utilizar la tabla de Erlang para determinar cuántas líneas de PSTN pueden ser eliminadas una vez que el tráfico de voz es movido a la red de datos.

Ningún sistema telefónico es 100% eficiente, debido a que una llamada de teléfono no llega justo cuando una línea es disponible. Aun cuando en las horas más ocupadas habrá minutos en los que no todas las líneas estén siendo utilizadas, algún usuario podría tener una señal ocupada.

Un P05 describe un grado de aceptación para un servicio, es decir, si por ejemplo ocho líneas telefónicas proveen 4.543 horas de volumen de llamada, o 4.543 Erlangs. Si lo aceptable es el 5% de las llamadas para obtener una señal ocupada, entonces un grado P05 de servicio puede

ser utilizado. Si lo aceptable es el 3%, entonces se utiliza un P03; si lo es un 0.5%, entonces se deberá utilizar un P005, y así sucesivamente.

El cuadro 25 contiene la información necesaria para determinar en cuanto debe de ser reducida la cantidad de líneas telefónicas, esto con los datos en Erlang del tráfico que se desea reducir, así como el porcentaje de ocupación que se desea obtener. Este porcentaje es elegido por el cliente, ya que determina que tanto tiempo desea sacrificar el tráfico para que estén líneas disponibles.

Una vez que se cuenta con el porcentaje de ocupación y la cantidad de Erlang es posible determinar cuantas líneas pueden ser colocadas, es decir verificar la cantidad de circuitos de voz que pueden ser ocupados en la red de VoIP y a la vez, verificar cuantos deben ser tratados con la telefonía tradicional y estimar los costos mensuales por tarifa fija en líneas telefónicas.

De acuerdo a la tabla de probabilidades de perdidas de llamadas en Erlang y la cantidad de líneas que pueden ser colocadas en la red, dada por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), se puede determinar la cantidad de líneas posibles.

Cantidad de líneas	P003 = 0.003	P005 = 0.005	P01 = 0.01	P03 = 0.03	P05 = 0.05
1	0.003	0.006	0.011	0.031	0.053
2	0.081	0.106	0.153	0.282	0.382
3	0.289	0.349	0.456	0.716	0.9
4	0.602	0.702	0.87	1.259	1.525
5	0.996	1.132	1.361	1.876	2.219
6	1.447	1.822	1.9	2.543	2.961
7	1.947	2.158	2.501	3.25	3.738
8	2.484	2.73	3.128	3.987	4.543
9	3.053	3.333	3.783	4.748	5.371
10	3.648	3.961	4.462	5.53	5.216
11	4.25	4.6	5.15	6.3	7.05
12	4.9	5.25	5.85	7.1	7.95
13	5.55	5.95	6.6	7.95	8.8
14	6.2	6.65	7.35	8.8	9.7
15	6.9	7.35	8.1	9.6	10.6
16	7.6	8.05	8.85	10.5	11.5
17	8.3	8.8	9.65	11.35	12.45
18	9	9.55	10.4	12.2	13.35
19	9.75	10.3	11.2	13.1	14.3
20	10.45	11.05	12	13.95	15.2
21	11.2	11.85	12.8	14.85	16.15
22	11.95	12.6	13.65	15.75	17.1
23	12.7	13.4	14.45	16.65	18.05
24	13.5	14.2	15.25	17.55	19
25	14.25	14.95	16.1	18.45	19.95

**Cuadro 25. Tabla de de líneas telefónicas contra porcentaje de ocupación en base a Erlang.**

El número de Erlangs aumenta con el número de conexiones simultáneas. Para el caso de la central, con 3% de ocupación, con 1.66 Erlangs, encontramos que es posible tener 4 líneas en la oficina central. De igual manera encontramos que es posible colocar 3 líneas en cada sucursal.

## 9. PUNTO DE EQUILIBRIO DE INVERSIÓN

En el presente capítulo se pretende describir los diferentes puntos de equilibrio que tienen cada uno de los escenarios descritos en los ejemplos de aplicación dados en el capítulo 8. El objetivo es comparar el tiempo que tomaría recuperar la inversión realizada y considerar la opción más rentable.

En el cuadro 26, se puede observar que el punto de equilibrio para la recuperación de la Inversión Inicial para la solución de Implementación de VoIP en la red de datos. Este valor se obtendría a partir del mes 14, en donde se detalla el fin de los costos iniciales de inversión. Contablemente, si se tomaran 5 años de vida útil del equipo, una vez instalada la solución, se obtendrían \$54,910.00 de ahorro en el tiempo restante a 5 años, esto es tomado de la sumatoria de los ahorros desde el mes 15.

Mes	Inversión Inicial	Ahorro Acumulado.	Saldo de inversión
1	17090.00	1200.00	-15890.00
2	17090.00	2400.00	-14690.00
3	17090.00	3600.00	-13490.00
4	17090.00	4800.00	-12290.00
5	17090.00	6000.00	-11090.00
6	17090.00	7200.00	-9890.00

7	17090.00	8400.00	-8690.00
8	17090.00	9600.00	-7490.00
9	17090.00	10800.00	-6290.00
10	17090.00	12000.00	-5090.00
11	17090.00	13200.00	-3890.00
12	17090.00	14400.00	-2690.00
13	17090.00	15600.00	-1490.00
14	17090.00	16800.00	-290.00
15	17090.00	18000.00	910.00
16	17090.00	19200.00	2110.00
17	17090.00	20400.00	3310.00
18	17090.00	21600.00	4510.00
19	17090.00	22800.00	5710.00
20	17090.00	24000.00	6910.00
21	17090.00	25200.00	8110.00
22	17090.00	26400.00	9310.00
23	17090.00	27600.00	10510.00
24	17090.00	28800.00	11710.00

**Cuadro 26. Representación de punto de equilibrio para la inversión solución VoIP con ahorro de costos de llamadas.**

En el cuadro 27, se puede observar que el punto de equilibrio para la recuperación de la inversión inicial para la solución con Implementación de Telefonía IP, sería a partir del mes 24 (2 años). Contablemente, si se tomaran 5 años de vida útil del equipo una vez instalada la solución se obtendrían \$43,500.00 de ahorro en el tiempo restante a 5 años, esto es tomado de la sumatoria de los ahorros desde el mes 25.

Mes	Inversión Inicial	Ahorro Acumulado.	Saldo de inversión
1	20990.00	1200.00	-19790.00
2	20990.00	2400.00	-18590.00
3	20990.00	3600.00	-17390.00
4	20990.00	4800.00	-16190.00
5	20990.00	6000.00	-14990.00
6	20990.00	7200.00	-13790.00
7	20990.00	8400.00	-12590.00
8	20990.00	9600.00	-11390.00
9	20990.00	10800.00	-10190.00
10	20990.00	12000.00	-8990.00
11	20990.00	13200.00	-7790.00
12	20990.00	14400.00	-6590.00
13	20990.00	15600.00	-5390.00
14	20990.00	16800.00	-4190.00
15	20990.00	18000.00	-2990.00
16	20990.00	19200.00	-1790.00
17	20990.00	20400.00	-590.00
18	20990.00	21600.00	610.00
19	20990.00	22800.00	1810.00
20	20990.00	24000.00	3010.00
21	20990.00	25200.00	4210.00
22	20990.00	26400.00	5410.00
23	20990.00	27600.00	6610.00
24	20990.00	28800.00	7810.00
25	20990.00	30000.00	9010.00
26	20990.00	31200.00	10210.00
27	20990.00	32400.00	11410.00
28	20990.00	33600.00	12610.00
29	20990.00	34800.00	13810.00
30	20990.00	36000.00	15010.00
31	20990.00	37200.00	16210.00
32	20990.00	38400.00	17410.00
33	20990.00	39600.00	18610.00
34	20990.00	40800.00	19810.00
35	20990.00	42000.00	21010.00
36	20990.00	43200.00	22210.00
37	20990.00	44400.00	23410.00
38	20990.00	45600.00	24610.00

39	20990.00	46800.00	25810.00
40	20990.00	48000.00	27010.00
41	20990.00	49200.00	28210.00
42	20990.00	50400.00	29410.00
43	20990.00	51600.00	30610.00
44	20990.00	52800.00	31810.00
45	20990.00	54000.00	33010.00
46	20990.00	55200.00	34210.00
47	20990.00	56400.00	35410.00
48	20990.00	57600.00	36610.00
49	20990.00	58800.00	37810.00
50	20990.00	60000.00	39010.00
51	20990.00	61200.00	40210.00
52	20990.00	62400.00	41410.00
53	20990.00	63600.00	42610.00
54	20990.00	64800.00	43810.00
55	20990.00	66000.00	45010.00
56	20990.00	67200.00	46210.00
57	20990.00	68400.00	47410.00
58	20990.00	69600.00	48610.00
59	20990.00	70800.00	49810.00
60	20990.00	72000.00	51010.00

**Cuadro 27. Representación de punto de equilibrio para la inversión solución ToIP con ahorro de costos de llamadas.**

En el cuadro 28 se puede observar que el punto de equilibrio para la recuperación de la inversión en la Implementación de VoIP y ToIP sería en 17 meses. Contablemente, si se tomaran 5 años de vida útil del equipo una vez instalada la solución se obtendrían \$51,010 de ahorro en el tiempo restante a 5 años, esto es tomado de la sumatoria de los ahorros desde el mes 18.

Mes	Inversión Inicial	Ahorro Acumulado.	Saldo de inversión
1	20990.00	1200.00	-19790.00
2	20990.00	2400.00	-18590.00
3	20990.00	3600.00	-17390.00
4	20990.00	4800.00	-16190.00
5	20990.00	6000.00	-14990.00
6	20990.00	7200.00	-13790.00
7	20990.00	8400.00	-12590.00
8	20990.00	9600.00	-11390.00
9	20990.00	10800.00	-10190.00
10	20990.00	12000.00	-8990.00
11	20990.00	13200.00	-7790.00
12	20990.00	14400.00	-6590.00
13	20990.00	15600.00	-5390.00
14	20990.00	16800.00	-4190.00
15	20990.00	18000.00	-2990.00
16	20990.00	19200.00	-1790.00
17	20990.00	20400.00	-590.00
18	20990.00	21600.00	610.00
19	20990.00	22800.00	1810.00
20	20990.00	24000.00	3010.00
21	20990.00	25200.00	4210.00
22	20990.00	26400.00	5410.00
23	20990.00	27600.00	6610.00
24	20990.00	28800.00	7810.00

**Cuadro 28. Representación de punto de equilibrio para la inversión solución combinada de VoIP y ToIP con ahorro de costos de llamadas.**

Como se puede observar en los cuadros 26, 27 y 28 la menor inversión es realizada con la solución de VoIP debido a los pocos requerimientos de equipos, por lo que la recuperación es más rápida.

Aunque los ejemplos presentados son una escala general, ya que se debe considerar los aplicativos de cada red y la cantidad de puertos de voz que se requiere tener en cada empresa, sin embargo, se puede dar una idea sobre la diferencia entre las diferentes inversión que son posibles implementar para dar solución a la reducción de costos de llamadas entre las diferentes sucursales.

## **10. MARCO REGULATORIO DE VoIP EN EL SALVADOR.**

En El Salvador toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilos, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos, se encuentra regulado por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). El servicio de telefonía es referido en la ley de Telecomunicaciones de cómo la transmisión de la palabra o voz viva a través de cualquier tecnología.

Para interés del presente documento, se verificarán los términos relacionados con telefonía, Internet y VoIP citados en la Ley General de Telecomunicaciones según el decreto 142 de la Asamblea Legislativa de El Salvador.

En dicha ley se estipulan los términos necesarios para que una empresa preste servicios de telefonía a terceros, más conocidos como operadores, el cuál debe de contar con una central para poder realizar la interconexión brindando la disponibilidad de los recursos naturales estipulados en el artículo 19 de dicho documento.

Dentro de los servicios básicos para brindar servicios de telefonía se encuentra la identificación cada abonado con un número único con el cual será localizado, debiendo tener acceso a toda la red de telefonía existente en el país e internacional del mismo y otros operadores, esto es conocido como plan de numeración.

Los servicios de VoIP que se recomienda implementar con el estudio técnico no contarán con un plan de numeración público, ya que podrá ser accesible solo para los usuarios que se encuentran dentro de la misma red de datos, ya que lo que se pretende es ahorrar sobre los costos de llamadas para los empleados de la misma compañía.

Con lo anterior es posible deducir que la regulación existente de la VoIP esta vinculado a la prestación de servicios telefónicos a terceros a manera de operador, pero para el caso en que una compañía desee implementar esta tecnología en su red de datos para realizar llamadas dentro de su misma red, no están sujetos a regulaciones por parte de la SIGET.

En otros países, tal es el caso de Ecuador, el uso de VoIP esta regido para el uso en los cyber cafés, los que se encuentran autorizados brindar dichos servicios para llamadas internacionales, negándoles la posibilidad de realizar llamadas locales o nacionales. Así también rigen la cantidad de ordenadores que pueden tener capacitados para realizar dichas llamadas al 25% de la capacidad máxima.

Los términos que son regulados por la Ley de Telecomunicaciones para VoIP están estipulados en la resolución T-213-2003 emitida por la SIGET, la cual es presentada a continuación.

**SUPERINTENDENCIA GENERAL DE  
ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES**

No. T-213-2003.-SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTICIDAD Y TELECOMUNICACIONES: San Salvador, a las ocho horas del día veinte de marzo del año dos mil tres. Esta superintendencia CONSIDERANDO:

- I. Que han sido recibidas consultas de diversas empresas interesadas en prestar el servicio de llamadas en voz viva tanto locales como nacionales e internacionales por medio del servicio de acceso a la red mundial por vía electrónica conocida como Internet, ante lo cual se inició un procedimiento de análisis y consulta con todos los operadores de redes comerciales de telecomunicaciones.
  
- II. Que la Legislación nacional existente no regula tecnologías, por lo que no aborda de forma especial la regulación normativa de Internet, sin embargo, la Ley de Telecomunicaciones en el artículo 1 define como su objetivo normar todas las actividades del sector telecomunicaciones, especialmente la regulación del servicio público de telefonía, el acceso a los recursos esenciales y el Plan de Numeración.

El artículo 6 de la Ley de Telecomunicaciones define en su tercer párrafo que *toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilos, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos*, es conocida como

Telecomunicaciones, por lo que se concluye que el servicio de Internet se encuentra contemplado en la citada definición.

Asimismo, el artículo 3 del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones determina que el Servicio de Telefonía es todo aquel servicio de telecomunicaciones; concepto dentro del cual se engloba el Internet; destinado principalmente a la comunicación por medio de la palabra o voz viva -telefonía- dicha actividad deberá quedar circunscrita a los esquemas definidos en la Ley en comento.

III. Lo anteriormente expresado vincula al cumplimiento de aspectos propios de la normativa como lo son principalmente entre otros:

- El artículo 27 inciso quinto de la Ley de Telecomunicaciones, establece que todos los operadores de telecomunicaciones deberán obedecer las normas establecidas en el Plan de Numeración.
- El inciso segundo del artículo 48 del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones establece que “Las comunicaciones de telefonía internacional de salida o de entrada que deban ser terminadas en El Salvador, deberán necesariamente ser conmutadas a través de puntos de interconexión previamente acordados por los operadores, o a través de la propia infraestructura del operador”

- El artículo 7 de la Ley de Telecomunicaciones, establece que la telefonía es un servicio público, y el artículo 8 de la misma Ley estipula que sus tarifas máximas serán determinadas y aprobadas por SIGET, en el mismo porcentaje que el Índice de Precios al Consumidor publicado por el Ministerio de Economía, que se abrevia IPC”

IV. De lo anteriormente expuesto puede colegirse que para la prestación del servicio público de telefonía resulta imperativo cumplir con el marco regulatorio existente, incluyendo lo siguiente: Urbanización de puntos de interconexión debidamente establecidos para el intercambio de tráfico telefónico; Pago de los cargos de interconexión relacionados: Utilización de la clave de selección de operador. Dar escrito cumplimiento al Plan de Numeración vigente, entre otras cosas.

Por lo tanto, en base a lo antes expuesto y los artículos antes descritos esta Superintendencia RESUELVE: a) Toda forma de establecer una comunicación de palabra o voz viva, local, nacional e internacional a través de cualquier medio de transporte o utilizando cualquier tecnología, debe sujetarse al ordenamiento existente sobre el servicio público de telefonía el cual se encuentra definido en la Ley de Telecomunicaciones, su Reglamento y el Plan de Numeración Nacional, mediante la inscripción con toros operadores y usuarios, definido en la referida ley; b) Las empresas que prestan el servicio de acceso a la red mundial conocida como “Internet”, los Operadores de redes comerciales de telecomunicaciones y cualquier otra empresa con una orientación diferente a la del sector telecomunicaciones, pero que pretenda prestar este servicio mediante la utilización de “Internet”, para establecer

llamadas telefónicas, tanto locales, como nacionales e internacionales, deberán estarse a lo expuesto en el literal a) de esta resolución; c) Notifíquese esta resolución a las sociedades y empresas interesadas; y d) Inscribese esta Resolución en la sección que corresponda en el Registro adscrito a la SIGET.

## **GLOSARIO**

### **ADPCM Adaptive Digital Pulse Code Modulation**

Forma de codificar el sonido de forma que ocupe menos espacio.

### **ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line**

Método para aumentar la velocidad de transmisión en un cable de cobre. ADSL facilita la división de capacidad en un canal con velocidad más alta para el suscriptor, típicamente para transmisión de vídeo, y un canal con velocidad significativamente más baja en la otra dirección.

### **ANI Automatic Number Identification**

Detección del número que llama.

### **ANSI American National Standards Institute**

Organización que desarrolla y publica voluntariamente estándares para un amplio sector de industrias en USA.

### **CDMA Code Division Multiple Access**

Es una tecnología de banda ancha para transmisión digital de señales de radio entre, por ejemplo, un teléfono móvil y una estación radiobase. En CDMA, una frecuencia se divide en un número de códigos. Este estándar se utiliza en Norteamérica, Latinoamérica, Europa del Este, Asia y Oriente Medio.

### **CFR (Cost and Freight)**

Es un término que significa que el vendedor paga por el transporte hasta el Puerto de embarque. El comprador paga por el embarque, el seguro y el transporte de los bienes, desde el puerto hasta su empresa

### **CIF** (*Cost, Insurance and Freight*)

Es un término que se utiliza en las operaciones de comercio internacional, sobretodo cuando se utilizan medios de transporte marítimos.

Cuando un artículo se tasa CIF significa que el precio de venta incluye el coste de la mercancía, el del transporte así como el seguro marítimo. CIF es un término mercantil internacional.

### **Codec**

Algoritmos de Compresión/Descompresión. Se utilizan para reducir el tamaño de los datos multimedia, tanto audio como vídeo. Compactan (codifican) un flujo de datos multimedia cuando se envía y lo restituyen (decodifican) cuando se recibe.

Si alguna vez recibes un fichero o una llamada telefónica y no puedes escuchar nada, lo más probable es que la aplicación que utilizas no soporte el codec con el que se han codificado los datos.

Entre los codec de audio más extendidos se encuentran: GSM (Global Standard for Mobile Communications), ADPCM, PCM, DSP TrueSpeech, CCITT y Lernout & Hauspie. Y entre los codec de vídeo tenemos a Cinepak, Indeo, Video 1 y RLE.

### **DSL Digital Subscriber Line**

Tecnología que permite a un proveedor usar el exceso de ancho de banda de sus líneas de pares de cobre para proporcionar servicios de datos. En principio se pensó como una tecnología de transición hasta que estuvieran disponibles las infraestructuras de fibra óptica, pero ha llegado a convertirse en una industria en si misma. xDSL se utiliza para describir distintas variantes del DSL general.

### **DSP Digital Signal Processor**

Un microprocesador digital especializado que realiza cálculos o digitaliza señales originalmente analógicas. Su gran ventaja es que son

programables. Entre sus principales usos está la compresión de señales de voz. Son la pieza clave de los codec.

### **DTMF Dual-Tone Multifrequency**

Una forma de señalización consistente en uno o varios botones, o un teclado numérico completo como en el caso de los teléfonos, que envía un sonido formado por dos tonos discretos, sonido que es recogido e interpretado por los sistemas telefónicos (centrales, centralitas o conmutadores).

### **E1**

Conexión por medio de la línea telefónica que puede transportar datos con una velocidad de hasta 1,920 Mbps. Según el estándar europeo (ITU), un E1 está formado por 30 canales de datos de 64 kbps más 2 canales de señalización. E1 es la versión europea de T1 (DS-1). Velocidades disponibles.

### **Exwork**

Se refiere al precio que se le da en lista de fabricante, no incluye impuestos de embarque, seguro, aduana y desembarque. El cliente debe pagar el transporte e impuestos desde el fabricante hasta su empresa.

### **Frame Relay**

Es un protocolo estándar para interconectar LANs. Proporciona un método rápido y eficiente para transmitir información desde dispositivos de usuario a bridges y routers. Se utiliza el ancho de banda disponible sólo cuando se necesita. Para transmitir la información se divide en paquetes, este método de transmisión resulta eficiente al transmitir comunicaciones de voz, con un adecuado control de la red.

### **FOB (Free On Board)**

Es un término que significa que el vendedor paga por el transporte de los bienes hacia el puerto de embarque, más el costo del embarque. El comprador paga por el seguro, el desembarque, y el transporte desde el puerto hasta su empresa.

### **G.lite**

Una versión de ADSL (ver DSL) que ofrece 1.5 Mbps de bajada y 640 Kbps de subida y está diseñada especialmente para el mercado de consumo. G.lite hace innecesario en muchos casos enviar personal especializado por parte de las operadoras para instalar nuevo cableado al cliente o un 'splitter', que es un dispositivo que separa las señales de voz y datos en casa del usuario.

G.lite permite el acceso 'siempre conectado' a Internet a altas velocidades utilizando el cableado existente y permitiendo el uso simultáneo del teléfono.

### **Gatekeeper**

Un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de Voz o Fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Los Gatekeepers proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, registro de los detalles de las llamadas para tarificar y comunicación con el sistema de gestión de la red. También monitorizan la red para permitir su gestión en tiempo real, el balanceo de carga y el control del ancho de banda utilizado. Elemento básico a considerar a la hora de introducir servicios suplementarios.

### **Gateway**

Un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de Voz o Fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Los Gatekeepers proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, registro de los detalles de las llamadas para tarificar y comunicación con el sistema de gestión de la red. También monitorizan la red para permitir su gestión en tiempo real, el balanceo de carga y el control del ancho de banda utilizado. Elemento básico a considerar a la hora de introducir servicios suplementarios.

### **H.323**

H.323 es la recomendación global (incluye referencias a otros estándares, como H.225 y H.245) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que fija los estándares para las comunicaciones multimedia sobre redes basadas en paquetes que no

proporcionan una Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) garantizada.

Define las diferentes entidades que hacen posible estas comunicaciones multimedia: endpoints, gateways, unidades de conferencia multipunto (MCU) y gatekeepers, así como sus interacciones.

### **IAD Integrated Access Device**

Dispositivo que procesa voz y tráfico de datos en un único punto de una red local (LAN) o de área extendida (WAN).

### **IETF Internet Engineering Task Force**

Se reúne tres veces al año para fijar estándares técnicos sobre temas relacionados con Internet.

### **IP Internet Protocol**

La parte IP del protocolo de comunicaciones TCP/IP. Implementa el nivel de red (capa 3 de la pila de protocolos OSI), que contiene una dirección de red y se utiliza para enrutar un paquete hacia otra red o subred. IP acepta paquetes de la capa 4 de transporte (TCP o UDP), añade su propia cabecera y envía un datagrama a la capa 2 (enlace). Puede fragmentar el paquete para acomodarse a la máxima unidad de transmisión (MTU, Maximum Transmission Unit) de la red.

### **IP PBX IP Private Branch eXchange**

Centralita IP. Dispositivo de red IP que se encarga de conmutar tráfico telefónico de VoIP.

### **IP Telephony Telefonía IP**

Tecnología para la transmisión de llamadas telefónicas ordinarias sobre Internet u otras redes de paquetes utilizando un PC, gateways y teléfonos estándar.

En general, servicios de comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - que son transportadas vía redes IP, Internet normalmente, en lugar de ser transportados vía la red telefónica

convencional. Los pasos básicos que tienen lugar en una llamada a través de Internet son: conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a protocolo de Internet (IP) para su transmisión. En recepción se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica.

**ISDN Integrated Services Digital Network (RDSI, Red Digital de Servicios Integrados)**

Red telefónica pensada para mejorar los servicios de telecomunicaciones a nivel mundial. Proporciona un estándar aceptado internacionalmente para voz, datos y señalización. Todas las transmisiones son digitales extremo a extremo, utiliza señalización fuera de banda, y proporciona más ancho de banda que la red telefónica tradicional.

**ITU-T International Telecommunications Union - Telecommunication**

Antes conocida como CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphie et Telephonie). Agencia de la Organización de las Naciones Unidas que trata lo referente a telecomunicaciones: crea estándares, reparte frecuencias para varios servicios, etc.

El grupo ITU-T recomienda estándares para telecomunicaciones y está en Génova (Suiza). También se encarga de elaborar recomendaciones sobre codecs (compresión/descompresión de audio) y módems.

**IVR Interactive Voice Response**

IVR consiste en un conjunto de mensajes de voz y marcación de tonos desde un teléfono, de este modo se obtiene información del usuario llamante que en el destino sirve para la autenticación e identificación del mismo. También permite realizar transacciones totalmente automatizadas.

Últimamente las tecnologías de reconocimiento del habla están reemplazando a la detección de tonos DTMF, debido a la mejora en la fiabilidad que se ha conseguido.

**LAN Local Area Network**

Red de área local. Una red pequeña de datos que cubre un área limitada, como el interior de un edificio o un grupo reducido de edificios.

### **Media Gateway**

Denominación genérica para referirse a varios productos agrupados bajo el protocolo MGCP (Media Gateway Control Protocol). La principal misión de un Media Gateway es la conversión IP/TDM bajo el control de un Softswitch.

### **MEGACO Media Gateway Control**

MEGACO es un protocolo de VoIP, combinación de los protocolos MGCP e IPDC. Es más sencillo que H.323.

### **MGCP Media Gateway Controller Protocol**

MGCP es un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller).

### **MODEM MODulator - DEModulator**

Este término proviene de las palabras Modulador - Demodulador. Equipo que convierte señales digitales en analógicas y viceversa. Los módems se utilizan para enviar datos digitales a través de la red telefónica (PSTN), que normalmente es analógica. Un módem realiza una modulación del mensaje digital, convirtiéndolo en tonos que pueden ser enviados a través de la red telefónica. Al otro extremo, el demodulador del módem vuelve a convertir los tonos en una secuencia binaria (mensaje digital).

### **PBX Private Branch eXchange**

Centralita, central privada. Un sistema telefónico utilizado en compañías y organizaciones, privado por tanto, para manejar llamadas externas e internas. La ventaja es que la compañía no necesita una línea telefónica

para cada uno de sus teléfonos. Además las llamadas internas no salen al exterior y por tanto no son facturadas

### **PCM Pulse Code Modulation**

Convierte una señal analógica (sonido, voz normalmente) en digital para que pueda ser procesada por un dispositivo digital, normalmente un ordenador. Si, como ocurre en Telefonía IP, nos interesa comprimir el resultado para transmitirlo ocupando el menor ancho de banda posible, necesitaremos usar además un codec.

### **PPP Point-to-Point Protocol**

Protocolo punto a punto. Es el estándar utilizado en comunicaciones serie en Internet. Más moderno y mejor que SLIP, PPP define cómo intercambian paquetes de datos los módems con otros sistemas en Internet.

### **Proxy**

Servidor especial encargado, entre otras cosas, de centralizar el tráfico entre Internet y una red privada, de forma que evita que cada una de las máquinas de la red interior tenga que disponer necesariamente de una conexión directa a la red. Al mismo tiempo contiene mecanismos de seguridad (firewall o cortafuegos) los cuales impiden accesos no autorizados desde el exterior hacia la red privada. También se le conoce como servidor cache.

### **PSTN Public Switched Telephone Network**

Red telefónica convencional.

### **RFC**

En inglés es Requests for Comments. Serie de documentos iniciada en 1967 la cual describe el conjunto de protocolos de Internet y experimentos similares. No todos los RFC (en realidad muy pocos de ellos) describen estándares de Internet pero todos los estándares Internet están escritos en formato RFC.

La serie de documentos RFC es inusual en cuanto los protocolos que describen son elaborados por la comunidad Internet que desarrolla e investiga, en contraste con los protocolos revisados y estandarizados formalmente que son promovidos por organizaciones como CCITT y ANSI. El RFC 822 es el formato estándar Internet para cabeceras de mensajes de correo electrónico. El nombre viene del "RFC 822", que contiene esa especificación (STD 11, RFC 822). El formato 822 era conocido antes como formato 733.

## **Router**

Un dispositivo físico, o a veces un programa corriendo en un ordenador, que reenvía paquetes de datos de una red LAN o WAN a otra. Basados en tablas o protocolos de enrutamiento, leen la dirección de red destino de cada paquete que les llega y deciden enviarlo por la ruta más adecuada (en base a la carga de tráfico, coste, velocidad u otros factores).

Los routers trabajan en el nivel 3 de la pila de protocolos, mientras los bridges y conmutadores lo hacen en el nivel 2

## **RTP Real-Time Transport Protocol**

El protocolo estándar en Internet para el transporte de datos en tiempo real, incluyendo audio y vídeo. Se utiliza prácticamente en todas las arquitecturas que hacen uso de VoIP, videoconferencia, multimedia bajo demanda y otras aplicaciones similares. Se trata de un protocolo *ligero* que soporta identificación del contenido, reconstrucción temporal de los datos enviados y también detecta la pérdida de paquetes de datos.

## **SIP Session Initiation Protocol**

SIP es un protocolo de señalización para conferencia, telefonía, presencia, notificación de eventos y mensajería instantánea a través de Internet.

Un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) definido en la RFC 2543. SIP se utiliza para iniciar, manejar y terminar sesiones interactivas entre uno o más usuarios en Internet. Inspirado en los protocolos HTTP (web) y SMTP (email), proporciona escalabilidad, flexibilidad y facilita la creación de nuevos servicios.

Cada vez se utiliza más en VoIP, gateways, teléfonos IP, softswitches, aunque también se utiliza en aplicaciones de vídeo, notificación de eventos, mensajería instantánea, juegos interactivos, chat, etc.

## **Softswitch**

Término genérico para cualquier software pensado para actuar de pasarela entre la red telefónica y algún protocolo de VoIP, separando las funciones de control de una llamada del media gateway.

## **SS7 Common Channel Signaling System N° 7**

SS7 es un estándar global para telecomunicaciones definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Sector de Estandarización de Telecomunicaciones). Define los procedimientos y protocolos mediante los cuales los elementos de la Red Telefónica Conmutada (RTC o PSTN, Public Switched Telephone Network) intercambian información sobre una red de señalización digital para establecer, enrutar, facturar y controlar llamadas, tanto a terminales fijos como móviles.

## **T1**

Un circuito digital punto a punto dedicado a 1,544 Mbps proporcionado por las compañías telefónicas en Norteamérica. Ver E1 y J1 para los equivalentes europeos y japonés, respectivamente. Permite la transmisión de voz y datos y en muchos casos se utilizan para proporcionar conexiones a Internet.

## **TCP Transmission Control Protocol**

Protocolo de comunicación que permite comunicarse a los ordenadores a través de Internet. Asegura que un mensaje es enviado completo y de forma fiable. Se trata de un protocolo orientado a conexión.

## **URL Uniform Resource Locator**

Es el formato fijo utilizado para especificar y obtener documentos y otros recursos disponibles en Internet. Por ejemplo, una URL puede ser: <http://www.sitio.com>. Si la desglosamos vemos que consta del protocolo

http (hyper-text transfer protocol), www (world-wide web), sitio (nombre del dominio), com (company). Las URLs también se utilizan para indicar otros protocolos, como ftp, news, WAIS, etc.

### **VoATM Voice Over ATM**

La voz sobre ATM permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red ATM. Cuando se envía el tráfico de voz sobre ATM éste es encapsulado utilizando un método especial para voz multiplexada AAL5.

### **VoFR Voice Over Frame Relay**

Permite a un enrutador transportar el tráfico de voz (por ejemplo llamadas telefónicas y fax) sobre una red de Frame Relay. Cuando se envía el tráfico de voz sobre Frame Relay el tráfico de voz es segmentado y encapsulado para su tránsito a través de la red Frame Relay utilizando FRF.12 como método de encapsulamiento.

### **Voice Web**

Sitio web accesible a través del teléfono. Desde cualquier teléfono, y utilizando la voz es posible acceder a contenidos en Internet y realizar transacciones comerciales.

### **VoIP Voice Over IP (Voz sobre IP)**

Tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP, Internet normalmente. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología.

### **WAN Wide Area Network**

Una red de comunicaciones utilizada para conectar ordenadores y otros dispositivos a gran escala. Las conexiones pueden ser privadas o públicas.

### **WLAN      Wireless LAN**

Versión inalámbrica del LAN. Provee el acceso al LAN incluso cuando el usuario no está en la oficina.

### **WiFi**

Abreviatura en inglés para "wireless fidelity". Un tipo de red inalámbrica (WLAN - wireless local area networks), que usa el protocolo inalámbrico de alcance limitado IEEE 802.11b, que transmite datos en banda ancha en el rango espectral de 2.4 GHz. Ha ganado aceptación en muchos ambientes como una alternativa viable a los LANs cableados.

## ANEXO

### A.1 Tabla de Probabilidad de Perdidas en Erlang.

Para la proporción de llamadas perdidas en un grupo de disponibilidad total incluyendo  $n$  dispositivos y arreglados de tal manera que cualquier llamada que no encuentra un dispositivo libre se pierde, el matemático danés "A.K. Erlang" ha dado la siguiente expresión:

$$E_{l,n}(A) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^n}{n!}}$$

Donde  $A$  es el flujo de tráfico ofrecido expresado en erlang.

Esta fórmula es frecuentemente usada en la estimación del número de dispositivos dependientes de tráfico requeridos en plantas telefónicas. No sólo es usada para grupos de disponibilidad total sino también, en gran medida, como base para la estimación de las condiciones de tráfico en grupos con disponibilidad restringida.

La relación entre el número de dispositivos  $n$ , el flujo de tráfico  $A$  y la cantidad *Erlangs* como se expresó arriba, involucra algún trabajo de cálculos numéricos y, consecuentemente, se necesitan tablas.

En su forma original, como se expresó arriba, la fórmula de pérdida "Erlang" no es apropiada para cálculos. Sin embargo, hay métodos bien conocidos disponibles sobre cómo calcular el flujo de tráfico  $A$  y la cantidad  $E$  a partir de la expresión original. Los métodos usados en la presente tabla dan una alta exactitud de los valores calculados.

Parte I, Tabla de  $A$

En la parte I, el flujo de tráfico ofrecido  $A$  es tabulado para valores dados de la probabilidad de pérdida  $E$ , y el número de dispositivos  $n$ .

La probabilidad de pérdida  $E$ , tiene los siguientes valores constantes:  
0.00001, 0.00005, 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005,  
0.006, 0.007, 0.008, 0.009, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, y 0.4  
 $n = 1 - 301$

Las series de valores para el número de dispositivos son limitadas a ciertos valores guía para el rango de  $n = 1000 - 6000$ . Todos los valores intermedios pueden ser determinados con suficiente exactitud por interpolación lineal.

**Ejemplo**

Encuentre el número de dispositivos  $n$  requerido para  $A = 60$  erlang y la probabilidad de pérdida  $E = 0.001$ .

En la columna para  $E = 0.001$ , puede verse que  $n = 83$  corresponde al valor  $A$  de 60.403 erlang, y  $n = 82$  al de  $A = 59.537$ . Consecuentemente, el número requerido de dispositivos es 83.

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
1	.00001	.00005	.00010	.00050	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604	1
2	.00448	.01005	.01425	.03213	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608	2
3	.03980	.06849	.08683	.15170	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395	3
4	.12855	.19554	.23471	.36236	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124	4
5	.27584	.38851	.45195	.64857	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870	5
6	.47596	.63923	.72826	.99567	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912	6
7	.72378	.93919	1.0541	1.3922	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408	7
8	1.0133	1.2816	1.4219	1.8298	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266	8
9	1.3391	1.6595	1.8256	2.3016	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422	9
10	1.6970	2.0689	2.2601	2.8028	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829	10
11	2.0849	2.5059	2.7216	3.3294	3.6511	4.0215	4.2661	4.4545	4.6104	4.7447	11
12	2.4958	2.9671	3.2072	3.8781	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250	12
13	2.9294	3.4500	3.7136	4.4465	4.8306	5.2700	5.5588	5.7807	5.9638	6.1214	13
14	3.3834	3.9523	4.2388	5.0324	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320	14
15	3.8559	4.4721	4.7812	5.6339	6.0772	6.5822	6.9130	7.1665	7.3755	7.5552	15
16	4.3453	5.0079	5.3390	6.2496	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898	16
17	4.8502	5.5583	5.9110	6.8782	7.3781	7.9457	8.3164	8.6003	8.8340	9.0347	17
18	5.3693	6.1220	6.4959	7.5186	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889	18
19	5.9016	6.6980	7.0927	8.1698	8.7239	9.3515	9.7606	10.073	10.331	10.552	19
20	6.4460	7.2854	7.7005	8.8310	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322	20
21	7.0017	7.8834	8.3186	9.5014	10.108	10.793	11.239	11.580	11.860	12.100	21
22	7.5680	8.4926	8.9462	10.180	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885	22
23	8.1443	9.1095	9.5826	10.868	11.524	12.265	12.746	13.114	13.416	13.676	23
24	8.7298	9.7351	10.227	11.562	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472	24
25	9.3240	10.369	10.880	12.264	12.969	13.763	14.279	14.673	14.997	15.274	25
26	9.9265	11.010	11.540	12.972	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081	26
27	10.537	11.659	12.207	13.686	14.439	15.285	15.835	16.254	16.598	16.893	27
28	11.154	12.314	12.880	14.406	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709	28
29	11.779	12.976	13.560	15.132	15.930	16.828	17.410	17.853	18.218	18.530	29
30	12.417	13.644	14.246	15.863	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355	30
31	13.054	14.318	14.937	16.599	17.442	18.389	19.002	19.470	19.854	20.183	31
32	13.697	14.998	15.633	17.340	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015	32
33	14.346	15.682	16.335	18.085	18.972	19.966	20.611	21.102	21.505	21.850	33
34	15.001	16.372	17.041	18.835	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689	34
35	15.660	17.067	17.752	19.589	20.517	21.559	22.234	22.748	23.169	23.531	35
36	16.325	17.766	18.468	20.347	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376	36
37	16.995	18.470	19.188	21.108	22.078	23.166	23.870	24.406	24.846	25.223	37
38	17.669	19.178	19.911	21.873	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074	38
39	18.348	19.890	20.640	22.642	23.652	24.785	25.518	26.076	26.534	26.926	39
40	19.031	20.606	21.372	23.414	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782	40
41	19.718	21.326	22.107	24.189	25.239	26.416	27.177	27.756	28.232	28.640	41
42	20.409	22.049	22.846	24.967	26.037	27.235	28.010	28.600	29.085	29.500	42
43	21.104	22.776	23.587	25.748	26.837	28.057	28.846	29.447	29.940	30.362	43
44	21.803	23.507	24.333	26.532	27.641	28.882	29.684	30.295	30.797	31.227	44
45	22.505	24.240	25.081	27.319	28.447	29.708	30.525	31.146	31.656	32.093	45
46	23.211	24.977	25.833	28.109	29.255	30.538	31.367	31.999	32.517	32.962	46
47	23.921	25.717	26.587	28.901	30.066	31.369	32.212	32.854	33.381	33.832	47
48	24.633	26.460	27.344	29.696	30.879	32.203	33.059	33.711	34.246	34.704	48
49	25.349	27.206	28.104	30.493	31.694	33.039	33.908	34.570	35.113	35.578	49
50	26.067	27.954	28.867	31.292	32.512	33.876	34.759	35.431	35.982	36.454	50
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
n	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	n
Probabilidad de pérdida (E)											

n = 1 - 51

Offered traffic flow A in erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	n

Offered traffic flow A in erlang											
n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005		0.006
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
52	27.513	29.459	30.400	32.898	34.153	35.558	36.466	37.157	37.724	38.211	52
53	28.241	30.216	31.170	33.704	34.977	36.401	37.322	38.023	38.598	39.091	53
54	28.971	30.975	31.942	34.512	35.803	37.247	38.180	38.891	39.474	39.973	54
55	29.703	31.736	32.717	35.322	36.631	38.094	39.040	39.760	40.351	40.857	55
56	30.438	32.500	33.494	36.134	37.460	38.942	39.901	40.630	41.229	41.742	56
57	31.176	33.266	34.273	36.948	38.291	39.793	40.763	41.502	42.109	42.629	57
58	31.916	34.034	35.055	37.764	39.124	40.645	41.628	42.376	42.990	43.516	58
59	32.659	34.804	35.838	38.581	39.959	41.498	42.493	43.251	43.873	44.406	59
60	33.404	35.577	36.623	39.401	40.795	42.353	43.360	44.127	44.757	45.296	60
61	34.151	36.351	37.411	40.222	41.633	43.210	44.229	45.005	45.642	46.188	61
62	34.900	37.127	38.200	41.045	42.472	44.068	45.099	45.884	46.528	47.081	62
63	35.651	37.906	38.991	41.869	43.313	44.927	45.970	46.764	47.416	47.975	63
64	36.405	38.686	39.784	42.695	44.156	45.788	46.843	47.646	48.305	48.870	64
65	37.160	39.468	40.579	43.523	45.000	46.650	47.716	48.528	49.195	49.766	65
66	37.918	40.252	41.375	44.352	45.845	47.513	48.591	49.412	50.086	50.664	66
67	38.677	41.038	42.173	45.183	46.692	48.378	49.467	50.297	50.978	51.562	67
68	39.439	41.825	42.973	46.015	47.540	49.243	50.345	51.183	51.872	52.462	68
69	40.202	42.615	43.775	46.848	48.389	50.110	51.223	52.071	52.766	53.362	69
70	40.967	43.405	44.578	47.683	49.239	50.979	52.103	52.959	53.662	54.264	70
71	41.734	44.198	45.382	48.519	50.091	51.848	52.984	53.848	54.558	55.166	71
72	42.502	44.992	46.188	49.357	50.944	52.718	53.865	54.739	55.455	56.070	72
73	43.273	45.787	46.996	50.195	51.799	53.590	54.748	55.630	56.354	56.974	73
74	44.045	46.585	47.805	51.035	52.654	54.463	55.632	56.522	57.253	57.880	74
75	44.818	47.383	48.615	51.877	53.511	55.337	56.517	57.415	58.153	58.786	75
76	45.593	48.183	49.427	52.719	54.369	56.211	57.402	58.310	59.054	59.693	76
77	46.370	48.985	50.240	53.563	55.227	57.087	58.289	59.205	59.956	60.601	77
78	47.149	49.787	51.054	54.408	56.087	57.964	59.177	60.101	60.859	61.510	78
79	47.928	50.592	51.870	55.254	56.948	58.842	60.065	60.998	61.763	62.419	79
80	48.710	51.397	52.687	56.101	57.810	59.720	60.955	61.895	62.668	63.330	80
81	49.492	52.204	53.506	56.949	58.673	60.600	61.845	62.794	63.573	64.241	81
82	50.277	53.012	54.325	57.798	59.537	61.480	62.737	63.693	64.479	65.153	82
83	51.062	53.822	55.146	58.649	60.403	62.362	63.629	64.594	65.386	66.065	83
84	51.849	54.633	55.968	59.500	61.269	63.244	64.522	65.495	66.294	66.979	84
85	52.637	55.445	56.791	60.352	62.135	64.127	65.415	66.396	67.202	67.893	85
86	53.427	56.258	57.615	61.206	63.003	65.011	66.310	67.299	68.111	68.808	86
87	54.218	57.072	58.441	62.060	63.872	65.897	67.205	68.202	69.021	69.724	87
88	55.010	57.887	59.267	62.915	64.742	66.782	68.101	69.106	69.932	70.640	88
89	55.804	58.704	60.095	63.772	65.612	67.669	68.998	70.011	70.843	71.557	89
90	56.598	59.526	60.923	64.629	66.484	68.556	69.896	70.917	71.755	72.474	90
91	57.394	60.344	61.753	65.487	67.356	69.444	70.794	71.823	72.668	73.393	91
92	58.192	61.164	62.584	66.346	68.229	70.333	71.693	72.730	73.581	74.311	92
93	58.990	61.985	63.416	67.206	69.103	71.222	72.593	73.637	74.495	75.231	93
94	59.789	62.807	64.248	68.067	69.978	72.113	73.493	74.545	75.410	76.151	94
95	60.590	63.630	65.082	68.928	70.853	73.004	74.394	75.454	76.325	77.072	95
96	61.392	64.454	65.917	69.791	71.729	73.896	75.296	76.364	77.241	77.993	96
97	62.194	65.279	66.752	70.654	72.606	74.788	76.199	77.274	78.157	78.915	97
98	62.998	66.105	67.589	71.518	73.484	75.681	77.102	78.185	79.074	79.837	98
99	63.803	66.932	68.426	72.383	74.363	76.575	78.006	79.096	79.992	80.760	99
100	64.609	67.760	69.265	73.248	75.242	77.469	78.910	80.008	80.910	81.684	100
101	65.416	68.589	70.104	74.115	76.122	78.364	79.815	80.920	81.829	82.608	101
n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

n = 51 - 101

**Fhjo de tráfico ofrecido A en erlang**

n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2		0.4
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	n
Probabilidad de pérdida (E)											

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005		0.006
151	106.84	110.99	112.97	118.22	120.85	123.78	125.69	127.14	128.33	129.36	151
152	107.68	111.85	113.85	119.12	121.75	124.70	126.61	128.07	129.27	130.31	152
153	108.53	112.71	114.72	120.01	122.66	125.62	127.54	129.01	130.21	131.25	153
154	109.38	113.58	115.59	120.91	123.57	126.54	128.47	129.94	131.15	132.19	154
155	110.22	114.44	116.46	121.80	124.47	127.46	129.40	130.88	132.09	133.14	155
156	111.07	115.31	117.34	122.70	125.38	128.38	130.33	131.81	133.03	134.08	156
157	111.92	116.17	118.21	123.60	126.29	129.30	131.25	132.75	133.97	135.03	157
158	112.77	117.04	119.09	124.49	127.20	130.22	132.18	133.68	134.91	135.97	158
159	113.61	117.91	119.96	125.39	128.11	131.14	133.11	134.62	135.86	136.92	159
160	114.46	118.77	120.84	126.29	129.01	132.07	134.04	135.55	136.80	137.87	160
161	115.31	119.64	121.71	127.19	129.92	132.99	134.97	136.49	137.74	138.81	161
162	116.16	120.51	122.59	128.08	130.83	133.91	135.90	137.43	138.68	139.76	162
163	117.01	121.38	123.47	128.98	131.74	134.83	136.83	138.36	139.62	140.71	163
164	117.87	122.25	124.35	129.88	132.65	135.75	137.77	139.30	140.57	141.65	164
165	118.72	123.12	125.22	130.78	133.56	136.68	138.70	140.24	141.51	142.60	165
166	119.57	123.99	126.10	131.68	134.48	137.60	139.63	141.18	142.45	143.55	166
167	120.42	124.86	126.98	132.58	135.39	138.52	140.56	142.11	143.39	144.49	167
168	121.28	125.73	127.86	133.48	136.30	139.45	141.49	143.05	144.34	145.44	168
169	122.13	126.60	128.74	134.38	137.21	140.37	142.42	143.99	145.28	146.39	169
170	122.98	127.47	129.62	135.29	138.12	141.30	143.36	144.93	146.23	147.34	170
171	123.84	128.34	130.50	136.19	139.04	142.22	144.29	145.87	147.17	148.29	171
172	124.69	129.21	131.38	137.09	139.95	143.15	145.22	146.81	148.11	149.24	172
173	125.55	130.09	132.26	137.99	140.86	144.07	146.16	147.75	149.06	150.19	173
174	126.40	130.96	133.14	138.89	141.77	145.00	147.09	148.69	150.00	151.14	174
175	127.26	131.83	134.02	139.80	142.69	145.92	148.02	149.63	150.95	152.08	175
176	128.12	132.71	134.90	140.70	143.60	146.85	148.96	150.57	151.89	153.03	176
177	128.97	133.58	135.79	141.60	144.52	147.78	149.89	151.51	152.84	153.98	177
178	129.83	134.46	136.67	142.51	145.43	148.70	150.83	152.45	153.79	154.93	178
179	130.69	135.33	137.55	143.41	146.35	149.63	151.76	153.39	154.73	155.88	179
180	131.55	136.21	138.44	144.32	147.26	150.56	152.70	154.33	155.68	156.84	180
181	132.41	137.08	139.32	145.22	148.18	151.49	153.63	155.27	156.62	157.79	181
182	133.27	137.96	140.20	146.13	149.09	152.41	154.57	156.21	157.57	158.74	182
183	134.13	138.84	141.09	147.03	150.01	153.34	155.50	157.16	158.52	159.69	183
184	134.99	139.71	141.97	147.94	150.93	154.27	156.44	158.10	159.46	160.64	184
185	135.85	140.59	142.86	148.85	151.84	155.20	157.38	159.04	160.41	161.59	185
186	136.71	141.47	143.74	149.75	152.76	156.13	158.31	159.98	161.36	162.54	186
187	137.57	142.35	144.63	150.66	153.68	157.06	159.25	160.93	162.31	163.50	187
188	138.43	143.22	145.52	151.57	154.59	157.99	160.19	161.87	163.25	164.45	188
189	139.29	144.10	146.40	152.47	155.51	158.91	161.12	162.81	164.20	165.40	189
190	140.16	144.98	147.29	153.38	156.43	159.84	162.06	163.76	165.15	166.35	190
191	141.02	145.86	148.18	154.29	157.35	160.77	163.00	164.70	166.10	167.31	191
192	141.88	146.74	149.07	155.20	158.27	161.70	163.94	165.64	167.05	168.26	192
193	142.75	147.62	149.96	156.11	159.19	162.64	164.87	166.59	168.00	169.21	193
194	143.61	148.50	150.85	157.01	160.10	163.57	165.81	167.53	168.95	170.16	194
195	144.48	149.38	151.73	157.92	161.02	164.50	166.75	168.48	169.90	171.12	195
196	145.34	150.26	152.62	158.83	161.94	165.43	167.69	169.42	170.85	172.07	196
197	146.21	151.15	153.51	159.74	162.86	166.36	168.63	170.36	171.79	173.03	197
198	147.07	152.03	154.40	160.65	163.78	167.29	169.57	171.31	172.74	173.98	198
199	147.94	152.91	155.29	161.56	164.70	168.22	170.51	172.25	173.69	174.93	199
200	148.80	153.79	156.18	162.47	165.62	169.15	171.45	173.20	174.65	175.89	200
201	149.67	154.68	157.07	163.38	166.54	170.09	172.39	174.15	175.60	176.84	201
n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang											
n	Probabilidad de pérdida (E)									n	
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005		0.006
201	149.67	154.68	157.07	163.38	166.54	170.09	172.39	174.15	175.60	176.84	201
202	150.54	155.56	157.96	164.29	167.47	171.02	173.33	175.09	176.55	177.80	202
203	151.41	156.44	158.85	165.20	168.39	171.95	174.27	176.04	177.50	178.75	203
204	152.27	157.33	159.74	166.12	169.31	172.88	175.21	176.98	178.45	179.71	204
205	153.14	158.21	160.64	167.03	170.23	173.82	176.15	177.93	179.40	180.66	205
206	154.01	159.09	161.53	167.94	171.15	174.75	177.09	178.88	180.35	181.62	206
207	154.88	159.98	162.42	168.85	172.07	175.68	178.03	179.82	181.30	182.57	207
208	155.75	160.86	163.31	169.76	173.00	176.62	178.97	180.77	182.25	183.53	208
209	156.62	161.75	164.21	170.68	173.92	177.55	179.91	181.72	183.21	184.49	209
210	157.49	162.64	165.10	171.59	174.84	178.49	180.85	182.66	184.16	185.44	210
211	158.36	163.52	165.99	172.50	175.77	179.42	181.80	183.61	185.11	186.40	211
212	159.23	164.41	166.89	173.42	176.69	180.36	182.74	184.56	186.06	187.36	212
213	160.10	165.29	167.78	174.33	177.61	181.29	183.68	185.51	187.01	188.31	213
214	160.97	166.18	168.67	175.24	178.54	182.22	184.62	186.46	187.97	189.27	214
215	161.84	167.07	169.57	176.16	179.46	183.16	185.56	187.40	188.92	190.23	215
216	162.71	167.96	170.46	177.07	180.38	184.10	186.51	188.35	189.87	191.18	216
217	163.59	168.84	171.36	177.99	181.31	185.03	187.45	189.30	190.83	192.14	217
218	164.46	169.73	172.25	178.90	182.23	185.97	188.39	190.25	191.78	193.10	218
219	165.33	170.62	173.15	179.82	183.16	186.90	189.34	191.20	192.73	194.05	219
220	166.20	171.51	174.05	180.73	184.08	187.84	190.28	192.15	193.69	195.01	220
221	167.08	172.40	174.94	181.65	185.01	188.77	191.22	193.10	194.64	195.97	221
222	167.95	173.29	175.84	182.56	185.93	189.71	192.17	194.04	195.59	196.93	222
223	168.83	174.18	176.73	183.48	186.86	190.65	193.11	194.99	196.55	197.89	223
224	169.70	175.07	177.63	184.39	187.78	191.58	194.05	195.94	197.50	198.85	224
225	170.57	175.96	178.53	185.31	188.71	192.52	195.00	196.89	198.46	199.80	225
226	171.45	176.85	179.43	186.23	189.64	193.46	195.94	197.84	199.41	200.76	226
227	172.32	177.74	180.32	187.14	190.56	194.40	196.89	198.79	200.37	201.72	227
228	173.20	178.63	181.22	188.06	191.49	195.33	197.83	199.74	201.32	202.68	228
229	174.08	179.52	182.12	188.98	192.42	196.27	198.78	200.69	202.28	203.64	229
230	174.95	180.41	183.02	189.90	193.34	197.21	199.72	201.64	203.23	204.60	230
231	175.83	181.30	183.92	190.81	194.27	198.15	200.67	202.60	204.19	205.56	231
232	176.71	182.19	184.82	191.73	195.20	199.09	201.61	203.55	205.14	206.52	232
233	177.58	183.08	185.71	192.65	196.13	200.02	202.56	204.50	206.10	207.48	233
234	178.46	183.98	186.61	193.57	197.05	200.96	203.50	205.45	207.05	208.44	234
235	179.34	184.87	187.51	194.49	197.98	201.90	204.45	206.40	208.01	209.40	235
236	180.22	185.76	188.41	195.40	198.91	202.84	205.40	207.35	208.97	210.36	236
237	181.09	186.65	189.31	196.32	199.84	203.78	206.34	208.30	209.92	211.32	237
238	181.97	187.55	190.21	197.24	200.77	204.72	207.29	209.25	210.88	212.28	238
239	182.85	188.44	191.11	198.16	201.69	205.66	208.23	210.21	211.83	213.24	239
240	183.73	189.34	192.02	199.08	202.62	206.60	209.18	211.16	212.79	214.20	240
241	184.61	190.23	192.92	200.00	203.55	207.54	210.13	212.11	213.75	215.16	241
242	185.49	191.12	193.82	200.92	204.48	208.48	211.07	213.06	214.70	216.12	242
243	186.37	192.02	194.72	201.84	205.41	209.42	212.02	214.02	215.66	217.08	243
244	187.25	192.91	195.62	202.76	206.34	210.36	212.97	214.97	216.62	218.04	244
245	188.13	193.81	196.52	203.68	207.27	211.30	213.92	215.92	217.58	219.00	245
246	189.01	194.70	197.42	204.60	208.20	212.24	214.86	216.87	218.53	219.96	246
247	189.89	195.60	198.33	205.52	209.13	213.18	215.81	217.83	219.49	220.92	247
248	190.77	196.49	199.23	206.44	210.06	214.12	216.76	218.78	220.45	221.89	248
249	191.65	197.39	200.13	207.37	210.99	215.06	217.71	219.73	221.41	222.85	249
250	192.53	198.29	201.04	208.29	211.92	216.00	218.65	220.69	222.36	223.81	250
251	193.42	199.18	201.94	209.21	212.85	216.94	219.60	221.64	223.32	224.77	251
n	Probabilidad de pérdida (E)									n	

n = 201 - 251

Flujo de tráfico ofrecido A en erlang

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
202	178.91	179.91	180.82	181.67	188.14	192.90	200.58	216.53	247.88	334.21	202
203	179.87	180.87	181.79	182.64	189.13	193.91	201.62	217.64	249.13	335.88	203
204	180.82	181.83	182.75	183.61	190.12	194.92	202.66	218.74	250.38	337.54	204
205	181.78	182.79	183.72	184.58	191.11	195.93	203.70	219.85	251.63	339.21	205
206	182.74	183.76	184.69	185.55	192.10	196.94	204.74	220.95	252.87	340.88	206
207	183.70	184.72	185.65	186.52	193.10	197.95	205.78	222.06	254.12	342.54	207
208	184.66	185.68	186.62	187.48	194.09	198.96	206.82	223.17	255.37	344.21	208
209	185.62	186.65	187.58	188.45	195.08	199.97	207.85	224.27	256.62	345.88	209
210	186.58	187.61	188.55	189.42	196.07	200.97	208.89	225.38	257.87	347.54	210
211	187.54	188.57	189.52	190.39	197.06	201.98	209.93	226.48	259.12	349.21	211
212	188.50	189.54	190.48	191.36	198.06	202.99	210.97	227.59	260.37	350.88	212
213	189.46	190.50	191.45	192.33	199.05	204.00	212.01	228.69	261.61	352.54	213
214	190.42	191.46	192.42	193.30	200.04	205.01	213.05	229.80	262.86	354.21	214
215	191.38	192.43	193.38	194.27	201.03	206.02	214.09	230.90	264.11	355.87	215
216	192.34	193.39	194.35	195.24	202.02	207.03	215.13	232.01	265.36	357.54	216
217	193.30	194.35	195.32	196.21	203.02	208.04	216.17	233.12	266.61	359.21	217
218	194.26	195.32	196.29	197.18	204.01	209.05	217.21	234.22	267.86	360.87	218
219	195.23	196.28	197.25	198.15	205.00	210.06	218.25	235.33	269.11	362.54	219
220	196.19	197.25	198.22	199.12	206.00	211.07	219.29	236.43	270.36	364.21	220
221	197.15	198.21	199.19	200.09	206.99	212.08	220.33	237.54	271.60	365.87	221
222	198.11	199.18	200.16	201.06	207.98	213.09	221.37	238.65	272.85	367.54	222
223	199.07	200.14	201.12	202.04	208.97	214.10	222.41	239.75	274.10	369.21	223
224	200.03	201.11	202.09	203.01	209.97	215.11	223.45	240.86	275.35	370.87	224
225	201.00	202.07	203.06	203.98	210.96	216.12	224.48	241.96	276.60	372.54	225
226	201.96	203.04	204.03	204.95	211.95	217.14	225.52	243.07	277.85	374.21	226
227	202.92	204.00	205.00	205.92	212.95	218.15	226.56	244.18	279.10	375.87	227
228	203.88	204.97	205.97	206.89	213.94	219.16	227.60	245.28	280.35	377.54	228
229	204.85	205.94	206.94	207.86	214.94	220.17	228.65	246.39	281.59	379.21	229
230	205.81	206.90	207.91	208.84	215.93	221.18	229.69	247.49	282.84	380.87	230
231	206.77	207.87	208.87	209.81	216.92	222.19	230.73	248.60	284.09	382.54	231
232	207.73	208.83	209.84	210.78	217.92	223.20	231.77	249.71	285.34	384.21	232
233	208.70	209.80	210.81	211.75	218.91	224.21	232.81	250.81	286.59	385.87	233
234	209.66	210.77	211.78	212.72	219.91	225.22	233.85	251.92	287.84	387.54	234
235	210.62	211.73	212.75	213.70	220.90	226.23	234.89	253.02	289.09	389.20	235
236	211.59	212.70	213.72	214.67	221.90	227.25	235.93	254.13	290.34	390.87	236
237	212.55	213.67	214.69	215.64	222.89	228.26	236.97	255.24	291.58	392.54	237
238	213.52	214.64	215.66	216.61	223.88	229.27	238.01	256.34	292.83	394.20	238
239	214.48	215.60	216.63	217.59	224.88	230.28	239.05	257.45	294.08	395.87	239
240	215.44	216.57	217.60	218.56	225.87	231.29	240.09	258.56	295.33	397.54	240
241	216.41	217.54	218.57	219.53	226.87	232.30	241.13	259.66	296.58	399.20	241
242	217.37	218.50	219.54	220.51	227.86	233.32	242.17	260.77	297.83	400.87	242
243	218.34	219.47	220.51	221.48	228.86	234.33	243.21	261.88	299.08	402.54	243
244	219.30	220.44	221.48	222.45	229.85	235.34	244.25	262.98	300.33	404.20	244
245	220.27	221.41	222.46	223.43	230.85	236.35	245.29	264.09	301.58	405.87	245
246	221.23	222.38	223.43	224.40	231.84	237.36	246.34	265.20	302.82	407.54	246
247	222.20	223.34	224.40	225.37	232.84	238.38	247.38	266.30	304.07	409.20	247
248	223.16	224.31	225.37	226.35	233.84	239.39	248.42	267.41	305.32	410.87	248
249	224.13	225.28	226.34	227.32	234.83	240.40	249.46	268.52	306.57	412.54	249
250	225.09	226.25	227.31	228.30	235.83	241.41	250.50	269.62	307.82	414.20	250
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

**Flujo de tráfico ofrecido A en erlang**

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
251	193.42	199.18	201.94	209.21	212.85	216.94	219.60	221.64	223.32	224.77	251
252	194.30	200.08	202.84	210.13	213.78	217.88	220.55	222.59	224.28	225.73	252
253	195.18	200.98	203.75	211.05	214.72	218.83	221.50	223.55	225.24	226.70	253
254	196.06	201.87	204.65	211.97	215.65	219.77	222.45	224.50	226.20	227.66	254
255	196.95	202.77	205.55	212.90	216.58	220.71	223.40	225.46	227.16	228.62	255
256	197.83	203.67	206.46	213.82	217.51	221.65	224.35	226.41	228.11	229.58	256
257	198.71	204.57	207.36	214.74	218.44	222.59	225.30	227.36	229.07	230.55	257
258	199.60	205.46	208.27	215.66	219.37	223.54	226.24	228.32	230.03	231.51	258
259	200.48	206.36	209.17	216.59	220.31	224.48	227.19	229.27	230.99	232.47	259
260	201.36	207.26	210.08	217.51	221.24	225.42	228.14	230.23	231.95	233.43	260
261	202.25	208.16	210.98	218.43	222.17	226.36	229.09	231.18	232.91	234.40	261
262	203.13	209.06	211.89	219.36	223.10	227.31	230.04	232.14	233.87	235.36	262
263	204.02	209.96	212.79	220.28	224.04	228.25	230.99	233.09	234.83	236.32	263
264	204.90	210.86	213.70	221.20	224.97	229.19	231.94	234.05	235.79	237.29	264
265	205.79	211.75	214.61	222.13	225.90	230.14	232.89	235.00	236.75	238.25	265
266	206.67	212.65	215.51	223.05	226.83	231.08	233.84	235.96	237.71	239.21	266
267	207.56	213.55	216.42	223.98	227.77	232.02	234.79	236.92	238.67	240.18	267
268	208.44	214.45	217.33	224.90	228.70	232.97	235.74	237.87	239.63	241.14	268
269	209.33	215.35	218.23	225.83	229.64	233.91	236.69	238.83	240.59	242.11	269
270	210.22	216.26	219.14	226.75	230.57	234.86	237.64	239.78	241.55	243.07	270
271	211.10	217.16	220.05	227.68	231.50	235.80	238.60	240.74	242.51	244.03	271
272	211.99	218.06	220.96	228.60	232.44	236.74	239.55	241.70	243.47	245.00	272
273	212.88	218.96	221.86	229.53	233.37	237.69	240.50	242.65	244.43	245.96	273
274	213.76	219.86	222.77	230.45	234.31	238.63	241.45	243.61	245.39	246.93	274
275	214.65	220.76	223.68	231.38	235.24	239.58	242.40	244.56	246.35	247.89	275
276	215.54	221.66	224.59	232.30	236.18	240.52	243.35	245.52	247.31	248.86	276
277	216.43	222.56	225.50	233.23	237.11	241.47	244.30	246.48	248.27	249.82	277
278	217.32	223.47	226.40	234.16	238.05	242.41	245.26	247.43	249.24	250.79	278
279	218.20	224.37	227.31	235.08	238.98	243.36	246.21	248.39	250.20	251.75	279
280	219.09	225.27	228.22	236.01	239.92	244.30	247.16	249.35	251.16	252.72	280
281	219.98	226.17	229.13	236.93	240.85	245.25	248.11	250.31	252.12	253.68	281
282	220.87	227.08	230.04	237.86	241.79	246.19	249.06	251.26	253.08	254.65	282
283	221.76	227.98	230.95	238.79	242.72	247.14	250.02	252.22	254.04	255.61	283
284	222.65	228.88	231.86	239.72	243.66	248.09	250.97	253.18	255.00	256.58	284
285	223.54	229.79	232.77	240.64	244.59	249.03	251.92	254.14	255.97	257.55	285
286	224.43	230.69	233.68	241.57	245.53	249.98	252.87	255.09	256.93	258.51	286
287	225.32	231.59	234.59	242.50	246.47	250.92	253.83	256.05	257.89	259.48	287
288	226.21	232.50	235.50	243.43	247.40	251.87	254.78	257.01	258.85	260.44	288
289	227.10	233.40	236.41	244.35	248.34	252.82	255.73	257.97	259.82	261.41	289
290	227.99	234.31	237.32	245.28	249.28	253.76	256.69	258.93	260.78	262.37	290
291	228.88	235.21	238.23	246.21	250.21	254.71	257.64	259.88	261.74	263.34	291
292	229.77	236.11	239.14	247.14	251.15	255.66	258.59	260.84	262.70	264.31	292
293	230.66	237.02	240.06	248.07	252.09	256.60	259.55	261.80	263.67	265.27	293
294	231.56	237.92	240.97	248.99	253.02	257.55	260.50	262.76	264.63	266.24	294
295	232.45	238.83	241.88	249.92	253.96	258.50	261.45	263.72	265.59	267.21	295
296	233.34	239.74	242.79	250.85	254.90	259.44	262.41	264.68	266.55	268.17	296
297	234.23	240.64	243.70	251.78	255.84	260.39	263.36	265.64	267.52	269.14	297
298	235.12	241.55	244.61	252.71	256.77	261.34	264.31	266.60	268.48	270.11	298
299	236.02	242.45	245.53	253.64	257.71	262.29	265.27	267.55	269.44	271.07	299
300	236.91	243.36	246.44	254.57	258.65	263.23	266.22	268.51	270.41	272.04	300
301	237.80	244.26	247.35	255.50	259.59	264.18	267.18	269.47	271.37	273.01	301
n	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	n

n = 251 - 301

**Fhjo de tráfico ofrecido A en erlang**

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
252	227.02	228.19	229.25	230.25	237.82	243.44	252.58	271.84	310.32	417.54	252
253	227.99	229.16	230.23	231.22	238.81	244.45	253.62	272.94	311.57	419.20	253
254	228.95	230.12	231.20	232.19	239.81	245.46	254.67	274.05	312.82	420.87	254
255	229.92	231.09	232.17	233.17	240.81	246.48	255.71	275.16	314.07	422.54	255
256	230.89	232.06	233.14	234.14	241.80	247.49	256.75	276.26	315.31	424.20	256
257	231.85	233.03	234.11	235.12	242.80	248.50	257.79	277.37	316.56	425.87	257
258	232.82	234.00	235.09	236.09	243.80	249.52	258.83	278.48	317.81	427.53	258
259	233.78	234.97	236.06	237.07	244.79	250.53	259.87	279.58	319.06	429.20	259
260	234.75	235.94	237.03	238.04	245.79	251.54	260.91	280.69	320.31	430.87	260
261	235.72	236.91	238.00	239.02	246.78	252.56	261.96	281.80	321.56	432.53	261
262	236.68	237.88	238.98	239.99	247.78	253.57	263.00	282.90	322.81	434.20	262
263	237.65	238.85	239.95	240.97	248.78	254.58	264.04	284.01	324.06	435.87	263
264	238.62	239.82	240.92	241.95	249.77	255.60	265.08	285.12	325.31	437.53	264
265	239.58	240.79	241.89	242.92	250.77	256.61	266.12	286.23	326.56	439.20	265
266	240.55	241.76	242.87	243.90	251.77	257.62	267.17	287.33	327.80	440.87	266
267	241.52	242.73	243.84	244.87	252.77	258.64	268.21	288.44	329.05	442.53	267
268	242.49	243.70	244.81	245.85	253.76	259.65	269.25	289.55	330.30	444.20	268
269	243.45	244.67	245.79	246.82	254.76	260.66	270.29	290.65	331.55	445.87	269
270	244.42	245.64	246.76	247.80	255.76	261.68	271.33	291.76	332.80	447.53	270
271	245.39	246.61	247.73	248.78	256.75	262.69	272.38	292.87	334.05	449.20	271
272	246.36	247.58	248.71	249.75	257.75	263.71	273.42	293.98	335.30	450.87	272
273	247.32	248.55	249.68	250.73	258.75	264.72	274.46	295.08	336.55	452.53	273
274	248.29	249.52	250.66	251.71	259.75	265.73	275.50	296.19	337.80	454.20	274
275	249.26	250.50	251.63	252.68	260.74	266.75	276.55	297.30	339.05	455.87	275
276	250.23	251.47	252.60	253.66	261.74	267.76	277.59	298.40	340.30	457.53	276
277	251.20	252.44	253.58	254.64	262.74	268.78	278.63	299.51	341.54	459.20	277
278	252.16	253.41	254.55	255.61	263.74	269.79	279.67	300.62	342.79	460.87	278
279	253.13	254.38	255.53	256.59	264.74	270.80	280.71	301.73	344.04	462.53	279
280	254.10	255.35	256.50	257.57	265.73	271.82	281.76	302.83	345.29	464.20	280
281	255.07	256.32	257.48	258.54	266.73	272.83	282.80	303.94	346.54	465.87	281
282	256.04	257.30	258.45	259.52	267.73	273.85	283.84	305.05	347.79	467.53	282
283	257.01	258.27	259.42	260.50	268.73	274.86	284.89	306.16	349.04	469.20	283
284	257.98	259.24	260.40	261.48	269.73	275.88	285.93	307.26	350.29	470.87	284
285	258.95	260.21	261.37	262.45	270.72	276.89	286.97	308.37	351.54	472.53	285
286	259.91	261.18	262.35	263.43	271.72	277.91	288.01	309.48	352.79	474.20	286
287	260.88	262.16	263.32	264.41	272.72	278.92	289.06	310.58	354.04	475.87	287
288	261.85	263.13	264.30	265.39	273.72	279.93	290.10	311.69	355.28	477.53	288
289	262.82	264.10	265.27	266.36	274.72	280.95	291.14	312.80	356.53	479.20	289
290	263.79	265.07	266.25	267.34	275.72	281.96	292.18	313.91	357.78	480.87	290
291	264.76	266.05	267.23	268.32	276.72	282.98	293.23	315.01	359.03	482.53	291
292	265.73	267.02	268.20	269.30	277.71	283.99	294.27	316.12	360.28	484.20	292
293	266.70	267.99	269.18	270.28	278.71	285.01	295.31	317.23	361.53	485.87	293
294	267.67	268.96	270.15	271.25	279.71	286.02	296.36	318.34	362.78	487.53	294
295	268.64	269.94	271.13	272.23	280.71	287.04	297.40	319.44	364.03	489.20	295
296	269.61	270.91	272.10	273.21	281.71	288.05	298.44	320.55	365.28	490.87	296
297	270.58	271.88	273.08	274.19	282.71	289.07	299.49	321.66	366.53	492.53	297
298	271.55	272.86	274.06	275.17	283.71	290.09	300.53	322.77	367.78	494.20	298
299	272.52	273.83	275.03	276.15	284.71	291.10	301.57	323.88	369.03	495.87	299
300	273.49	274.80	276.01	277.13	285.71	292.12	302.62	324.98	370.28	497.53	300
301	274.46	275.78	276.98	278.10	286.71	293.13	303.66	326.09	371.52	499.20	301
n	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	n
	Probabilidad de pérdida (E)										