

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TENDENCIAS
ACTUALES DE LA TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP EN COLOMBIA**

**ANDRÉS AUGUSTO JÁCOME LOBO
TATIANA INÉS NAVAS GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TENDENCIAS
ACTUALES DE LA TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP EN COLOMBIA**

**ANDRÉS AUGUSTO JÁCOME LOBO
TATIANA INÉS NAVAS GÓMEZ**

Este proyecto es presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Telecomunicaciones

**Director
JAIME ANTONIO RUEDA RIVERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006**

TITULO
**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TENDENCIAS ACTUALES DE LA
TECNOLOGÍA VOZ SOBRE IP EN COLOMBIA ***

ANDRÉS AUGUSTO JÁCOME LOBO
TATIANA INÉS NAVAS GÓMEZ **

Palabras claves: *VoIP, gateway, planta telefónica, teléfono IP, regulación, calidad de servicio, códec, consumo de ancho de banda.*

Este trabajo presenta una comparación económica y tecnológica de las tendencias actuales de VoIP en Colombia. Además muestra la realidad de la regulación y reglamentación que gira entorno a ésta creciente tecnología.

Actualmente existen en Colombia principalmente dos tendencias de implementación de VoIP. La primera utiliza teléfonos IP y la segunda teléfonos tradicionales adaptados a la red IP por medio de gateways. Al utilizar teléfonos IP se obtienen funcionalidades extra para los usuarios (propias de los teléfonos IP), al utilizar teléfonos tradicionales junto con gateways se obtiene una solución mucho más favorable económicamente hablando.

Actualmente en Colombia, los servicios de telecomunicaciones y específicamente VoIP, no cuentan con una adecuada regulación y reglamentación. Esta falta de lineamientos que delimiten los alcances de los servicios y de las aplicaciones genera fallas desde la concepción del mismo servicio (ya que cada proveedor no está obligado a prestar una cantidad definida de servicios) hasta el punto que no se garantiza una calidad de servicio de extremo a extremo en la red donde se está trabajando.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Jaime Antonio Rueda Rivera.

TITLE
**COMPARATIVE BETWEEN THE PRESENT TENDENCIES OF THE VOIP
TECHNOLOGY IN COLOMBIA ***

ANDRÉS AUGUSTO JÁCOME LOBO
TATIANA INÉS NAVAS GÓMEZ **

Key words: *VoIP, gateway, IP telephone, regulation, quality of services, codec, bandwidth consumption*

This work presents/displays an economic and technological comparison between the present tendencies of VoIP in Colombia. In addition it shows the reality of the regulation that turn around this increasing technology.

At the moment mainly exist two tendencies of VoIP implementations in Colombia. The first one uses IP telephones and the second one uses traditional telephones adapted by gateways for be used in IP networks.

By the use of IP telephones, the user obtains extra capabilities, when uses traditional telephones with gateways, users obtain a favorable solution and cheaper than other solutions.

Currently in Colombia, the telecommunication services and specifically VoIP services, do not count with a suitable regulation, generating generates service failures from the conception of himself service (since each supplier isn't forced to lend an amount defined of services) to the point that is not guaranteed the appropriated end to end quality of service in the network where is working.

* Monography

** Faculty of Physic-Mechanical Engineering , School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Jaime Antonio Rueda Rivera.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE VOZ SOBRE IP.	3
1.1. Esquema de funcionamiento de telefonía ip.	4
1.2. Componentes principales de telefonía ip	5
1.3. Protocolos de voip	12
1.4. Ventajas y desventajas de voip	16
1.5. Tipo de servicio según la regulación colombiana	18
2. IMPLEMENTACIONES DE VoIP	23
2.1 ESCENARIOS SEGÚN LA INFRAESTRUCTURA UTILIZADA.....	23
2.1.1 Infraestructura IP.....	23
2.1.2 Infraestructura Tradicional.....	24
2.1.3 Infraestructura Basada En Servidores SIP	26
2.2 ESCENARIOS SEGÚN LA NECESIDAD DE COMUNICACIÓN.....	28
2.2.1 Comunicación De Usuarios Dentro De Una Misma Red Ip	28
2.2.2 Comunicación De Usuarios Entre Redes IP Diferentes.....	29
2.2.3 Comunicación De Usuarios Entre Una Red IP Y La RTPBC Para Realizar Llamadas De Voz Locales	30
2.2.4 Comunicación De Usuarios Entre Una Red IP y La RTPBC Para Realizar Llamadas De Voz Locales O De Larga Distancia	32
3. TENDENCIAS ACTUALES DE VOIP EN COLOMBIA	35
3.1 SOLUCIÓN I: MIGRACIÓN A UNA INFRAESTRUCTURA IP.....	35
3.1.1 Plantas telefónicas ip.....	37
3.1.2 Teléfonos ip.....	43
3.2 SOLUCIÓN II: GATEWAYS DE VOIP EN UN ENTORNO TRADICIONAL	46
3.2.1 Esquema de Comunicación PBX – PBX	46
3.2.2 Esquema de Comunicación Extensión de PBX	47
3.2.3 Esquema de Comunicación teléfono - teléfono	48
3.3 GATEWAYS DE VOIP EN EL MERCADO COLOMBIANO	49
3.3.1 Quintum Tenor.....	50
3.3.2 D-Link VoIP Gateways.....	51
3.4 COMPARACIÓN ENTRE LAS TENDENCIAS.....	52
3.4.1 Solución mediante planta ip y teléfonos ip	53
3.4.2 Solución mediante gateways de voip y teléfonos tradicionales.....	54
3.4.3 Comparación tecnológica y económica de las soluciones	55

4	DOCUMENTACION DEL MARCO LEGAL.....	58
4.1	Importancia de la Regulación.....	59
4.2	Barreras generadas por la falta de regulación	62
4.3	Regulación vigente.....	64
5	ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA VOIP UTILIZANDO EQUIPOS QUINTUM.....	65
5.1	Análisis de protocolos.....	65
5.2	Análisis del consumo real de ancho de banda por llamada.....	69
5.3	Análisis de calidad de voz en presencia de tráfico.....	72
5.3.1	Evaluación de la calidad de la voz sobre IP en una red con tráfico adicional	73
5.3.2	Evaluación de la calidad de la voz sobre IP en una red con calidad de servicio de extremo a extremo	76
	CONCLUSIONES.....	80
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXO A	84
A.1.	Equipos utilizados	85
A.2.	Reconocimiento de los elementos dentro de un montaje.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gateways	5
Figura 2. Teléfono IP Hardware.....	8
Figura 3. Terminal ATA.	9
Figura 4. Terminal Wireless.	9
Figura 5. Software de VoIP para computador	23
Figura 6. Ejemplos de teléfonos IP	24
Figura 7. Comunicación VoIP: PC - PC.....	24
Figura 8. Ejemplos de Adaptadores telefónicos.....	25
Figura 9. Comunicación VoIP: Teléfono tradicional – PC.....	25
Figura 10. Comunicación VoIP: Teléfono – Teléfono	26
Figura 11. Comunicación VoIP: Servidor SIP.....	26
Figura 12. Ejemplos de teléfonos Wifi de VoIP.....	27
Figura 13. Teléfono Wifi NETGEAR para Skype	27
Figura 14. Comunicación VoIP dentro de una misma red IP.....	28
Figura 15. Comunicación VoIP entre redes IP diferentes	30
Figura 16. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC.....	31
Figura 17. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC con otra red IP como intermediaria en la misma ciudad.....	32
Figura 18. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC con otra red IP como intermediaria en ciudades diferentes	33
Figura 19. Infraestructura IP PBX.....	36
Figura 20. Plantas telefónicas Hipath 3700 y Hipath 4000	39
Figura 21. Servidores Cisco media convergence de la serie 7800	41
Figura 22. Plantas telefónicas Avaya Definity, Legend y Partner ACS	42
Figura 23. Plantas telefónicas iMAP 9700, 9400 y 9100 de Allied Telesyn	43
Figura 24. Esquema de Comunicación PBX - PBX.....	47
Figura 25. Esquema de Comunicación Extensión de PBX.....	48
Figura 26. Esquema de Comunicación Teléfono - Teléfono	49
Figura 27. Escenario utilizado para el monitoreo del tráfico de VoIP utilizando un analizador de protocolos	66
Figura 28. Captura de Ethereal de los paquetes de VoIP.....	66
Figura 29 . Captura de Ethereal del establecimiento de la llamada de VoIP.....	67
Figura 30. Captura de Ethereal iniciada después de comenzar la conversación de voz.....	68
Figura 31. Captura de Ethereal correspondiente a la finalización de la comunicación	69
Figura 32. Análisis del consumo de ancho de banda por llamada.....	70
Figura 33. Anchos de Banda del Enlace Serial menores a 115200 bps.....	70
Figura 34. Repercusiones del tráfico en la red sobre la calidad de voz. Caso 1: Colisiones en la red.....	73
Figura 35. Aumento del tiempo de respuesta de los paquetes de ping debido a la calidad de servicio del Enrutador Cisco 1700.....	74
Figura 36. Respuesta de los paquetes de ping para un tamaño de 1500 bytes al generarse la llamada de VoIP	75

Figura 37. Repercusiones del tráfico en la red sobre la calidad de voz. Caso 2:
Latencia en la red 76

Figura 38. Captura de Ethereal en al cual se evidencia el valor del DSCP para los
paquetes producidos por los equipos quintum 77

Figura 39. Distribución de prioridad de los niveles de servicio y de las colas en un
switch 3com. 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre Interfaz y Tipo de conexión de los Gateways.	6
Tabla 2. Comparación de teléfonos IP de Cisco.....	44
Tabla 3. Comparación de teléfonos IP de Avaya	45
Tabla 4. Comparación de Gateways de VoIP Quintum.....	51
Tabla 5. Comparación de gateways de VoIP de D-Link.....	52
Tabla 6. Solución para 4 líneas mediante PBX IP	53
Tabla 7. Solución para 8 líneas mediante PBX IP	53
Tabla 8. Solución para 16 líneas mediante PBX IP.....	54
Tabla 9. Solución para 4 líneas mediante Gateway de VoIP.....	54
Tabla 10. Solución para 8 líneas mediante Gateway de VoIP	55
Tabla 11. Solución para 16 líneas mediante Gateway de VoIP	55
Tabla 12. Comparación entre las aplicaciones de las dos tendencias.....	56
Tabla 13. Mejor opción de tecnologías según las características deseadas.	56
Tabla 14. Tamaño de paquetes dependiendo del codec y el tamaño de payload utilizado.....	68
Tabla 15. Calidad de la llamada y Tono de marcado dependiendo del codec y el tamaño de payload utilizado	71

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones de Voz hasta la década de los 80 se habían caracterizado por un creciente desarrollo de las redes fijas en busca de un aumento en la cobertura de los servicios básicos. Las redes de telecomunicaciones eran diseñadas e implementadas principalmente para la transmisión de voz y en menor medida para la transmisión de datos.

Con el surgimiento de Internet se presenta un cambio total en el sector de las telecomunicaciones, los centros de investigación junto con los proveedores de dispositivos centran sus esfuerzos en el desarrollo de esta nueva realidad. De esta manera se dio un mayor protagonismo al protocolo de Internet (IP²), mediante el cual se convierte cada vez más en una realidad la integración de voz, datos y video en un mismo canal de comunicaciones.

El uso de la telefonía tradicional ha estado ligado por mucho tiempo a grandes costos de larga distancia nacional e internacional, y en algunos casos local. Muchas empresas y usuarios particulares se han visto perjudicados por estos altos costos debido a la gran cantidad de llamadas que deben realizar, y hasta hace poco los operadores de telefonía tradicional no sentían la necesidad de reducir sus tarifas debido a que no existía en el mercado algún tipo de solución que permitiera a los usuarios reducir esos gastos.

En la actualidad el uso de la tecnología Voz sobre IP (VoIP³) se ha popularizado principalmente debido a que representa una considerable disminución en los costos de telefonía a larga distancia, sin embargo y pese a las ventajas de esta tecnología, su implementación y las repercusiones que ella implica no han sido estudiadas apropiadamente.

Para obtener una mayor acogida de esta tecnología por parte de los usuarios es

² IP de sus siglas en Inglés Internet Protocol.

³ VoIP de sus siglas en Inglés Voice Over Internet Protocol

indispensable que estos se encuentren informados sobre las tendencias actuales, ventajas, posibles desventajas y en general de las repercusiones que este tipo de tecnología presenta, con el fin de decidir si es o no una solución adecuada para implementar en sus empresas u hogares.

Teniendo en cuenta el enunciado anterior, se plantea realizar un estudio comparativo que permita revelar el estado actual de la tecnología voz sobre IP, confrontando las tendencias utilizadas actualmente, y con esto poder determinar cuales presentan mayores ventajas al momento de su adquisición e implementación. Además se presentan los aspectos claves sobre la reglamentación existente en Colombia para esta tecnología, de manera que se llegue a tener un escenario técnico, económico y jurídico claro al momento implementar una solución que incluya VoIP.

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE VOZ SOBRE IP.

Es importante reconocer que en la actualidad se utilizan los términos Voz sobre IP y telefonía IP sin ningún reparo, como si ellos significaran lo mismo; por tal motivo es fundamental comenzar por realizar la diferenciación de estos dos términos con el fin de delimitar los alcances de cada uno de ellos.

Se puede comenzar por identificar que todos estos conceptos parten del protocolo IP. Este protocolo se denomina IP por sus siglas en inglés Internet Protocol; dentro de sus principales características se encuentra que IP es un protocolo no orientado a conexión, que debe ser usado tanto en el origen como por destino para garantizar la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. Estos datos son enviados en bloques denominados paquetes o datagramas, y debido a que este protocolo no garantiza la recepción del paquete en el destino, es necesario contar con protocolos en la capa de transporte (como TCP) a lo largo de todo el recorrido de estos paquetes para que se proporcione la fidelidad que se llegara a necesitar.

Ahora bien, para empezar la diferenciación, se define primero Voz sobre IP.

Voz sobre IP (VoIP) corresponde al término Voice over Internet Protocol. Se puede decir que VoIP es una tecnología que permite encapsular la voz en paquetes para poder ser transportados sobre redes de datos sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados tradicionales. La VoIP contempla no solo la transmisión de datos, sino que relaciona además la detección de los sonidos, la conversión de los sonidos en paquetes de datos y la compresión final de estos paquetes.

Por otra parte, se denomina Telefonía IP al uso de VoIP con el fin de suministrar servicios similares a los prestados por la telefonía tradicional. La telefonía IP reúne dos mundos que a pesar del paso del tiempo han permanecido separados: la transmisión de voz y la de datos. Dado esto, es razonable pensar que existe la

posibilidad de utilizar las redes de datos para efectuar llamadas telefónicas, y por consiguiente desarrollar una única red convergente que se encargue de desarrollar todo tipo de comunicación, ya sea voz, datos, video o cualquier tipo de información.

Al conocer los dos conceptos se puede notar como uno depende del otro, sin embargo se observan claramente sus diferencias.

1.1. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE TELEFONIA IP.

Para entender el funcionamiento completo de la telefonía IP se puede decir que el proceso comienza cuando la señal analógica que se desea transmitir es digitalizada en señales PCM⁴ (Modulación por pulsos codificados) por medio del codificador/decodificador de voz (codec). Las muestras PCM son pasadas al algoritmo de compresión, el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes en un proceso denominado encapsulamiento que pueden ser transmitidos a través de una red ya establecida (LAN o WAN). Para completar correctamente la comunicación, en el otro extremo se realizan exactamente las mismas funciones en orden inverso.

El esquema anteriormente mencionado puede constituirse cuando por intermedio de un paquete de software, montado en al menos dos computadores conectados a una misma red, se puede generar una comunicación (es decir transmisión de paquetes). El paquete de software esta soportado por VoIP, y al ser común este software en ambos equipos, se podrá establecer una comunicación coherente. Dentro de este esquema se puede realizar una variación importante, y es la utilización de un teléfono IP como una herramienta que contiene todos los elementos necesarios para la conversión de señales analógicas a digitales las cuales son requeridas para realizar una comunicación de este tipo; sin embargo, independiente de la tecnología que se use el funcionamiento es el mismo.

⁴ Por sus siglas en inglés *Pulse Code Modulación*

Además de estas dos opciones de comunicación⁵, es necesario reconocer la importancia del canal de comunicación en todo el proceso, ya que el canal es una herramienta fundamental para que los paquetes de datos se transmitan por medio de la agrupación y configuración de gran cantidad de redes físicas. Una de las características más importantes de este canal de comunicación no convencional es que puede variar en el transcurso de una misma transferencia de datos, esto debido a que los datos de una misma comunicación, como se había mencionado antes, son fraccionados en paquetes, y cada uno de ellos puede tomar una ruta diferente e independiente. En el transcurso de la transmisión cada uno de ellos puede viajar junto a paquetes pertenecientes a una comunicación diferente, como un e-mail, o la descarga de un archivo, como es el caso de realizar una consulta de páginas Web mientras se recibe una llamada.

1.2. COMPONENTES PRINCIPALES DE TELEFONIA IP

Dentro de los elementos que conforman la red de comunicaciones necesaria para crear una llamada se pueden identificar los siguientes elementos.

1.2.1. GATEWAY

Es un elemento esencial pues su misión es la de enlazar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI (*Red Digital de Servicios Integrados*).



Figura 1. Gateways

Se puede considerar al Gateway como una caja que posee por uno de sus lados una interfaz LAN y por el otro dispone de una o varias de las interfaces mostradas en la tabla 1.

⁵ Ver capítulo 2. *Implementaciones de VoIP*

Interfaz	Tipo de conexión
FXO	Para conexión a extensiones ó a la red telefónica básica
FXS	Para conexión a enlaces de centralitas o a teléfonos analógicos.
E&M	Para conexión específica a centralitas.
BRI	Acceso básico RDSI (2B+D)
PRI	Acceso primario RDSI (30B+D)
G703/G.704. (E&M digital)	Conexión específica a centralitas a 2 Mbps.

Tabla 1. Relación entre Interfaz y Tipo de conexión de los Gateways.

Los Gateways son conocidos también con el término pasarela de VoIP, ya que se logra posicionar entre redes IP para desarrollar determinadas funciones de mapeo; además este dispositivo esta en la capacidad de expresar el volumen de servicio que puede brindar a todo el enlace y la velocidad del mismo; esto es debido a que esta pasarela esta relacionada directamente con el número de puertos que tiene (que en la mayoría de los casos es igual al número máximo de llamadas simultáneas).

Además de las características mencionadas anteriormente, es importante identificar que los gateways deben cumplir con las siguientes funciones:

- a) Adaptación de señalización: para mejorar el establecimiento y finalización de las llamadas.
- b) Control de los medios: se relaciona con la identificación, procesamiento e interpretación de eventos relacionados con el servicio generado por usuarios o terminales.
- c) Adaptación de medios: según requerimientos de las redes; es decir puede configurarse para dar soporte y establecer a cada uno de los siguientes enlaces:
 - Establecer enlaces con terminales telefónicos analógicos conectados a la RTB (Red Telefónica Básica).
 - Establecer enlaces con terminales remotos que se encuentren sobre redes de servicios integrados (RDSI) basadas en circuitos

conmutados (SCN)

- Establecer enlaces con terminales remotos que se encuentren sobre la RTB.

d) Separar las señales de audio y los tonos: (si no lo se ha realizado ya en el emisor) y conducidas de forma independiente al receptor.

1.2.2. TELÉFONO IP:

Llamado también terminal IP es un dispositivo hardware con forma de teléfono (en la mayoría de los casos), aunque con la diferencia de que utiliza una conexión de red de datos, en lugar de una conexión de red telefónica. Estos dispositivos suelen tener más opciones y ventajas que un teléfono tradicional, esto se debe principalmente a que cada terminal es un sistema completamente digital y programable. Estos dispositivos cuentan con teclas especiales perfectamente configurables mediante un sistema de administración que puede ser accedido mediante Web o mediante Telnet.

Existe en la actualidad gran cantidad de estos terminales los cuales se caracterizan por contar con herramientas que van desde las simples teclas para generar la comunicación hasta cámaras de vídeo para poder realizar videoconferencias. Sin embargo independiente de la cantidad y de la calidad de cada una de esas herramientas cada uno de ellos disponen de una dirección IP que los identifica y permite acceder a una plataforma propia donde pueden ser configurados y adaptados para todas las aplicaciones que soporten.

Cada uno de estos dispositivos permiten incrementar el rendimiento en la comunicación dependiendo en gran parte a que pueden ser configurados para prestar determinados niveles de calidad de servicio (QoS) o quizás en algunos casos pueden ser configurados dentro de VLAN para mejorar la seguridad.

Frente a un sistema tradicional los terminales IP presentan grandes ventajas

debido a que están preparados para utilizar una centralita digital de VoIP lo cual, disminuye costos y permite una mayor versatilidad en cuando al manejo de las comunicaciones. Además la mayoría de estos equipos disponen de buzón de voz, desvíos de llamadas, y manejo de multitud de líneas individuales, para poder mantener varias conversaciones simultáneas. De igual manera suelen incorporar un sistema de música en espera y de transferencia de la llamada a otro terminal.

La clasificación de estos terminales se puede dar de la siguiente manera:

- a) Hardware o Software:** Un terminal IP suele ser un dispositivo físico (similar al un teléfono normal), aunque también puede ser una aplicación que funciona en un sistema y que interactúa junto con micrófonos y auriculares/altavoz.

Los terminales IP hardware tienen la apariencia de un teléfono tradicional, lo cual evita el choque de realizar una llamada telefónica a través de otro dispositivo distinto a un teléfono normal. Estos dispositivos reúnen todas las ventajas de un equipo de comunicación tradicional permitiendo además contar con un set de configuración que permita personalizarlo con gran cantidad de parámetros que incrementen la calidad de la señal a transmitir y de la señal recibida.



Figura 2. Teléfono IP Hardware.

Los terminales IP software permiten reducir costos frente a los terminales IP hardware dado que no es necesario contar con un equipo

físico en el lugar donde se requiera su uso. Sin embargo, existe el choque cultural al no realizar una conversación por medio del equipo que por gran cantidad de tiempo ha sido el encargado de ejecutarla.

- b) ATA:** son pequeños dispositivos que permiten conectar un teléfono analógico/RDSI a una red de VoIP. Disponen de un sistema de administración y gestión similar a los teléfonos IP por lo que disponen también de dirección IP, y las mismas ventajas que cualquier terminal IP.



Figura 3. Terminal ATA.

- c) Terminales Wireless:** Son similares a los teléfonos móviles (o celulares) y permiten utilizar redes inalámbricas para conectarse al servidor de VoIP o Gateway. Estos equipos permiten realizar gran cantidad de operaciones sin necesidad de estar conectados a una base estática; además que en algunos de ellos se logra contar con las todas las opciones que permiten que un usuario pueda comunicarse desde el lugar donde se encuentra sin tener que limitarlo al tipo de red a la que deba conectarse, pues el equipo posee la autonomía necesaria para realizar una comunicación con las mejores prestaciones al realizar una conexión exitosa con la mejor red posible.



Figura 4. Terminal Wireless.

1.2.3. EL SERVIDOR

Es el elemento más importante de una red, es el encargado de controlar todas las funciones administrativas para soportar el enrutamiento de llamadas a través de la red.

Generalmente el servidor es conocido como un Gatekeeper. Este servidor actúa como punto central de todas las llamadas dentro de una zona proporcionando servicios a los terminales que se encuentren registrados y además monitorizando y controlando las llamadas. Si se puede hacer una comparación se podría decir que este servidor actúa como un conmutador virtual.

Dentro de las funciones que realiza el Gatekeeper durante el proceso de comunicación de VoIP se encuentran las siguientes:

- 1) **Traducción de direcciones:** El gatekeeper se encarga de realizar la traducción de direcciones H.323 a sus correspondientes direcciones reales, soportando varios tipos de direccionamiento (DNS, ENUM, TRIP), de manera que el gatekeeper almacena en su base de datos los nombres escogidos por los usuarios junto con su teléfono, logrando traducir el nombre a una dirección real
- 2) **Control de Admisión:** El Gatekeeper esta en la capacidad de autorizar el acceso a la red de terminales que se encuentren habilitados para hacerlo. Las autorizaciones pueden ser autorizaciones de llamadas, ancho de banda, o algún otro criterio que es dejado al fabricante. También puede ser una función nula que admita todas las peticiones
- 3) **Control de ancho de banda:** Por ejemplo, si un administrador de red ha especificado un umbral para el número de conferencias simultáneas, el Gatekeeper puede rechazar hacer más conexiones cuando se ha alcanzado dicho umbral. El efecto que se logra es el de

limitar el ancho de banda total de las conferencias simultaneas para que solo ocupen una fracción del total existente para permitir que la capacidad que queda disponible se pueda usar para e-mail, transferencias de archivos y demás aplicaciones que se requiera utilizar.

- 4) **Señalización de control de llamada:** El Gatekeeper elige si desea completar la señalización de llamada con los extremos y procesar la señalización de llamada el mismo; o por el contrario puede elegir que los extremos controlen sus llamadas.

- 5) **Gestión de Zona:** El Gatekeeper esta en la capacidad de realizar las funciones anteriormente mencionadas para beneficiar a todos los terminales y Gateways que se encuentren registrados en su Zona de control.

Una característica adicional de los servidores es que cuentan con la habilidad para enrutar llamadas. Al ser enrutadas las llamadas, estas pueden ser controladas más efectivamente, de esta manera los proveedores de servicio podrán facturar efectivamente las llamadas realizadas a través de su red, y además podrán prestar el servicio de re-enrutar una llamada a otro terminal en caso de que el terminal donde se esta llamando no se encuentre disponible.

Finalmente, es importante resaltar que la red IP provee conectividad entre todos los terminales. La red IP puede ser una red IP privada, una Intranet o el Internet.

1.3. POTOCOLOS DE VoIP

1.3.1. PROTOCOLO IP

El protocolo de IP proporciona los mecanismos necesarios para el transporte de los segmentos creados por TCP. El protocolo IP crea unidades denominadas datagramas, que son transportadas por la red a través de rutas aleatorias de manera independiente una de otras. IP es un protocolo que se ubica en la capa 3 del modelo OSI.

Dentro de sus funciones se encuentran realizar el mayor esfuerzo para entregar un datagrama al host destino, sin embargo es necesario aclarar que como es un protocolo no orientado a conexión entonces no garantiza la entrega fiable de los datagramas al host destino. Además se encarga de la Fragmentación y reensamblado de paquetes si en determinado caso fuese necesario, realiza el enrutamiento por medio de direcciones lógicas IP de 32 bits y realiza la asignación de tiempos de vida (TDV) a los datagramas.

El protocolo IP cubre tres aspectos importantes:

- Define la unidad básica para la transferencia de datos en una interred, especificando el formato exacto de un Datagrama IP.
- Realiza las funciones de enrutamiento.
- Define las reglas para que los Host y Enrutadores procesen paquetes, los descarten o generen mensajes de error.

1.3.2. SIP

El protocolo SIP⁶ (Protocolo de Inicialización de Sesiones), Es un protocolo que fue desarrollado por el grupo MMUSIC (Multimedia Session Control) del IETF (Internet Engineering Task Force), definiendo una arquitectura de señalización y control para VoIP con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario

⁶ por sus siglas en Inglés *Session Initiation Protocol*

donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online y realidad virtual. Inicialmente fue publicado en febrero del 1996 en la RFC 2543, sin embargo ahora esta en vigencia la publicación de la nueva versión RFC 3261 que se publicó en junio del 2002.

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible esta comunicación gracias a dos protocolos que son RTP (Protocolo de Transporte de Tiempo Real⁷) el cual es usado para transportar los datos de voz en tiempo real y SDP⁸ (Protocolo descriptor de sesiones) el cual se utiliza para describir sesiones multicast en tiempo real, siendo útil para invitaciones, anuncios, negociaciones, y cualquier otra forma de inicio de sesiones.

SIP es un protocolo de señalización extremo a extremo que implica que toda la lógica y toda la información acerca de todo el estado de la conexión sea almacenada en los dispositivos finales. Este tipo de configuración también implica que la cabecera de los mensajes se sobre cargue debido a que esta debe llevar de extremo a extremo (hasta los dispositivos finales) gran cantidad de información. Además de estas características es importante mencionar que SIP es un protocolo de señalización a nivel de aplicación para establecimiento y gestión de sesiones con múltiples participantes, se basa en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como HTTP⁹ y SMTP¹⁰.

Un objetivo con el protocolo SIP es el de aportar un conjunto de las funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la red pública conmutada de telefonía. De tal manera que se implementaran funciones típicas de un teléfono común como son: llamar a un número, provocar que un

⁷ por sus siglas en inglés *Real-time Transport Protocol*

⁸ por sus siglas en inglés *Session Description Protocol*

⁹ por sus siglas en inglés *HyperText Transfer Protocol*

¹⁰ por sus siglas en inglés *Simple Mail Transfer Protocol*

teléfono suene al ser llamado, escuchar la señal de tono o de ocupado.

1.3.3. RTP

RTP¹¹ o protocolo de transporte en tiempo real, es un protocolo que como su nombre lo indica, está orientado a la transmisión de información en tiempo real, como la voz o el video. Este es un protocolo de las capas superiores de usuario que funciona sobre UDP¹² haciendo uso de los servicios de checksum y multiplexión, para proporcionarle a los programas que generan este tipo de datos, un completo manejo de transmisiones en tiempo real a través de difusiones unicast o multicast; en el UDP se cambia confiabilidad por velocidad, lo cual es básico para manejo de transmisiones en tiempo real como la VoIP.

Aunque RTP no es lo suficientemente confiable por si solo, este mantiene una afinidad con diversos protocolos y aplicaciones de capas inferiores y con los recursos proporcionados por los switches y enrutador para garantizar confiabilidad. Los paquetes RTP no contienen campo de longitud, ya que al funcionar sobre UDP, este protocolo es quien encapsula la voz comprimida en datagramas.

Las herramientas de las que se vale RTP para lograr transmisiones en tiempo real son el RTCP¹³ (Protocolo de control de tiempo real) que proporciona un feedback acerca de la calidad de distribución y la congestión, con esto, la empresa que ofrece el servicio puede monitorear la calidad y puede diagnosticar los problemas que pueda presentar la red, además de esto, RTCP sincroniza el audio y el video, conoce el número de usuarios presentes en una conferencia y con esto calcula la rata a la cual deben ser enviados los paquetes; todas estas opciones son obligatorias cuando RTP se usa en entornos multicast IP.

¹¹ por sus siglas en inglés *real time transport protocol*

¹² por sus siglas en inglés *user datagram protocol*

¹³ por sus siglas en inglés *Real Time control protocol*

RTP es capaz de correr sobre protocolos WAN de alta velocidad como ATM sin ningún problema, también en redes asimétricas como ADSL, cable-modem o por enlace satelital pero cumpliendo con ciertas características de ancho de banda para ambas direcciones y uso exclusivo para la aplicación RTP.

1.3.4. H.323

Es un conjunto de tecnologías y protocolos que permiten la transmisión de voz, sobre una red conmutada por paquetes mediante el protocolo IP.

El estándar H.323 proporciona la base para la transmisión de voz, datos y vídeo sobre redes no orientadas a conexión y que no ofrecen un grado de calidad del servicio, como son las basadas en IP, de manera tal que las aplicaciones y productos puedan interoperar, permitiendo la comunicación entre los usuarios sin que éstos se preocupen por la compatibilidad de sus sistemas.

La LAN sobre la que los terminales H.323 se comunican puede ser un simple segmento o un anillo, o múltiples segmentos con una topología compleja, lo que puede resultar en un grado variable de rendimiento.

H.323 fija los estándares para la comunicación de voz y vídeo sobre redes de área local de forma independiente al protocolo que utilicen.

El estándar contempla el control de la llamada, gestión de la información y ancho de banda para una comunicación punto a punto y multipunto, dentro de la LAN, además define interfaces entre la LAN y otras redes externas, como puede ser la RDSI (En Colombia suelen usarse canales PRI). Establece los estándares para la compresión y descompresión de audio y vídeo, asegurando que los equipos de distintos fabricantes se entiendan; así, los usuarios no se tienen que preocupar de cómo actúe todo el conjunto de equipos que conforman el receptor (Destino), siempre y cuando cumpla este estándar.

Es importante mencionar que el h.323 fue escogido como la base del VoIP, con el fin de que si se presentara algún conflicto o si se llegara a presentar alguna divergencia entre los estándares, se le diera prioridad a h.323 en toda la comunicación VoIP.

1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VoIP

Las principales ventajas de VoIP comparando esta comunicación con una realizada por medio de una RTPBC son:

- Optimiza el uso del ancho de banda disponible, además evita el consumo de ancho de banda en los momentos de silencio de la conversación, esto es debido a que en la telefonía IP la voz es procesada de tal manera que se pueden detectar los momentos de silencio, para de esta forma no procesarlos ni transmitirlos, optimizando así el uso del Ancho de Banda disponible.
- No reserva canales de comunicación.
- Coexiste con los demás servicios que se prestan simultáneamente en la misma red. Además posibilita el desarrollo de una única red convergente que se encargue de cursar todo tipo de comunicación, ya sea voz, datos, video o cualquier tipo de información.
- El costo de interconexión con la red es generalmente fijo y está representado solamente en el costo de conexión a Internet (si la llamada se realiza a través de este canal), aún si la llamada involucra a emisores y receptores ubicados en ciudades o incluso países diferentes.
- VoIP con la misma infraestructura presta mayor cantidad de servicios, con mayor calidad de servicio y aumenta la velocidad de transmisión.
- Reduce el costo de mantenimiento, la capacitación y los honorarios del personal debido a que estos deben especializarse y estar calificados en una sola tecnología.
- Mejora la escalabilidad empleando componentes de redes de datos

estándares como enrutadores y switches, y utiliza los mismos equipos que soportan las redes de datos ya implementadas.

- Permite la interoperabilidad de diversos proveedores y garantiza la independencia de tecnologías de la capa de transporte, asegurando la inversión realizada para esta tecnología.

Las principales desventajas de VoIP comparando esta comunicación con una realizada por medio de una RTPBC son:

- Transportan la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de más de un paquete. Estos paquetes pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación.
- El aspecto de seguridad es muy relevante ya que no es posible determinar la duración del paquete dentro de la red hasta que este llegue a su destino, y además existe la posibilidad de pérdida de paquetes, ya que el protocolo IP no cuenta con elementos que puedan prevenirlo.
- El control de congestión de TCP hace reducir la ventana de transmisión cuando detecta pérdida de paquetes, y el audio y el video son aplicaciones cuya rata de transferencia no permite disminuciones de este tipo en la ventana de transmisión.
- La calidad de la comunicación se puede ver afectada por ecos, interferencias, interrupciones, sonidos de fondo, distorsiones de sonido, etc, que puede variar según la conexión a Internet y la velocidad de conexión del Proveedor de servicios de Internet.
- Sólo lo pueden usar aquellas personas que posean una conexión con Internet. Aún existen algunas regiones del país donde obtener acceso a Internet no es tan común como conectarse a una línea telefónica.

1.5. TIPO DE SERVICIO SEGÚN LA REGULACIÓN COLOMBIANA

Dentro de los servicios que presta la telefonía IP se encuentran:

- **Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada -TPBC-. (R. 575-2002)**

Es el servicio básico de telecomunicaciones cuyo objeto es la transmisión conmutada de voz o a través de la RTPC (red de telefonía pública conmutada) con acceso generalizado al público.

- **Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada de Larga Distancia - TPBCLD-. (R. 575- 2002)**

Es el servicio de TPBC que proporciona en sí mismo capacidad completa de comunicación telefónica entre usuarios de distintas redes de TPBCL (Telefonía pública básica conmutada local), TPBCLC (Telefonía pública básica conmutada local Extendida) del País, o entre un usuario de la RTPC en Colombia y un usuario situado en un país extranjero. Este servicio comprende los servicios de TPBCLDN (Telefonía pública básica conmutada larga distancia nacional) y TPBCLDI (Telefonía pública básica conmutada larga distancia internacional).

- **Servicio de Telefonía Básica Pública Conmutada de Larga Distancia - TPBCLD-. (R. 575- 2002)**

Es el servicio de TPBC que proporciona en sí mismo capacidad completa de comunicación telefónica entre usuarios de distintas redes de TPBCL, TPBCLC y TMR del país, o entre un usuario de la RTPC en Colombia y un usuario situado en un país extranjero. Este servicio comprende los servicios de TPBCLDN y TPBCLDI.

- **Servicio de Telefonía Básica Pública Conmutada de Larga Distancia Nacional o Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada de Larga Distancia Nacional -TPBCLD (R. 575- 2002)**

Es el servicio de TPBC que proporciona sí mismo capacidad completa de comunicación telefónica entre usuarios de distintas redes de TPBC local y/o local extendida del País

- **Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada de Larga Distancia Internacional -TPBCLDI-. (R. 087-97)**

Es el servicio de TPBC que proporciona en sí mismo capacidad completa de comunicación telefónica entre un usuario de la RTPC en Colombia y un usuario situado en un país extranjero.

- **Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada Local -TPBCL-. (R. 087-97)**

Es el servicio de TPBC uno de cuyos objetos es la transmisión conmutada de voz a través de la Red Telefónica Conmutada con acceso generalizado al público, en un mismo municipio.

- **Servicio de Telefonía Básica Pública Conmutada Local Extendida o Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada Local Extendida - TPBCLE-. (R. 087-97)**

Es el servicio de TPBC prestado por un mismo operador a usuarios de un área geográfica continua conformada por municipios adyacentes, siempre y cuando ésta no supere el ámbito de un mismo Departamento.

- **Servicio de Telefonía Pública Básica Conmutada Local Móvil Rural - TMR-**

Es la actividad complementaria del servicio de TPBCL que permite la comunicación a usuarios ubicados fuera de la cabecera municipal, o en un

municipio con población total menor a 7,000 habitantes de acuerdo con el censo realizado en 1993, o en un corregimiento departamental, con cualquier usuario ubicado dentro del mismo municipio. (Definición modificada por la R. 55/99)

- **Servicio portador**

Es aquel que proporciona la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre dos o más puntos definidos de la red de telecomunicaciones. Comprende los servicios que se hacen a través de redes conmutadas de circuitos o de paquetes y los que se hacen a través de redes no conmutadas. Forman parte de estos, entre otros, los servicios de arrendamiento de pares aislados y de circuitos dedicados.

- **Servicio universal**

Se entiende por Servicio Universal aquel que pretende llevar el acceso generalizado a los hogares de los servicios básicos de telecomunicaciones, iniciando con el servicio de telefonía y posteriormente integrando otros servicios a medida que los avances tecnológicos y la disponibilidad de recursos lo permitan. (Definición modificada por la R. 1156/99).

- **Servicios adicionales.**

Son todos aquellos servicios que atienden necesidades específicas relacionadas con la actividad de interconexión, los cuales pueden contratarse por separado. Entre tales servicios adicionales se encuentran los servicios de medición y registro de tráfico, gestión operativa de reclamos, fallas y errores. (Definición modificada por la R. 489/02)

- **Servicios suplementarios**

Son aquellos servicios suministrados por una red de TPBC, además de su servicio o servicios básicos, entre otros los siguientes: conferencia entre tres, llamada en espera, marcación abreviada, despertador automático,

transferencia de llamada, conexión sin marcar y código secreto.

- **Servidumbre de acceso, uso e interconexión**

Es el acto administrativo mediante el cual la CRT impone los derechos y obligaciones a los operadores solicitante e interconectante y prevee las condiciones de carácter técnico, comercial, operativo y etc.

- **Servicios de valor agregado. (Decreto modificatorio D.600-03)**

Son aquellos que utilizan como soporte servicios básicos, telemáticos, de difusión o cualquier combinación de éstos, prestados a través de una red de telecomunicaciones autorizada, y con ellos proporcionan al usuario la capacidad completa para el envío o intercambio de información, agregando otras facilidades al servicio de soporte o satisfaciendo necesidades específicas de telecomunicaciones. Para que el servicio de Valor Agregado se diferencie del servicio básico, es necesario que el usuario de este reciba de manera directa alguna facilidad agregada a dicho servicio, que le proporcione beneficios adicionales, independientemente de la tecnología o el terminal utilizado; o que el operador de servicios de Valor Agregado efectúe procesos lógicos sobre la información que posibiliten una mejora, adición o cambio al contenido de la información de manera tal que genere un cambio neto de la misma independientemente del terminal utilizado. Este cambio a su vez, debe generar un beneficio inmediato y directo, que debe ser recibido por el usuario del servicio.

- **Servicios suplementarios. (R. 087-97)**

Son aquellos servicios suministrados por una red de TPBC, además de su servicio o servicios básicos, entre otros los siguientes: conferencia entre tres, llamada en espera, marcación abreviada, despertador automático, transferencia de llamada, conexión sin marcar y código secreto.

- **Servicios telemáticos. (DL. 1900-90)**

Son aquellos que, utilizando como soporte servicios básicos, permiten el intercambio de información entre terminales con protocolos establecidos para sistemas de interconexión abiertos. (Decreto modificadorio D.600-03): Forman parte de éstos, entre otros, los de telefax, publifax, teletex, videotex y datafax.

2. IMPLEMENTACIONES DE VoIP

El envío de voz a través de redes IP puede realizarse de varias maneras. Es posible esquematizar diferentes escenarios de implementaciones de VoIP dependiendo de la infraestructura utilizada y de la aplicación en la cual se utilice.

2.1 ESCENARIOS SEGÚN LA INFRAESTRUCTURA UTILIZADA

Dependiendo de la infraestructura utilizada es posible encontrar los siguientes esquemas de interconexión:

2.1.1 Infraestructura IP

Aquellos en los cuales se realiza la adquisición de la voz utilizando equipos con implementaciones de TCP/IP que les permiten directamente enviar la voz sobre la red de datos. Ejemplos de estos equipos son los Computadores y los teléfonos IP, entre otros.

- Los computadores son tal vez la forma más sencilla y económica (si se cuenta con anterioridad con el PC) de hacer uso de la voz sobre IP, debido a que existen en Internet servicios gratuitos para realizar llamadas de larga distancia, cuyo único requisito es tener el software apropiado, un micrófono, unos parlantes y una conexión a Internet. El único costo asociado es el de la tarifa que se le paga al Proveedor de Servicio de Internet (ISP). Ejemplos para esta forma son el programa Skype, MSN Messenger, Google talk y Wengo.



Figura 5. Software de VoIP para computador

- Los Teléfonos IP son teléfonos especializados que poseen además del conector de teléfono tradicional RJ-11, un conector Ethernet RJ-45. Este se conecta directamente a la red de datos y tiene el hardware y software

necesario para realizar llamadas IP. Algunos de los fabricantes más conocidos son Cisco, Nortel y Avaya.



Figura 6. Ejemplos de teléfonos IP

Con estos dispositivos mencionados anteriormente se puede lograr el siguiente esquema de interconexión, logrando una comunicación de voz ya sea entre 2 PC, entre un PC y un teléfono IP o entre 2 teléfonos IP, veamos:

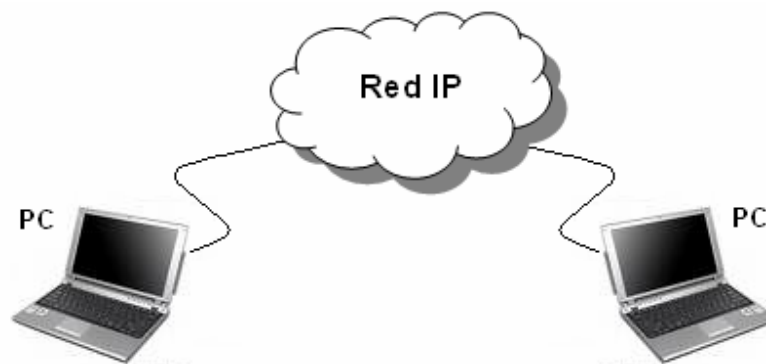


Figura 7. Comunicación VoIP: PC - PC

2.1.2 Infraestructura Tradicional

En el segundo tipo de implementaciones se utilizan equipos tradicionales de codificación de voz, como es el caso de los teléfonos tradicionales. Para lograr el envío de la voz hacia las redes de datos, es necesario utilizar equipos

especializados que se encargan de realizar la conversión de la voz obtenida por los equipos analógicos a paquetes IP. Ejemplos de éstos equipos son los Gateways de VoIP (también llamados switches de VoIP) que permiten conectar varios teléfonos y los Adaptadores Telefónicos Análogos (ATA) que permiten conectar un teléfono tradicional para brindarle acceso al canal de datos y así generar voz sobre IP.

Ejemplos de ellos son la serie ATA 180 de Cisco, Linksys PAP2, y el Grandstream HandyTone ATA-286.



Figura 8. Ejemplos de Adaptadores telefónicos

Una posible implementación de VoIP con éstos dispositivos se da al interconectar un dispositivo IP como un teléfono IP o un PC en un extremo y en el otro extremo de la comunicación un teléfono tradicional o celular conectado a un ATA o un gateway.

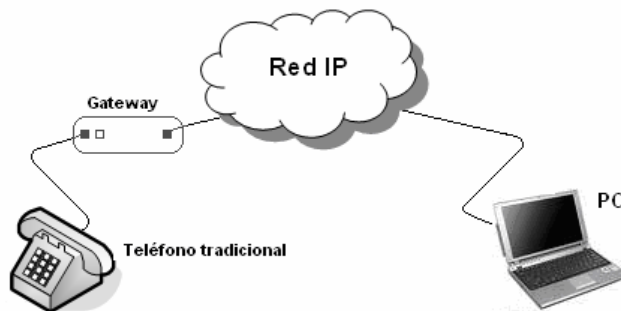


Figura 9. Comunicación VoIP: Teléfono tradicional – PC

Cuando la comunicación de VoIP se realiza utilizando teléfonos tradicionales en ambos extremos, es necesario que cada par de la comunicación utilice un dispositivo encargado de realizar la conversión de protocolos y formato, como es el caso de un ATA o un gateway de VoIP, como se observa en la figura 10.

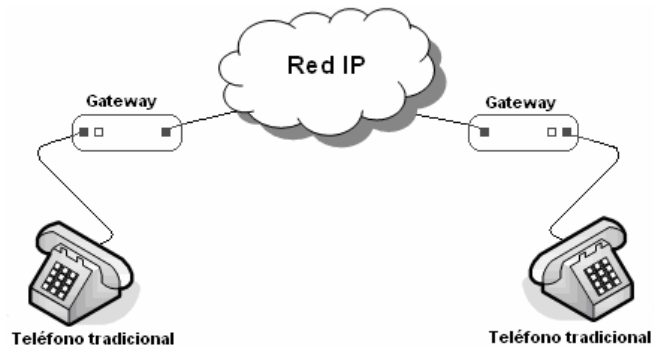


Figura 10. Comunicación VoIP: Teléfono – Teléfono

2.1.3 Infraestructura Basada En Servidores SIP

En éste tipo de infraestructura existe un intermediario entre el origen y el destino de la llamada, este dispositivo llamado servidor SIP además de posibilitar la implementación de políticas de enrutamiento de llamadas, permite autenticación, autorización y aporta capacidades añadidas al usuario. La figura 11 es un esquema del escenario descrito:

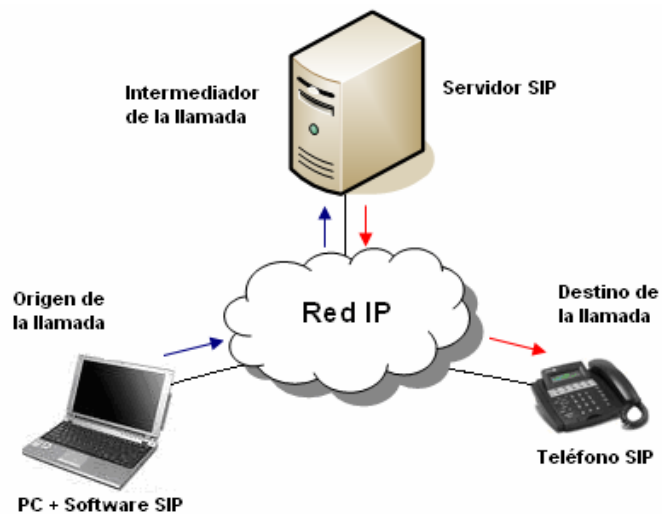


Figura 11. Comunicación VoIP: Servidor SIP

Los equipos (cliente) SIP realizan la autenticación y el establecimiento de la llamada con ayuda del servidor SIP, posteriormente se establece la llamada, siendo este proceso transparente para el usuario final.

Además de los equipos tradicionales de telefonía SIP es posible encontrar otros como los teléfonos Wifi de VoIP (VoIP WiFi Phone), estos dispositivos se conectan a la red IP mediante una conexión inalámbrica (estándar IEEE 802.11b). Es necesario contratar el servicio a un proveedor de telefonía SIP para comenzar a realizar llamadas, los costos inherentes a una solución de este tipo son: costos de adquisición del teléfono Wifi, costo del servicio de telefonía SIP y el costo de acceso a Internet. Este tipo de soluciones es muy útil en sitios públicos con acceso a Internet inalámbrico¹⁴ (hoteles, aeropuertos, bibliotecas, centros de convenciones, etc.).



Figura 12. Ejemplos de teléfonos Wifi de VoIP

Dentro de estos equipos de telefonía IP inalámbrica existen unos desarrollados especialmente para soportar el servicio de telefonía que proveen empresas como Skype, éste es el caso del modelo SPH101 de NETGEAR (NETGEAR Wifi phone for Skype). La gran desventaja de este servicio es que no se constituye en un servicio de telefonía completo en cuanto a que no es posible realizar llamadas de emergencia desde estos teléfonos.



Figura 13. Teléfono Wifi NETGEAR para Skype

¹⁴ También llamados Hotspots

2.2 ESCENARIOS SEGÚN LA NECESIDAD DE COMUNICACIÓN

Dependiendo de las necesidades de comunicación de los clientes y de la aplicación que se le quiera dar a las soluciones de VoIP es posible encontrar los siguientes escenarios:

2.2.1 Comunicación De Usuarios Dentro De Una Misma Red Ip

En este escenario tanto el origen de la llamada como el destino se encuentran en una misma red local. El escenario se asemeja a un sistema de citofonía dentro de una edificación o un campus, en el cual debe existir la infraestructura necesaria para realizar el control de la comunicación (ejemplo: Planta telefónica IP o un Gatekeeper H.323).

Al ser equivalente a un sistema de citofonía, la comunicación se realiza dentro de una red de área local (LAN) o red de área personal (PAN). Lo que significa que no existen comunicaciones de VoIP con redes diferentes ni con usuarios en Internet. En este escenario no se realiza comunicación alguna con los usuarios de la RTPBC.

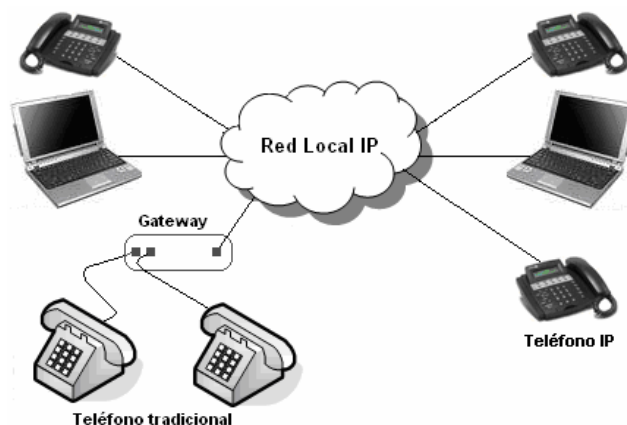


Figura 14. Comunicación VoIP dentro de una misma red IP

Realizando un análisis comparativo de esta solución de citofonía IP con una solución tradicional se obtienen los siguientes resultados:

- La citofonía tradicional es más económica que una solución de VoIP de este tipo. Debido principalmente a los elevados costos de los teléfonos IP, que cuestan aproximadamente 10 veces más que un teléfono tradicional (esta relación varía dependiendo de las capacidades de ambos teléfonos).
- Al utilizar teléfonos IP se obtienen ciertas ventajas respecto a la telefonía tradicional como por ejemplo la posibilidad de realizar llamadas de voz y video, además de la posibilidad de utilizar el servicio Web desde el teléfono IP, permitiendo al usuario revisar el correo electrónico desde el teléfono IP.

2.2.2 Comunicación De Usuarios Entre Redes IP Diferentes

En este escenario tanto el origen de la llamada como el destino se encuentran en redes diferentes, es posible que dichas redes pertenezcan a una misma ciudad o a ciudades diferentes. Este es el caso de empresas que poseen varias sedes en la misma ciudad o en distintas ciudades, para ellos esta solución llega a ser importante cuando es implementada entre ciudades distintas, logrando así reducir o eliminar los costos de telefonía de larga distancia.

Si la comunicación de VoIP se realiza entre sitios de una misma ciudad, el escenario equivale a realizar una llamada de voz local y se puede comparar con la RTPBC. Si la comunicación se realiza entre ciudades diferentes, equivale a realizar una llamada de voz de larga distancia o local extendida y puede ser comparada con la RTPBCLD¹⁵.

Para implementar una solución de este tipo se deben contemplar los costos

¹⁵ Red Telefónica Pública Básica conmutada de Larga Distancia.

inherentes a la interconexión de las redes, ya sea el alquiler del servicio o la adquisición de los equipos necesarios para ello. Se puede obtener una ventaja representativa respecto al servicio de telefonía tradicional ya sea local o larga distancia en cuanto a que es posible realizar llamadas sin límite de tiempo a un costo mucho menor.

Al ser equivalente a un enlace punto a punto entre dos redes, la comunicación se realiza solamente entre redes de área local (LAN) o redes de área personal (PAN). Lo que significa que no existen comunicaciones de VoIP con usuarios en Internet ni se realiza comunicación alguna con los usuarios de la RTPBC.

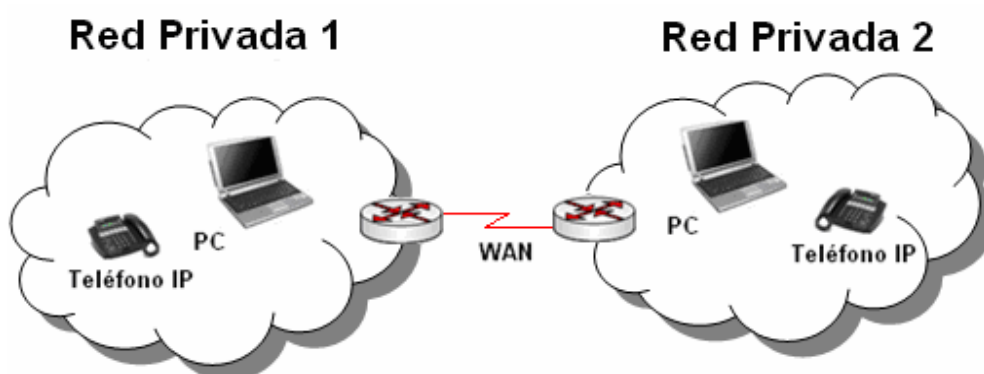


Figura 15. Comunicación VoIP entre redes IP diferentes

2.2.3 Comunicación De Usuarios Entre Una Red IP Y La RTPBC Para Realizar Llamadas De Voz Locales

En este escenario la llamada de voz es realizada entre un usuario de una red IP y la RTPBC. El escenario equivale a tener un conmutador telefónico al interior de una empresa, el cual realiza la conexión entre las 2 redes telefónicas (Interna y RTPBC).

Se hace necesaria la adquisición de la infraestructura y el software necesarios para establecer la comunicación entre la red IP y la red telefónica (ejemplo: Planta telefónica IP o un Gateway/Gatekeeper H.323), cambiando el formato de las tramas de VoIP para poder comunicarse con la red de telefonía

tradicional.

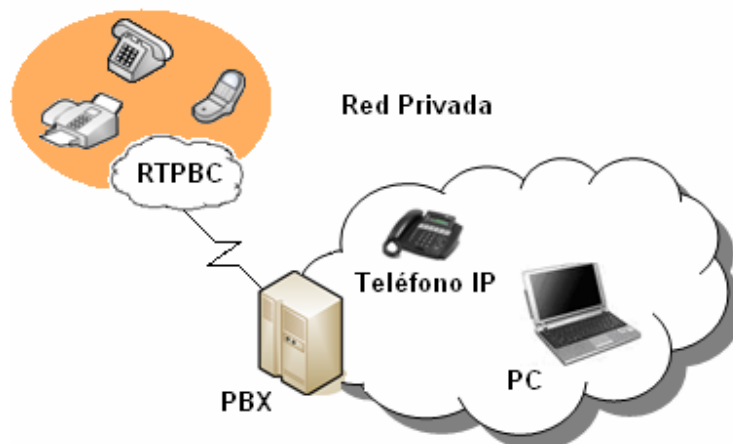


Figura 16. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC

Realizando un análisis comparativo de ésta solución de telefonía IP con una solución equivalente de telefonía tradicional se obtienen los siguientes resultados:

- La solución de telefonía tradicional es más económica que una solución de VoIP de este tipo. Debido principalmente a los elevados costos de los teléfonos IP y la planta telefónica IP en comparación con los equipos tradicionales.
- Al momento de realizar la comunicación con la RTPBC no se obtienen ventajas representativas en comparación con la solución de telefonía tradicional, debido a que las potencialidades de los teléfonos IP no son compatibles con los teléfonos tradicionales.
- Al utilizar teléfonos IP se obtienen ciertas ventajas a nivel interno (solo dentro de la red IP), como la posibilidad de realizar llamadas de voz y video, además de la posibilidad de utilizar el servicio Web desde el teléfono IP, permitiendo al usuario revisar el correo electrónico desde el teléfono IP.
- En cuanto al costo de las llamadas realizadas con una u otra solución

hacia la RTPBC cabe decir que no existe diferencia, en ambos casos es necesario contratar el servicio de telefonía de un proveedor autorizado y realizar la respectiva conexión con la planta telefónica, sea tradicional o IP.

2.2.4 Comunicación De Usuarios Entre Una Red IP y La RTPBC Para Realizar Llamadas De Voz Locales O De Larga Distancia

En este escenario la llamada de voz es realizada entre un usuario de una red IP y la RTPBC utilizando como intermediaria otra red IP. Ambas redes privadas se encuentran interconectadas entre si mediante una red WAN (Ej: Enlace dedicado) o mediante Internet.

Si la red privada 2 se encuentra en la misma ciudad que la red privada 1, la comunicación realizada entre la red privada 2 y la RTPBC equivale a realizar una llamada telefónica local, como se observa en la figura 17.

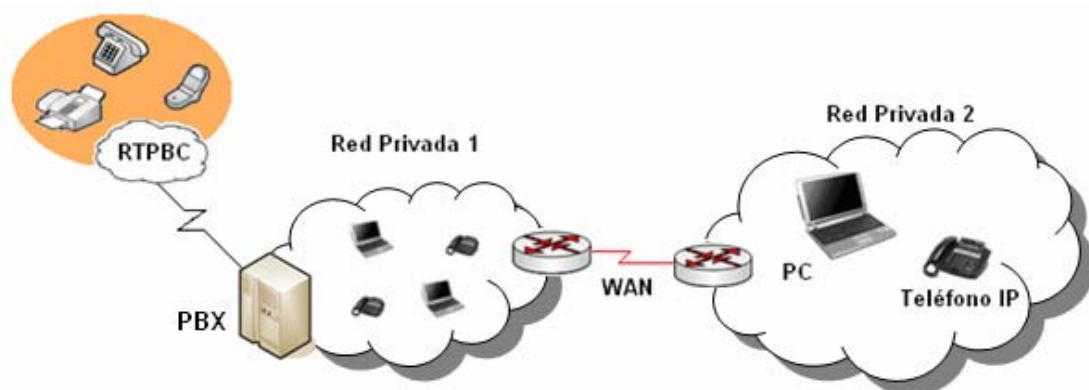


Figura 17. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC con otra red IP como intermediaria en la misma ciudad

Realizando un análisis de ésta solución de telefonía IP se obtienen los siguientes resultados:

- La solución implementada tiene como finalidad realizar llamadas de voz entre los usuarios de la red privada 2 y los usuarios de la RTPBC, constituyéndose en un servicio de telefonía local evitando los costos

inherentes a la llamada telefónica.

- Este escenario es especialmente útil para empresas que poseen varias sedes en distintos lugares de una misma ciudad, las cuales deben realizar grandes gastos en llamadas telefónicas entre las sedes y hacia el exterior (RTPBC).

Si es el caso en el que la red privada 2 se encuentra en una ciudad diferente a la de la red privada 1, entonces la comunicación de voz realizada entre la red privada 2 y la RTPBC (Ubicada en la ciudad a la cual pertenece la red privada 1) equivale a realizar una llamada telefónica de larga distancia o local extendida, dependiendo de la distancia entre las ciudades. El mismo enunciado es válido para la comunicación de voz realizada entre la red privada 1 y la RTPBC (Ubicada en la ciudad a la cual pertenece la red privada 2).

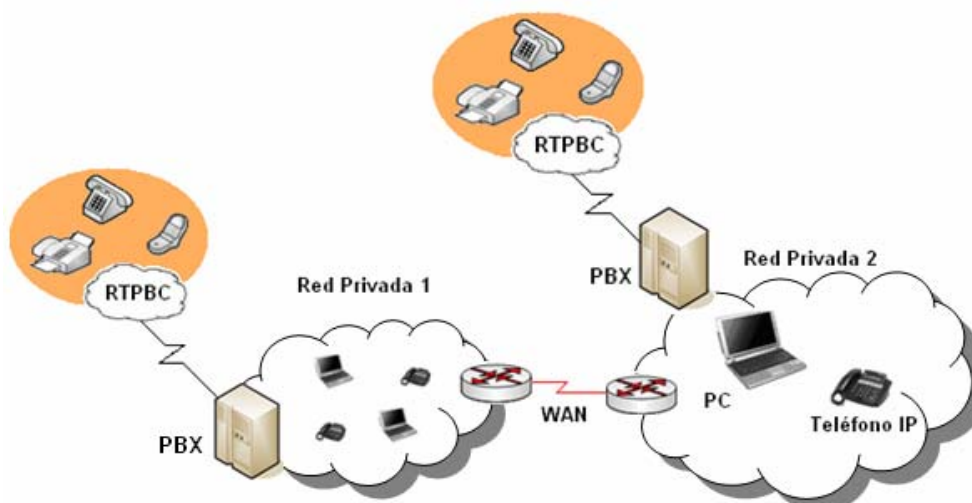


Figura 18. Comunicación VoIP entre una red IP y la RTPBC con otra red IP como intermediaria en ciudades diferentes

Se hace necesaria la adquisición de la infraestructura y el software necesarios para establecer la comunicación entre la red IP y la red telefónica (ej: Planta telefónica IP o un Gateway/Gatekeeper H.323), cambiando el formato de las tramas de VoIP para poder comunicarse con la red de telefonía tradicional. Además es necesario asumir los costos inherentes a la interconexión de las 2

redes IP entre si (red WAN), ya sea adquiriendo los equipos necesarios, o pagando el alquiler de un canal de comunicaciones con un proveedor autorizado (Puede ser un enlace dedicado, Internet, etc.).

Realizando un análisis de ésta solución de telefonía IP se obtienen los siguientes resultados:

- Debido a que las redes privadas 1 y 2 se encuentran en ciudades distintas, el ahorro en llamadas telefónicas de larga distancia es notable, evitando los costos asociados a las llamadas entre las 2 redes privadas y además entre cada una de las redes privadas y la RTPBC de la otra ciudad.
- Este escenario es especialmente útil para empresas que poseen sedes en distintas ciudades, las cuales deben realizar grandes gastos en llamadas de larga distancia entre las sedes y hacia la RTPBC de las otras ciudades.
- Mediante este escenario también es posible lograr que usuarios de una RTPBC puedan realizar comunicaciones de voz hacia otra RTPBC por medio de la red de datos de una empresa, de ésta manera los usuarios que posean la debida autorización podrán realizar llamadas de larga distancia con recargo de consumo local.

3. TENDENCIAS ACTUALES DE VOIP EN COLOMBIA

Para los usuarios particulares (casas, oficinas, pequeños establecimientos, etc.) los proveedores de telefonía autorizados ofrecen soluciones de VoIP razonablemente económicas las cuales permiten al usuario realizar llamadas telefónicas ilimitadas locales o de larga distancia (bajo ciertas condiciones), adicionalmente se ofrece el servicio de Televisión e Internet (Convergencia de Voz y datos en el mismo canal de comunicaciones).

En Colombia se presentan principalmente dos tendencias en la implementación de soluciones de VoIP. Cabe señalar que los escenarios y soluciones presentadas son aplicables para empresas e instituciones que posean los requerimientos necesarios (cantidad de líneas telefónicas, presupuesto, etc.) para implementar una solución de esta envergadura.

En el mercado Colombiano existen gran cantidad de tecnologías con distintas marcas y precios, que dependiendo de las necesidades pueden ser utilizados en las implementaciones. En este trabajo solo se presenta una muestra de las marcas y precios que compiten actualmente en el mercado de la VoIP en Colombia, dejando al criterio de los diseñadores de redes la elección de la solución y los equipos a utilizar.

3.1 SOLUCIÓN I: MIGRACIÓN A UNA INFRAESTRUCTURA IP

La primera tendencia analizada propone una migración de la infraestructura tradicional (planta telefónica, teléfonos, etc.) a una infraestructura con el soporte necesario para el protocolo IP (plantas telefónicas IP, teléfonos IP, computadores, etc.). En este proceso de migración es necesario cambiar (adquirir en caso de no poseer) la planta telefónica actual por una planta telefónica IP, adicionalmente es necesario adquirir tanta cantidad de teléfonos IP como líneas telefónicas se deseen. Por ejemplo, una solución podría ser adquirir una planta para 20 líneas de voip y adicionalmente 20 teléfonos IP, con lo cuál

podrían realizar 20 llamadas simultáneas de VoIP (dependiendo del ancho de banda destinado para VoIP).

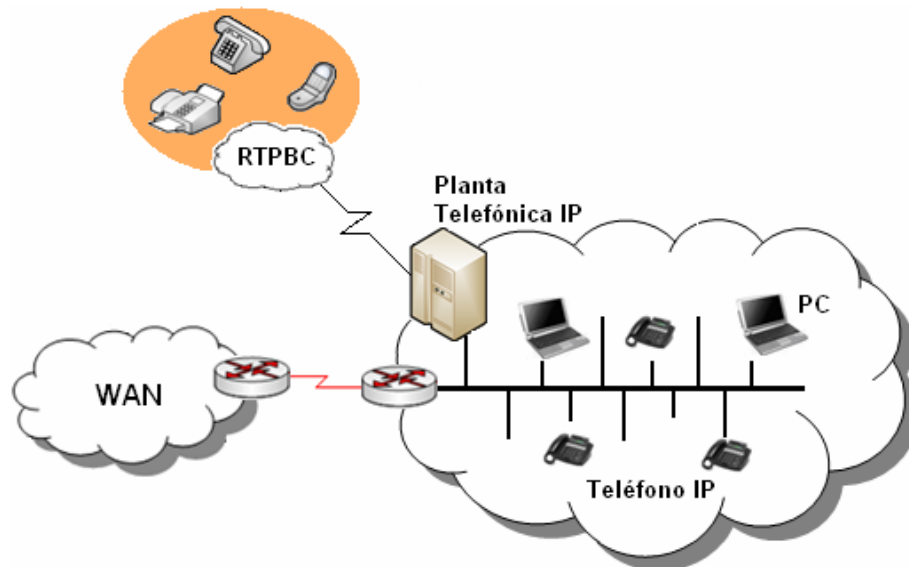


Figura 19. Infraestructura IP PBX

En este escenario la planta telefónica de la organización ofrece el soporte para el servicio de VoIP (planta Telefónica IP). A ella se conectan los equipos terminales de usuario (teléfonos IP, Computadores, etc.) mediante los cuales se realizarán las comunicaciones de voz. En caso de que aún posean teléfonos análogos, dependiendo del tipo de planta utilizada se pueden tener puertos adicionales para el antiguo servicio de telefonía (POTS¹⁶), de esta manera la planta tiene la capacidad de realizar comunicaciones de voz tanto para teléfonos tradicionales como para teléfonos IP.

Cuando la llamada es realizada hacia una línea telefónica perteneciente a la PSTN local, ya sea desde un teléfono tradicional o IP, la comunicación es enrutada hacia el destino mediante una línea troncal (alquilada con un proveedor de telefonía debidamente autorizado) conectada directamente a la planta telefónica. Cuando la llamada es realizada hacia un número telefónico (puede ser una extensión o un número fijo) localizado al otro lado de la red de datos (WAN, en algunos casos se utiliza Internet), entonces la planta telefónica enruta los

¹⁶ Servicio de telefonía tradicional, de sus siglas en inglés Plain Old Telephone Service

paquetes de VoIP mediante la red de datos para ser dirigidos hacia el destino y establecer la comunicación.

Esta solución está completamente diferenciada de una solución de telefonía tradicional en el hecho de que se realiza una renovación total en el equipamiento necesario para la comunicación. Algunas empresas prefieren realizar este tipo de renovación sin tomarse su tiempo para identificar si en realidad es la solución más adecuada tanto tecnológica como económicamente.

Las Plantas telefónicas IP y los teléfonos IP son equipos indispensables para implementar una solución de este tipo, a continuación se presenta parte de la oferta tecnológica que se encuentra actualmente en el mercado Colombiano:

3.1.1 PLANTAS TELEFÓNICAS IP

Las plantas telefónicas IP también llamadas CBX (Converged Private Branch Exchanges) combinan el rendimiento y la confiabilidad de los sistemas tradicionales de telefonía con las ventajas y opciones adicionales que presentan las comunicaciones de voz sobre IP.

El gran potencial de las soluciones que incluyen plantas telefónicas IP obedece principalmente a la sencillez de su gestión y a su capacidad de integrar la voz y las aplicaciones de datos. Dentro de este esquema, hay que hacer una diferencia entre los productos encontrados, encontrando por un lado la PBX IP tradicional, que consiste en agregarle software y hardware a una central telefónica tradicional, para obtener el mismo funcionamiento de una PBX IP, por otro lado están los equipos totalmente IP, de productores como Siemens, Avaya o Cisco.

- **Siemens Hipath 3000, 4000 y 5000**

La arquitectura convergente HiPath (una de las más modernas que existen actualmente en el mercado) ofrece la posibilidad de combinar la amplia gama de servicios y flexibilidad que ofrece el mundo IP, junto con la fiabilidad de la telefonía tradicional y la alta disponibilidad que esta ofrece.

Las plantas telefónicas IP de Siemens tienen la opción de elegir entre una solución IP o una solución que combine además la telefonía tradicional. La principal ventaja de las soluciones de HiPath es su habilidad para coexistir con los sistemas de comunicación actuales, brindándole a los usuarios la posibilidad de elegir libremente cuando y como migrar añadiendo equipos nuevos gradualmente.

HiPath es una de las únicas arquitecturas para empresas con estándares abiertos que permite escalabilidad y conexión a través de todo tipo de redes. Con HiPath es posible desarrollar la infraestructura de una forma óptima, migrando de la telefonía tradicional hacia la comunicación basada en IP con flexibilidad y facilidad.

Algunas de las principales características de los equipos de la serie Hipath son:

- Pueden ser utilizadas con infraestructuras IP, ATM, TDM, etc.
- Gracias al Compositor de Aplicaciones HiPath, las soluciones son elaboradas por técnicos competentes u operadores especialistas locales e internacionales de Siemens. Construyendo de ésta manera una red global de conocimiento.
- Presenta gran escalabilidad debido en parte a su capacidad modular.
- Cumple con el prerrequisito para el nivel más alto de disponibilidad y, a su vez, permite el desarrollo de aplicaciones complejas.

- HiPath brinda soporte a soluciones íntegras, unificando productos y aplicaciones de comunicación corrientes y futuras de Siemens. También soporta PBXs no pertenecientes a Siemens a través de interfaces estandarizadas, así como infraestructuras y componentes de red de terceros.
- Optimiza la inversión del capital del cliente a través de ahorros en las inversiones en infraestructura, administración, gestión y costos operativos, mientras que al mismo tiempo aumenta la flexibilidad, brindando soporte a caminos configurables y de cableado de IP – esto ayuda a evitar grandes inversiones durante la actualización.
- Soporta la interoperabilidad entre todos los dispositivos cliente de la red utilizando plataformas estándar.

El costo de un equipo de este estilo actualmente oscila alrededor de los 90 millones de Pesos Colombianos (Octubre de 2006), dependiendo claro está de la cantidad de usuarios que soporte, entre otras características. El modelo Hipath4000 presenta soporte para un límite de hasta 100,000 usuarios.



Figura 20. Plantas telefónicas Hipath 3700 y Hipath 4000

“Aunque los equipos de Siemens son importantes en el mercado internacional, aún se considera que tienen falta de perfeccionamiento en la compresión y rapidez, por lo cuál aún son superados por la eficiencia de

compresión de otros dispositivos como los switches de VoIP de Quintum”
Fuente: Deborah Kuzniecky. Especial para Martes Financiero.

- **Cisco call manager en un servidor Cisco media convergence 7800**

El software unificado CallManager de Cisco es un componente fundamental del sistema de procesamiento de llamadas unificado de comunicaciones de Cisco. Es una solución de telefonía escalable, distribuible, y con alta disponibilidad.

CallManager de Cisco extiende las características y capacidades de la telefonía a los dispositivos de telefonía por conmutación de paquetes como los teléfonos IP, gateways de VoIP y aplicaciones multimedia para PCs. Se hacen posibles servicios adicionales tales como mensajería unificada, conferencia multimedia, centro de contactos colaborativo y sistemas de respuesta interactivos multimedia.

El CallManager unificado de Cisco es instalado en un servidor Cisco Media Convergence de la serie 7800 y en algunos servidores de otros proveedores. CallManager unificado de Cisco incluye las características siguientes:

- Altamente escalable, soportando hasta 30.000 líneas por cluster de servidor.
- Amplio soporte para las características y aplicaciones de comunicaciones, incluyendo aplicaciones basadas en SIP.
- Altamente disponible asegurando la continuidad en las empresas, además soporta múltiples niveles de redundancia de servidores.
- Soporte para una amplia gama de teléfonos IP con el fin de satisfacer las continuas exigencias y requerimientos de los usuarios.

- Presenta ambientes de sistema operativo basados en implementaciones tanto de Windows como Linux.

Una solución de Cisco Systems que incluye un Call manager y 100 teléfonos IP (de baja gama y costo) cuesta alrededor de los \$80'000.000 de pesos Colombianos (Octubre de 2006).



Figura 21. Servidores Cisco media convergence de la serie 7800

- **Avaya Definity, Magix, Legend y Partner**

Los servidores Avaya Definity ofrecen una solución escalable con la habilidad de crecer sin necesidad de cambiar el sistema de comunicación entero. Ofreciendo una solución completa de comunicaciones con escalabilidad, confiabilidad, seguridad y crecimiento casi ilimitado para pequeñas y medianas empresas.

Los sistemas de la familia definity se clasifican según la capacidad de usuarios soportados de la siguiente manera:

- Avaya Definity server CSI - Hasta 900 Teléfonos IP y 400 troncales.
- Avaya Definity server SI - Hasta 2,400Teléfonos IP y 400 troncales

Los sistemas Merlin Legend de Avaya son diseñados para pequeñas y medianas empresas. Flexible y escalable, los equipos Legend son expandibles hasta 80 líneas y 200 extensiones.



Figura 22. Plantas telefónicas Avaya Definity, Legend y Partner ACS

- **Allied Telesyn iMAP (Plataforma de acceso multiservicio integrada)**

La Plataforma de acceso multiservicio integrada (iMAP) es la única solución de redes en la industria que efectivamente soporta simultáneamente los servicios triple play (voz, video y datos) sobre infraestructuras de cobre y fibra. Las características de los dispositivos iMAP habilitan nuevos servicios tales como VoIP, Video IP, VOD (video sobre demanda) y VPNs de negocios. Usando sus capacidades de alta disponibilidad a través de enlaces de 10Gbps y la tecnología EPSR™ (Ethernet Protection Switching Ring), los equipos iMAP quieren revolucionar las redes convergentes de acceso y distribución. iMAP es tal vez la mejor solución para empresas que estén planeando actualizar sus redes de última milla.

Características principales:

- Utiliza tecnología de 10Gbps para el transporte de voz, video y datos (triple play).
- Módulos removibles en caliente con puertos de cobre y de fibra.
- Módulos integrados tanto xDSL como POTS (Plain old telephone service).
- Características de capa 2 y capa 3 para los servicios manejados.
- Interfaces de red redundantes, rapid spanning tree protocol y agregación de enlaces Gigabit Ethernet.
- Slots Non-Blocking a GbE con crecimiento hasta 10Gbps.
- Tolerancia a fallos mediante enlaces redundantes



Figura 23. Plantas telefónicas iMAP 9700, 9400 y 9100 de Allied Telesyn

Capacidad de suscriptores:

- » Hasta 408 POTS
- » Hasta 408 ADSL2+
- » Hasta 192 POTS/ADSL2+ combo
- » Hasta 136 T1/E1
- » Hasta 408 G.SHDSL
- » Hasta 136 circuitos
- » Hasta 170 10/100 Ethernet

3.1.2 TELÉFONOS IP

Las aplicaciones de los teléfonos IP van desde crear directorios interactivos disponibles en los teléfonos para los usuarios sin necesidad de interactuar con recepcionistas u operadoras, hasta permitir la creación de una clave específica con una contraseña para los operadores de las diferentes extensiones, lo cual asegura que solo la persona que posea la clave podrá realizar llamadas, ayudando a mejorar la eficiencia y logrando cierto ahorro de dinero al evitar que personas no autorizadas realicen llamadas.

TELÉFONOS IP DE CISCO SYSTEMS

Equipo	Características	Precio ¹⁷
<p><u>Cisco IP Phone 7985G</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Video teléfono de escritorio que ofrece comunicaciones cara a cara. • Incorpora todos los componentes requeridos para llamadas VoIP (cámara, pantalla LCD, parlantes, teclado y audífonos) • Puerto Ethernet integrado para conectividad LAN. 	<p>\$ 11'000.000</p>
<p><u>Cisco IP Phone 7971G-GE</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología Gigabit Ethernet para telefonía IP • Pantalla sensible al tacto, de alta resolución de fácil acceso a la información de comunicación, aplicaciones XML. • Puerto Ethernet integrado para conectividad LAN. • Soporte para 802.3af, power over Ethernet (PoE)S o fuente de poder local. • Soporte para el estándar SIP. 	<p>\$ 3'200.000</p>
<p><u>Cisco IP Phone 7970G</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla sensible al tacto, de alta resolución de fácil acceso a la información de comunicación, aplicaciones XML. • Puerto Ethernet integrado para conectividad LAN. • Soporte tanto para el preestandar Cisco como para el IEEE 802.3af PoE (Power over Ethernet) • Soporte para el estándar SIP. 	<p>\$ 1'800.000</p>
<p><u>Cisco IP Phone 7905G</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee 4 botones de guía interactiva. • Soporte para aplicaciones XML en pantalla. • Puerto Ethernet integrado para conectividad LAN. • Indicador de retención de llamadas (Call hold) • Indicador de mensajes y llamadas en espera en el auricular. • Soporte para el estándar SIP. 	<p>\$ 670.000</p>

Tabla 2. Comparación de teléfonos IP de Cisco

¹⁷ Pesos Colombianos. Precios aproximados a octubre de 2006

TELÉFONOS IP DE AVAYA / LUCENT TECHNOLOGIES

Equipo	Características	Precio ¹⁸
<p><u>Teléfono Avaya Merlin Magix 4406D+</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificador de llamadas entrantes • Posee una pantalla de 2 líneas x 16 caracteres, y seis botones de funciones programables • Llamada en Espera, Transferir, en Conferencia, Rediscado, Parlantes y micrófono integrados, para conversación sin auricular, • Funciones de acceso rápido, tales como marcado automático. 	\$ 480.000
<p><u>Teléfono Avaya Merlin Magix 4412D+</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones configurables en 12 botones de acceso rápido. • Cómodos botones al uso y al tacto • Permite conversación manos libres. • Funciones de acceso rápido, tales como marcado automático. 	\$ 750.000
<p><u>Teléfono Avaya 6416D+</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen 16 botones para programar funciones. • Una pantalla inclinada de dos líneas provee una fácil lectura, mostrando, entre otros datos, la fecha, hora e información sobre quien llama. • Selección entre 8 diferentes tonos de repique 	\$1'200.000
<p><u>Avaya 4620 IP Telephone</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee una amplia pantalla grafica. • Registro de llamadas, marcado rápido. • 24 teclas de función programables. • Navegador Web. • Sistema de parlantes y micrófono Full Duplex. • Incluye un switch Ethernet de 2 puertos. 	\$800.000
<p><u>4630 IP Telephone</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla a color, sensible al tacto para acceso y navegación Web. • Seis aplicaciones de telefonía, incluyendo funciones de teléfono, registro de llamadas, marcado rápido, directorio LDAP, correo de voz, y acceso Web. • Incluye un switch Ethernet de 2 puertos. 	\$3'400.000

Tabla 3. Comparación de teléfonos IP de Avaya

¹⁸ Pesos Colombianos. Precios aproximados a octubre de 2006

3.2 SOLUCIÓN II: GATEWAYS DE VOIP EN UN ENTORNO TRADICIONAL

La segunda tendencia precisa del uso de la infraestructura tradicional que ya posee la empresa, a la cual se deben adicionar Gateways de VoIP para lograr la comunicación de VoIP requerida sin necesidad de realizar cambios radicales para la empresa (Ej: Cambio de planta telefónica, adquisición de teléfonos IP).

Los gateways o switches de VoIP se encargan de realizar la conversión de señales de voz a paquetes IP. Estos dispositivos poseen puertos FXS/FXO, lo cual les permite ser conectados a plantas telefónicas tradicionales (PBX) con el fin de extender el rango de acción de la misma, además es posible conectar a dichos gateways teléfonos tradicionales directamente a los puertos FXS, con lo cual es posible realizar llamadas teléfono - teléfono o teléfono – PBX. Mediante estos equipos es posible realizar múltiples configuraciones entre las cuales citamos las siguientes:

3.2.1 Esquema de Comunicación PBX – PBX

Por medio de esta implementación es posible lograr que cada una de las extensiones pertenecientes a una sede puedan comunicarse mediante VoIP con cada una de las extensiones pertenecientes a la sede remota. El escenario funciona como sigue:

- Un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 2001 decide marcar a la extensión 2005 perteneciente a su compañero en el mismo edificio, entonces la llamada es realizada utilizando el servicio de conmutación que proporciona el PBX local.
- Un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 2004 decide realizar una llamada a la extensión 3001 perteneciente a un

funcionario de la empresa en la sede remota, entonces la llamada es controlada por el gateway y establecida a través de la red de datos (WAN o Internet).

- Adicionalmente el escenario permite que los teléfonos de cada una de las sedes se comuniquen con cualquiera de las RTPBC (local o remota), en caso de realizar una llamada a la RTPBC remota equivaldría a realizar una llamada de larga distancia pero sin incurrir en los costos asociados.

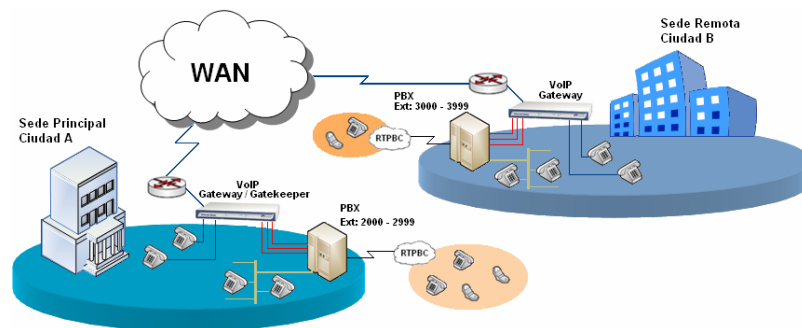


Figura 24. Esquema de Comunicación PBX - PBX

3.2.2 Esquema de Comunicación Extensión de PBX

Por medio de esta implementación es posible lograr que cada uno de los teléfonos directamente conectados al gateway de la sede remota se comporten como si fueran extensiones asociadas al PBX de la sede principal y la comunicación es realizada mediante la red de datos. El escenario funciona como sigue:

- Un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 2001 decide marcar a la extensión 2005 perteneciente a su compañero en el mismo edificio, entonces la llamada es realizada utilizando el servicio de conmutación que proporciona el PBX local.
- Un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 2004

decide realizar una llamada a la extensión 3001 perteneciente a un funcionario de la empresa en la sede remota, entonces la llamada es controlada por el gateway y establecida a través de la red de datos (WAN o Internet).

- Adicionalmente el escenario permite que los teléfonos de la sede remota se comuniquen con la RTPBC remota, lo cual equivale a realizar una llamada de larga distancia sin incurrir en los costos asociados.

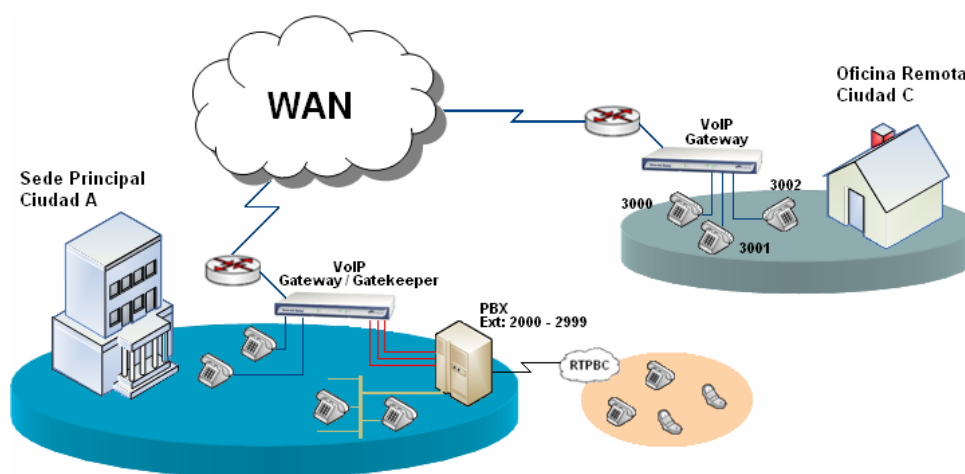


Figura 25. Esquema de Comunicación Extensión de PBX

3.2.3 Esquema de Comunicación teléfono - teléfono

Por medio de ésta implementación es posible lograr que cada una de los teléfonos pertenecientes a una sede puedan comunicarse mediante VoIP con cada uno de los teléfonos pertenecientes a la sede remota.

El escenario funciona de la siguiente manera, un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 101 decide marcar a la extensión 104 perteneciente a un trabajador de la misma sede, entonces la llamada es realizada utilizando el servicio de conmutación que proporciona el Gateway local.

Un usuario de la sede principal cuya extensión asociada es la 104 decide realizar una llamada a la extensión 301 perteneciente a un funcionario de la empresa en la sede remota, entonces la llamada es controlada por el gateway y establecida a través de la red de datos (WAN o Internet).

Para el usuario final, este escenario es equivalente a tener una planta telefónica con pocas extensiones, y para comunicarse con otro teléfono es suficiente con marcar un número (extensión) y la llamada es establecida a través de la red IP.

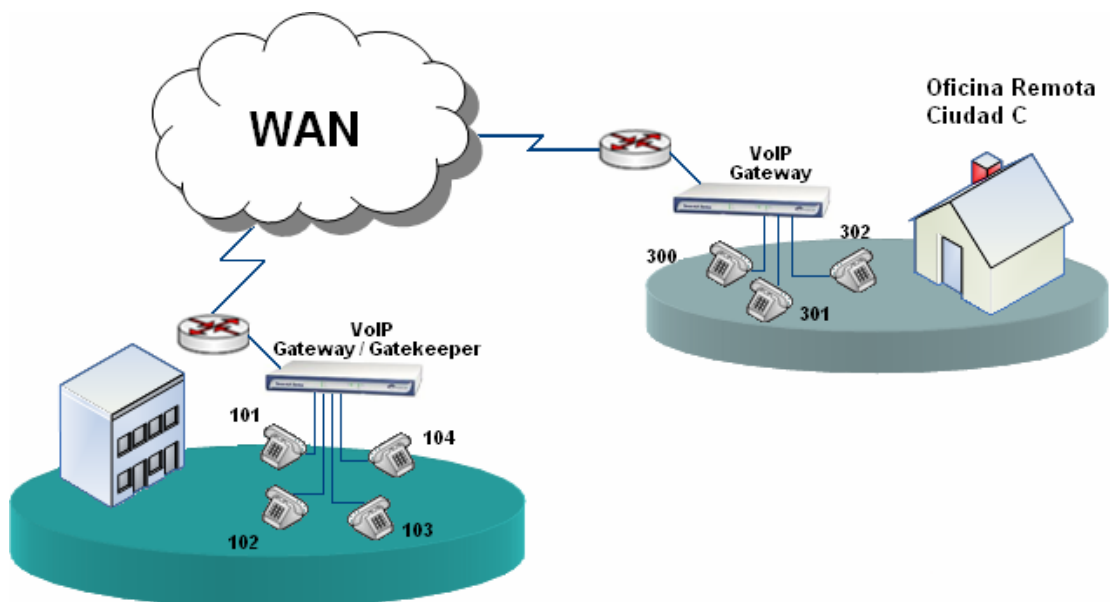


Figura 26. Esquema de Comunicación Teléfono - Teléfono

3.3 GATEWAYS DE VOIP EN EL MERCADO COLOMBIANO

Con base en los escenarios mencionados a continuación se presenta parte de la oferta tecnológica que se encuentra actualmente en el mercado Colombiano:

3.3.1 Quintum Tenor

Los equipos Tenor integran un gateway, un gatekeeper, un enrutador de llamadas inteligente, y el soporte para calidad de servicio en una sola solución. Los equipos Tenor realizan la conexión de la voz a la red de datos a través de una interfaz 10/100 Ethernet, ya sea desde una PBX, un teléfono o la RTPBC.

El Tenor tiene la posibilidad de enrutar inteligentemente llamadas entre PBX, la RTPBC y la red IP, asegurando la mejor relación de costo y calidad.

Al ser una solución de Gateway de VoIP tiene la posibilidad de ser instalado sin necesidad de actualizar la red actual de voz y datos.

Es la única solución que presenta la tecnología PacketSaver (patente pendiente), con la cual reduce el consumo de ancho de banda hasta un 57%, combinando paquetes de varias llamadas en 1 solo paquete minimizando el consumo de ancho de banda debido a las cabeceras de los paquetes enviados.

Todos los productos Quintum poseen en general las mismas características, entre las cuales sobresalen las siguientes:

- 1 puerto LAN (10/100 Base-T)
- Cliente DHCP
- QoS: IP TOS, DiffServ
- Cancelación de eco
- Supresión de silencio
- Compansión por ley A o ley μ

Equipo	Características	Precio ¹⁹
ASG200 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos FXS 	\$ 700.000
ASM200 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos FXS y 2 FXO 	\$ 900.000
ASG400 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 puertos FXS 	\$ 800.000
ASM400 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 puertos FXS y 4 FXO 	\$ 1'400.000
AXM800 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 puertos FXS y 8 FXO 	\$ 3'200.000
AXM1600 	<ul style="list-style-type: none"> • 16 puertos FXS y 16 FXO 	\$ 4'000.000

Tabla 4. Comparación de Gateways de VoIP Quintum

3.3.2 D-Link VoIP Gateways

Los gateways de VoIP de D-Link están desarrollados esencialmente para el mercado SOHO y PyME quienes desean aprovechar las ventajas de la conexión a Internet, y Voz sobre IP usando tan solo un equipo en cada extremo. Debido al bajo costo de las soluciones D-Link, no garantizan una buena relación calidad/ancho de banda consumido, como si lo hacen los equipos Quintum.

Los equipos D-Link pueden ser utilizados con teléfonos convencionales para efectuar llamadas telefónicas a través de Internet. Utilizando su conexión de Banda Ancha existente, los gateways D-Link sólo deben ser conectados a su modem de cable o ADSL.

¹⁹ Pesos Colombianos. Precios aproximados a octubre de 2006

Además algunos equipos de D-Link poseen un switch de 4 puertos incorporado, permitiendo a 4 computadores de la red acceder a Internet con la misma conexión. Además posee características de Firewall para proteger su red de intrusos o hackers.

Equipo	Características	Precio ²⁰
<p>DVG-1402S</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos FXS • 1 puerto WAN para compartir el acceso a Internet • 4 puertos LAN para conexión con la red 	\$ 340.000
<p>DVG-2016S</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 16 puertos FXS • 1 puerto WAN para compartir el acceso a Internet • 1 puerto LAN para conexión con la red 	\$ 440.000
<p>DVG-5004S</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 puertos FXS • 1 puerto WAN para compartir el acceso a Internet • 4 puertos LAN para conexión con la red 	\$ 1'300.000

Tabla 5. Comparación de gateways de VoIP de D-Link

3.4 COMPARACIÓN ENTRE LAS TENDENCIAS

Para realizar esta comparación, se propone un escenario estándar y una posible solución con cada una de las dos tendencias. Se deben tener en cuenta factores tanto técnicos como económicos que permitan obtener cualquier tipo de ventaja representativa de una solución respecto de la otra.

Se desea implementar un sistema de comunicación de voz sobre IP en una empresa dada para realizar llamadas de voz a otra sede que ya posee actualmente el servicio de VoIP. La empresa desea instalar un servicio que le

²⁰ Pesos Colombianos. Precios aproximados a octubre de 2006

permita realizar 4, 8 o 16 llamadas de voz simultáneamente entre las sedes (se deben presentar las 3 cotizaciones). El principal objetivo de la implementación es reducir al mínimo las llamadas de voz de larga distancia entre las sedes, cualquier servicio (diferente al de voz) adicional obtenido por la solución, se considera un valor añadido y es totalmente opcional.

3.4.1 SOLUCIÓN MEDIANTE PLANTA IP Y TELÉFONOS IP

Para cumplir con el escenario propuesto son necesarios básicamente 2 tipos de dispositivos, una planta telefónica que sea la encargada de gestionar todo el proceso de comunicación y los teléfonos IP. En la solución para 16 líneas se escogieron los teléfonos IP más económicos del mercado, para la solución de 8 líneas se escogieron unos de mediano costo y con ciertas prestaciones extra, y finalmente para la solución de menor número de líneas se escogieron teléfonos IP con excelentes características con un precio mayor a los demás, con el fin de abarcar de una mejor manera las capacidades que ofrecen los teléfonos IP.

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Planta telefónica IP. Allied Telesyn iMAP 9700	1	\$ 12'000.000	\$ 12'000.000
2	Teléfono IP. Avaya 4630	4	\$ 3'400.000	\$ 13'600.000
TOTAL				\$ 15'600.000

Tabla 6. Solución para 4 líneas mediante PBX IP

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Planta telefónica IP. Allied Telesyn iMAP 9700	1	\$ 12'000.000	\$ 12'000.000
2	Teléfono IP. Avaya 6416D+	8	\$ 1'200.000	\$ 9'600.000
TOTAL				\$ 21'600.000

Tabla 7. Solución para 8 líneas mediante PBX IP

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Planta telefónica IP. Allied Telesyn iMAP 9700	1	\$ 12'000.000	\$ 12'000.000
2	Teléfono IP. Avaya 4406D+	16	\$ 480.000	\$ 7'680.000
TOTAL				\$ 19'680.000

Tabla 8. Solución para 16 líneas mediante PBX IP

3.4.2 SOLUCIÓN MEDIANTE GATEWAYS DE VOIP Y TELÉFONOS TRADICIONALES

Para cumplir con el escenario propuesto son necesarios básicamente 2 tipos de dispositivos, los Gateways o también llamados Switches de VoIP, encargados de establecer y controlar la comunicación entre los dispositivos finales; y los teléfonos analógicos (teléfono tradicional). Para todas las 3 soluciones se escogieron equipos de Quintum Technologies debido a que son considerados actualmente en el mercado mundial como los líderes en tecnología de Gateways para VoIP.

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Gateway de VoIP. Quintum Tenor ASM400	1	\$ 1'400.000	\$ 1'400.000
2	Teléfono analógico	4	\$ 15.000	\$ 60.000
TOTAL				\$ 1'460.000

Tabla 9. Solución para 4 líneas mediante Gateway de VoIP

Se escogieron los modelos de la serie Multipath de Quintum Tenor (ASM, AXM, etc.), debido a que son los que presentan un mayor potencial de configuración al tener tanto puertos FXS (generalmente para teléfonos o PBX) y los FXO (generalmente para líneas troncales).

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Gateway de VoIP. Quintum Tenor AXM800	1	\$ 3'200.000	\$ 3'200.000
2	Teléfono analógico	8	\$ 15.000	\$ 120.000
TOTAL				\$ 3'320.000

Tabla 10. Solución para 8 líneas mediante Gateway de VoIP

No.	Descripción del Producto	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Gateway de VoIP. Quintum Tenor AXM1600	1	\$ 4'000.000	\$ 4'000.000
2	Teléfono analógico	16	\$ 15.000	\$ 240.000
TOTAL				\$ 4'240.000

Tabla 11. Solución para 16 líneas mediante Gateway de VoIP

3.4.3 COMPARACIÓN TECNOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LAS SOLUCIONES

La primera parte del proceso de comparación consiste en determinar cual de las dos tendencias cumple con las características mencionadas y cual no.

- **Característica:** Punto a comparar, ya sea económico o tecnológico.
- **Tendencia 1:** Utilizando Plantas telefónicas IP y teléfonos IP.
- **Tendencia 2:** Utilizando Gateways de VoIP y teléfonos tradicionales.

Característica	Tendencia 1 (Plantas IP + Teléfonos IP)	Tendencia 2 (Implementación mediante Gateways)
Permite realizar comunicaciones de Voz	✓	✓
Permite realizar comunicaciones de Video	✓	✗
Los usuarios tienen la posibilidad de consultar e-mail desde el teléfono	✓	✗
Los teléfonos poseen navegador Web propio	✓	✗
Soporte para el estándar SIP	✓	✓
Soporte para el estándar H.323	✓	✓

Permite comunicación con la PSTN	✓	✓
Los teléfonos utilizados poseen directorios telefónicos para los usuarios	✓	✗

Tabla 12. Comparación entre las aplicaciones de las dos tendencias

A continuación se presenta una tabla con ciertas características esenciales en las soluciones de VoIP, concluyendo cual de las dos tendencias cumple mejor con los requerimientos.

Característica	Solución más adecuada
En general es la solución más económica	Gateway
Posee más y mejores servicios para el usuario	Teléfono IP
Requiere menor desgaste administrativo	Gateway
Utiliza menor cantidad de direcciones IP	Gateway
Posibilita conversaciones de video	Teléfono IP
Es la más adecuada para pequeñas y medianas empresas	Gateway
Es la más adecuada para empresas de gran envergadura	Teléfono IP
Representa una recuperación de la inversión más rápida	Gateway
Presenta mejores rutinas de compresión de voz	Gateway
Consume menor cantidad de Ancho de Banda por llamada	Gateway
Posee mayor facilidad de expansión	Teléfono IP
El costo de la expansión es menor por línea agregada	Gateway
No requiere capacitación para el usuario final	Gateway
Los usuarios sabrán que la tecnología que se encuentran utilizando es VoIP	Teléfono IP

Tabla 13. Mejor opción de tecnologías según las características deseadas.

Las siguientes son algunas de las conclusiones obtenidas al realizar la comparación entre ambas tendencias:

- Los teléfonos que utiliza la tendencia 2 son más económicos que los necesarios en la tendencia 1.

- En general debido al costo de los teléfonos, la tendencia 2 es mucho más económica que la 1. En la mayoría de los casos en el momento de implementar la tendencia 2, no es necesario realizar la adquisición de los teléfonos, pues la organización ya los posee.
- La tendencia 1 posee una gran ventaja en cuanto a las potencialidades de los teléfonos IP, pues brindan a los usuarios una gran cantidad de valores añadidos que la telefonía tradicional no soporta.
- En casos donde el principal objetivo sea realizar únicamente comunicaciones de voz, la solución más eficiente es utilizar switches (gateways) de VoIP, pues permite realizar eficientemente la comunicación a un costo mucho menor.
- Si la organización no tiene preferencias en cuanto al servicio, pero el requisito para la solución es que sea la más económica, la tendencia 2 (gateways) es la más adecuada.
- Si la organización no tiene preferencias en cuanto al servicio, y no tiene inconvenientes en realizar una mayor inversión en la solución, la tendencia 1 es la más adecuada en cuanto a las capacidades adicionales que presenta a los usuarios.

4 DOCUMENTACION DEL MARCO LEGAL.

El campo legal colombiano de la telefonía IP tiene grandes fallas, pues éste se encuentra dirigido a soportar leyes que existen hace varios años atrás, y solamente día a día realiza adaptaciones para poder de cierta manera alinearse con la tecnología actual.

Es difícil concebir que el sistema de regulación colombiano no esté preparado para el cambio tecnológico que esta viviendo el país, pues la tecnología es un factor que esta ligado directamente al progreso, y si no existe un soporte adecuado para que se logre el desarrollo en este sector. Si el ente encargado del desarrollo de nuevos proyectos tecnológicos no encuentra soporte ni ayuda por parte de la legislación, es muy difícil que se logren cambios en el presente, los cuales repercuten directamente en fallas futuras en el ámbito social, económico y cultural de todo el país.

En este orden de ideas, es importante mencionar que respecto a las tecnologías de voz en la actualidad existe en Colombia una gran competencia por lograr un desarrollo tal, que permita que cada habitante cuente con todos los recursos para que pueda acceder a los servicios que los proveedores pueden ofrecer. En la actualidad los proveedores de servicios de voz tanto local, regional, nacional e internacional se preocupan por acaparar consumidores con el fin de aumentar simplemente sus recursos económicos, y se están olvidando que el consumidor tiene gran cantidad de derechos que están siendo violados al no existir una regulación bien definida que permita diferenciar todos los alcances y todos los servicios que un proveedor nacional o internacional puede brindar en el territorio colombiano.

Para ser mas específicos en el caso de la telefonía IP se presenta un gran déficit de legislación, en primera instancia por que no se ha determinado que tipo de servicio es el que se presta con esta tecnología, es decir, VoIP esta en el mercado Colombiano desde el año 2005 prestando servicios de voz en algunas zonas del país sin contar con que esté definida la forma real como se afecta a los usuarios.

En el escenario internacional así como en el colombiano existe la incertidumbre en la clasificación de VoIP, ya que es posible ubicarlo como un servicio de telecomunicaciones o como un servicio de información. Esta clasificación no se ha realizado debido a que cuando la tecnología nació fue creada como un servicio adicional el cual no tendía un impacto significativo en la sociedad y por lo tanto no era necesaria su regulación, sin embargo en un corto periodo de tiempo, el impacto que ha generado esta tecnología ha sido muy grande y hoy en día es muy difícil comenzar con el proceso regulatorio dados los alcances y la tecnología asociada (en equipos hardware y software) que ha desarrollado VoIP. En este punto es importante aclarar que a pesar de la dificultad que este proceso regulatorio pueda generar, si esta diferenciación no se realiza prontamente se estará permitiendo la aparición de grandes errores al no establecer el impacto real en el mundo de esta tecnología; ya que si VoIP es considerado como servicio de telecomunicaciones este debe ser regulado por organismos estatales que garanticen su funcionamiento y controlen todos los alcances y los efectos sobre los usuarios. Sin embargo, si esta tecnología es considerada como un servicio de información, en la mayoría de los casos estos servicios no son propiamente regulados, sino que son limitados a cumplir con licencias de funcionamiento y control que deben ser adquiridas por el proveedor de el servicio a prestarse.

4.1 Importancia de la Regulación

La regulación adquiere importancia para los reguladores, los operadores y para los usuarios de esta tecnología ya que permite tener en claro la forma como se va a proceder frente a varios aspectos legales en el territorio colombiano.

Para los **operadores** es de gran importancia una regulación de este tipo de servicios ya que permite que se aumente el número de proveedores que quieran participar de diferentes servicios, y al no tener una regulación clara se puede incurrir en una competencia no equitativa donde se de preferencia a operadores

y proveedores que presten servicios sin garantizar calidad en el servicio.

Para los **proveedores** es de gran importancia mantener al margen la creación de una regulación, ya que sin ésta, cada uno de ellos pueden prestar servicios en cualquier parte del mundo y debido al déficit presente en el control de todas las transmisiones de voz, sería muy difícil controlar todos los servicios y la calidad que se le puedan prestar a los usuarios; y si se llegara a descubrir irregularidades por parte de los proveedores, dado que no se tiene una legislación robusta y clara, pues no se podría castigar disciplinaria y legalmente las conductas adversas de estos proveedores.

Otro factor que se ve perjudicado por la falta de regulación son los **Usuarios** ya que cada uno de ellos tiene el derecho de contar con los conocidos servicios de emergencia. Este servicio es obligatorio para todos los proveedores que trabajan en una RTPC, para los cuales existe una exigencia respecto a la prestación de estos servicios donde cada proveedor tenga cobertura, sin embargo debido a la falta de regulación de VoIP, para esta tecnología y para los proveedores que la prestan no es una obligación brindar estos servicios. Esto genera una competencia en desigualdad de condiciones ya que los proveedores de VoIP estarían ahorrando gran cantidad de capital y de recursos, y los proveedores de las RTPC estarían soportando costos adicionales innecesarios.

Otro factor adicional que se ve afectado por la falta de la regulación es el plan de numeración. En la actualidad el plan de numeración es controlado por una entidad regulatoria estatal. Esta entidad esta encargada de designar la forma como va a ser repartida la numeración a lo largo y ancho de la nación; sin embargo, si se revisa la tecnología IP se puede notar que esta no amarra la numeración a límites geográficos, antes por el contrario garantiza una movilidad del usuario con su número a lo largo y ancho de zonas preestablecidas por los proveedores que pueden tener cobertura mundial. Este es otro factor que aumenta las diferencias en la competencia de los diversos proveedores. En particular este es uno de los factores que mas ha demorado la regulación de la tecnología ya que es el que más efectos negativos tiene respecto a los proveedores de la competencia.

Dentro de la importancia de la regulación es necesario destacar que cuando se tienen reglas establecidas que permiten garantizar condiciones equitativas para todos los entes que participan en un proceso o en el desarrollo de un servicio (como es el caso del servicio de transporte de voz) se obtienen resultados satisfactorios pues el usuario que al final de todo es quien paga y espera por ese servicio es el que finalmente se ve favorecido. Sin embargo es necesario hacer la aclaración que así como existen ventajas evidentes de la regulación de la tecnología, existen también desventajas que frenan las conversaciones para determinar la regulación final de esta tecnología.

Dentro de las desventajas sobresalientes que puede presentarse en caso de aprobar una regulación a la telefonía IP se encuentran:

- La regulación generalmente disminuye el despliegue tecnológico, además dificulta el crecimiento de nuevas industrias e impacta directamente a las empresas que generalmente están empezando su globalización ya que deben destinar gran parte de sus recursos (ingresos) en actividades para enfrentar la implementación de nuevas barreras regulatorias. Esto es claro si se analiza que en la actualidad cada proveedor que presta su servicio debe estar en continua actualización de sus sistemas para cumplir con las leyes regulatorias que cambian constantemente. El costo que se debe pagar por estas actualizaciones es muy alto y tiene grandes repercusiones para las empresas y los usuarios de las mismas. Por un lado la empresa debe actualizar los sistemas, si no lo hace el ente regulatorio lo sancionará o en su defecto cancelará su licencia de funcionamiento. Si la empresa invierte en la actualización (dedicando gran parte de sus ganancias a esto) entonces perjudica a los usuarios pues esta empresa para no generar pérdidas debe aumentar en la misma medida los precios de los servicios que presta. El usuario sin tener otra opción debe aumentar el pago por servicios los cuales no mejoran su calidad.
- La regulación trae un atraso en el desarrollo de nuevas tecnologías, ya que se depende de una autorización para la creación y comercialización de

dispositivos acordes con el servicio que se presta. Es decir, si una compañía que presta servicios de VoIP desea desarrollar tecnología en sus propios laboratorios y a su propio ritmo, pues debe estar consiente que a pesar de que sus nuevos productos cumplan con todos los estándares de calidad requeridos y que a pesar de contar con la infraestructura y logística para sacar al mercado herramientas innovadoras que desarrollen cada día mas la tecnología, debe tener en cuenta que si existe una regulación se debe esperar todo el proceso (el cual es muy lento) para que la tecnología aplicada en los nuevos desarrollos sean aprobados. Este proceso de la aprobación genera desgaste tanto para la compañía que esta generando nuevo conocimiento como para los investigadores que dependen de entidades regulatorias para que aprueben su trabajo de manera rápida para poder ofrecer a sus clientes y usuarios servicios adelantados y mas eficientes antes que la competencia pueda hacerlo.

- Otra desventaja es que se gasta mucho dinero y recursos en procesos de legislación y de regulación en cada compañía que decida certificarse para ser autorizado a prestar un servicio determinado. Este dinero se considera pérdida pues es un capital que podría invertirse en investigación y desarrollo, generando beneficios a la empresa y a los usuarios finales.

4.2 Barreras generadas por la falta de regulación

Debido a la falta de reglamentación en el préstamo del servicio de la telefonía IP se pueden presentar los siguientes inconvenientes que frenan el desarrollo de esta tecnología:

- Debido a la carencia de regulación, cada operador que esté o no autorizado para prestar un servicio, utiliza los canales de comunicación de forma indistinta sin tener en cuenta que utiliza canales que están siendo utilizados de forma compartida posiblemente con operadores que prestan el mismo servicio. Es decir, como con la tecnología de VoIP existe gran

cantidad de aplicaciones que se pueden prestar a un usuario final, pues cada una de estas aplicaciones utilizará sus protocolos propietarios o quizás utilizara tecnologías que no son compatibles con otras que estén siendo prestadas en el mismo tiempo y espacio por otro proveedor. Estos inconvenientes de colisiones o de pérdidas de información se deben a que no existe una legislación que delimite los alcances de cada una de las tecnologías que permitan la transmisión de voz. Si existiese una regulación clara pues esto no se presentaría.

- La independencia en la localización y los impactos en los servicios de emergencia son dos factores que requieren de su pronta regulación, esto se debe principalmente a que los usuarios están acostumbrados a un esquema donde la localización geográfica define en gran medida la ubicación espacial de un usuario. En la actualidad si se desea determinar rápidamente el destino de una llamada de emergencia se puede optar por descifrar el indicativo y con este valor se puede hacer una idea general de la posible localización geográfica del receptor. Sin embargo dada la lentitud en el desarrollo de políticas de regulación en este campo, pues no existe en la actualidad un esquema que permita rápidamente a un usuario relacionar una estación que preste servicios de emergencia, puesto que no existe unas reglas que determinen de forma global esos servicios. Si se desea contar con servicios de emergencia en una red determinada se debe contactar al proveedor y con base en sus políticas internas solicitar sean prestados los servicios de emergencia y por lo tanto se puedan solicitar los números a los cuales acceder en caso de una de ellas.
- La seguridad es un factor que requiere la pronta regulación pues los operadores no están estandarizados respecto a las políticas de seguridad que deben utilizar en el transporte de los paquetes de voz. Esto genera que la calidad de servicio no se pueda dar de extremo a extremo y que no se pueda garantizar fiabilidad ni integridad de los datos, ya que en una comunicación con tecnología VoIP los paquetes de voz y de datos viajan indistintamente por las redes conociendo únicamente su origen y destino

sin reparar en el camino que deben atravesar para esto. La falta de regulación influye en que existirán redes seguras e inseguras que permitirán que el servicio no sea prestado con iguales condiciones ni garantías a un usuario final.

- Por ejemplo, si se aplicaran las mismas reglas restrictivas de la telefonía de voz tradicional a las transmisiones de voz hechas por Internet, podríamos ver un enfriamiento en el crecimiento de Internet y de nuevas aplicaciones de comunicaciones basadas en IP.

4.3 Regulación vigente

El servicio de transmisión y comunicación de voz, independientemente de la red que se emplee para su prestación, está regulado por las normas previstas para cada servicio, por tal motivo todos los proveedores y operadores interesados en prestar un determinado servicio empleando tecnología IP deberán obtener la respectiva licencia por medio de la cual se autoriza la prestación del servicio.

Dado que no existe una regulación específica para la prestación de VoIP, la prestación de este tipo de servicios por redes IP deberá hacerse mediante la obtención de una licencia que habilite al operador para prestar servicios de telefonía a terceros, la cual la es expedida por el Ministerio de Comunicaciones, de acuerdo con las normas vigentes (Ley 142 de 1994 y Res. CRT 087 de 1997).

En caso de realizar la comunicación en de redes privadas de telecomunicaciones, se debe tener en cuenta además lo previsto en el Decreto 930 de 2992, en la medida en que no se presta servicio a terceros a través de este tipo de redes.

Teniendo en cuenta esta limitada regulación es importante aclarar que el servicio de VoIP aunque no este reglamentado en Colombia si es lícito su uso, siempre y cuando no se comercialice el servicio a terceras personas.

5 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA VOIP UTILIZANDO EQUIPOS QUINTUM

Debido a las grandes ventajas que posee la tecnología de gateways de VoIP, en especial la desarrollada por Quintum Technologies, se pretende realizar un análisis del funcionamiento y el comportamiento de los equipos bajo ciertas condiciones.

Para realizar las respectivas pruebas de laboratorio, se utilizarán un par de gateways Quintum Tenor ASM200 pertenecientes al laboratorio de redes de datos de la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la UIS.

Se realizaron tres tipos de pruebas con los dispositivos. Las primeras pruebas serán enfocadas hacia el funcionamiento de la VoIP a nivel de protocolos, el segundo análisis intenta determinar el consumo real de ancho de banda de una llamada de VoIP utilizando dichos dispositivos y para finalizar se harán pruebas de calidad de voz para las llamadas realizadas mediante los dispositivos, en presencia de tráfico en la red.

5.1 ANÁLISIS DE PROTOCOLOS

En el escenario utilizado para realizar estas pruebas se plantea la interconexión de los dos gateways quintum Tenor ASM200 mediante un switch. Posteriormente se incluye un PC que hará las veces de estación de monitoreo, la cual tendrá el programa de captura de paquetes en una red conmutada (Ethereal) para analizar el tráfico que circula por el enlace de uno de los gateways. Es necesario configurar la característica conocida como Mirroring de puertos en el switch con el fin de lograr que todo el tráfico que provenga o vaya dirigido hacia uno de los gateways sea copiado (mirror) al puerto asociado a la estación de monitoreo.

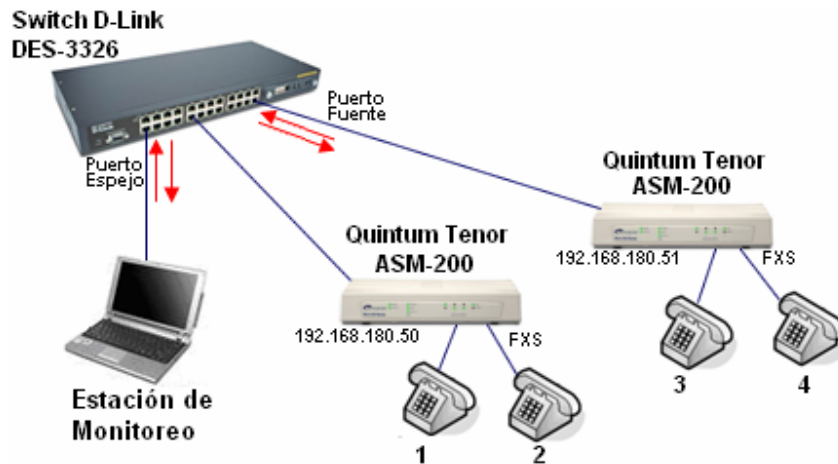


Figura 27. Escenario utilizado para el monitoreo del tráfico de VoIP utilizando un analizador de protocolos

Se realizaron llamadas entre ambos dispositivos de VoIP, encontrando que se utilizan varios protocolos durante el proceso completo de la llamada. El protocolo utilizado para las transmisiones de VoIP en la capa de aplicación es RTP (Real Time Protocol), el cual utiliza UDP como protocolo de capa de aplicación.

724	10.629446	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
725	10.639410	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
726	10.659374	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
727	10.659386	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
728	10.669334	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
729	10.689257	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
730	10.689479	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711
731	10.699470	192.168.180.51	192.168.180.50	RTP	Payload type=ITU-T G.711

```

# Frame 726 (134 bytes on wire, 134 bytes captured)
# Ethernet II, Src: Acrottron_10:1c:de (00:30:e1:10:1c:de), Dst: Acrottron_10:1c:da (00:30:e1:10:1c:da)
# Internet Protocol, Src: 192.168.180.51 (192.168.180.51), Dst: 192.168.180.50 (192.168.180.50)
# User Datagram Protocol, Src Port: 10298 (10298), Dst Port: 10298 (10298)
# Real-Time Transport Protocol
  # [Stream setup by H245 (frame 31)]
    # [Setup frame: 31]
      # [Setup Method: H245]
        10.. .... = Version: RFC 1889 version (2)
        ..0. .... = Padding: False
        ...0 .... = Extension: False
        .... 0000 = Contributing source identifiers count: 0
        0... .... = Marker: False
        Payload type: ITU-T G.711 PCMA (8)
        Sequence number: 264
        Timestamp: 81700
        Synchronization source identifier: 20216
        Payload: 9A878D8D8F8F898F8C8281879B9294EDFEDF4865626B1411...
  
```

Figura 28. Captura de Ethereal de los paquetes de VoIP

Durante el establecimiento de la llamada se necesitan aproximadamente 50

paquetes para generar un solo tono de marcado (1 ring), utilizando un promedio de 2600bytes/seg. Durante esta fase de establecimiento se utilizan los protocolos TCP y H.225 de la siguiente manera:

- Los tres primeros paquetes TCP corresponden al saludo de 3 vías para el establecimiento de la comunicación entre los dispositivos (SYN, SYN+ACK, ACK).
- Los paquetes que utilizan el estándar H.323 (soportado por el protocolo H.225) son utilizados para el envío de información de control y sincronización necesaria para configurar la generación del tono de marcado.
- Se utiliza además el protocolo TCP para enviar las confirmaciones (ACK) para los paquetes de establecimiento de la conexión.

1	0.000000	192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20019 > 1720 [SYN] Seq=0 Ack=0 win=8192 Len=0
2	0.001208	192.168.180.50	192.168.180.51	TCP	1720 > 20019 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=8192 Len=0
3	0.001929	192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20019 > 1720 [ACK] Seq=1 Ack=1 win=8192 Len=0
4	0.048885	192.168.180.51	192.168.180.50	H.225.	CS: setup openLogicalChannel
5	0.061767	192.168.180.50	192.168.180.51	TCP	1720 > 20019 [ACK] Seq=1 Ack=536 win=8192 Len=0
6	0.332220	192.168.180.50	192.168.180.51	H.225.	CS: callProceeding openLogicalChannel
7	0.333666	192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20019 > 1720 [ACK] Seq=536 Ack=116 win=8192 Len=0
8	0.375025	192.168.180.50	192.168.180.51	H.225.	CS: progress openLogicalChannel
9	0.401045	192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20019 > 1720 [ACK] Seq=536 Ack=224 win=8192 Len=0
10	0.494677	192.168.180.50	192.168.180.51	RTP	Payload type=ITU-T G.729, SSRC=19791, Seq=0, Len=181
11	0.515353	192.168.180.50	192.168.180.51	H.225.	CS: alerting openLogicalChannel
12	0.548187	192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20019 > 1720 [ACK] Seq=536 Ack=413 win=8192 Len=0

Frame 6 (181 bytes on wire (145 bytes captured) on interface 0:	
Ethernet II, Src: Acrotron_10:1c:da (00:30:e1:10:1c:da), Dst: Acrotron_10:1c:de (00:30:e1:10:1c:de)	
Internet Protocol, Src: 192.168.180.50 (192.168.180.50), Dst: 192.168.180.51 (192.168.180.51)	
Transmission Control Protocol, Src Port: 1720 (1720), Dst Port: 20019 (20019), Seq: 1, Ack: 536, Len: 115	
TPKT, Version: 3, Length: 115	
Q.931	
H.225.0 CS	
H323_UserInformation	

Figura 29 . Captura de Ethereal del establecimiento de la llamada de VoIP

Ethereal presenta una debilidad al momento de capturar paquetes de VoIP si se inicia la captura después de que la llamada esté iniciada. En este caso, Ethereal no será capaz de decodificar adecuadamente el protocolo de capa de aplicación, en este caso no reconocerá RTP y colocará UDP como protocolo superior y por encima de él solo coloca una etiqueta "Data", como se observa en la figura 30.

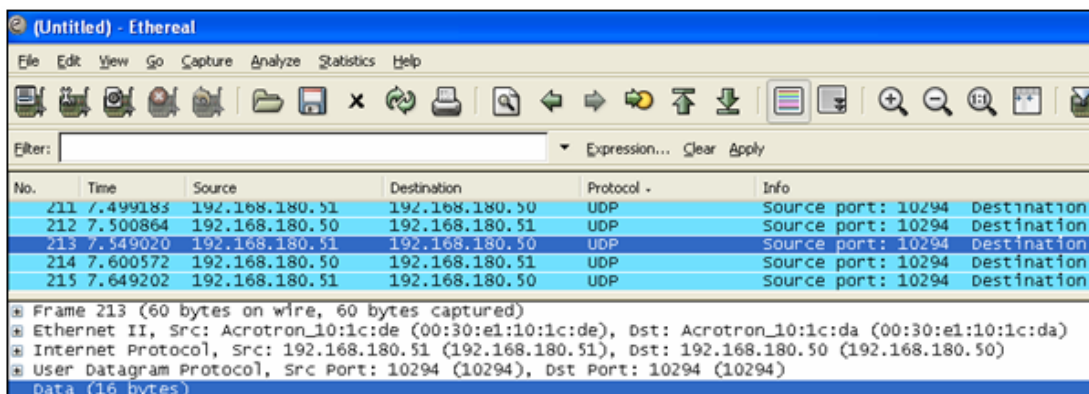


Figura 30. Captura de Ethereal iniciada después de comenzar la conversación de voz

Dependiendo del parámetro llamado Voice Payload Size dado en ms (configurado en los dispositivos Quintum para cada codec de voz), se generan paquetes de mayor tamaño si el valor de este parámetro es mayor, de igual manera, si el valor de éste parámetro disminuye, el tamaño de los paquetes disminuye. La prueba fue realizada utilizando el mismo codec en ambos extremos de la comunicación y variando el tiempo en ms. Ver tabla 4.

Codec	Voice Payload Size [ms]	Tamaño de los paquetes RTP [bytes on wire]
G.711 A-Law 64kbps	10	134
G.711 A-Law 64kbps	20	214
G.711 A-Law 64kbps	30	294
G.729 AB 8kbps	10	60 y 66
G.729 AB 8kbps	20	60 y 74
G.729 AB 8kbps	30	60 y 86
G.729 AB 8kbps	40	60, 74, 86 y 94
G.729 AB 8kbps	50	60, 74, 86, 94 y 106
G.729 AB 8kbps	60	60, 74, 86, 94, 106 y 114
G.729 AB 8kbps	70	60, 74, 86, 94, 106, 114 y 126
G.729 AB 8kbps	80	60, 74, 86, 94, 106, 114, 126 y 134
G.723.1 5.3kbps	30	60 y 78
G.723.1 5.3kbps	60	60, 78 y 102
G.723.1 6.3kbps	30	60 y 78
G.723.1 6.3kbps	60	60, 78 y 102

Tabla 14. Tamaño de paquetes dependiendo del codec y el tamaño de payload utilizado

En las pruebas anteriores al utilizar el codec G.711 Mu-Law 64kbps se obtienen los mismos resultados que con el de la A-Law. Además cabe observar que al utilizar el codec G723.1 se genera una cabecera adicional a la del RTP, llamada G.723.1.

Después de iniciado el tono de marcado se generan paquetes RTP hasta que finaliza la llamada. En la finalización de la llamada se presenta el siguiente flujo de paquetes, en el cual se muestran los paquetes TCP que incluyen el control de la finalización de la conexión (FIN+ACK, ACK):

192.168.180.51	192.168.180.50	H.225.0	CS: releaseComplete
192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20058 > 1720 [FIN, ACK] S
192.168.180.50	192.168.180.51	TCP	1720 > 20058 [ACK] Seq=41
192.168.180.50	192.168.180.51	TCP	1720 > 20058 [ACK] Seq=41
192.168.180.50	192.168.180.51	RTP	Payload type=ITU-T G.729,
192.168.180.50	192.168.180.51	RTP	Payload type=ITU-T G.729,
192.168.180.50	192.168.180.51	RTP	Payload type=ITU-T G.729,
192.168.180.50	192.168.180.51	TCP	1720 > 20058 [FIN, ACK] S
192.168.180.51	192.168.180.50	TCP	20058 > 1720 [ACK] Seq=59

Figura 31. Captura de Ethereal correspondiente a la finalización de la comunicación

5.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO REAL DE ANCHO DE BANDA POR LLAMADA

Como se observa en el siguiente esquema, la interconexión de los dos dispositivos de VoIP es realizada mediante un par de enrutadores; utilizando para ello equipos Cisco de la serie 1700 con un enlace serial simulando el enlace WAN.

El objetivo de utilizar los enrutadores es aprovechar las capacidades de configuración que estos poseen, pues cuentan con una amplia gama de posibles anchos de banda para ser utilizados en el enlace serial, con ello es posible encontrar el punto en el cual la llamada de VoIP llega a un nivel de calidad que ya no se considera adecuado para el servicio, realizando un estrangulamiento progresivo del canal de comunicación que mantiene la llamada de VoIP.



Figura 32. Análisis del consumo de ancho de banda por llamada

Se realizó la configuración de los enrutadores configurando el enlace serial con un valor inicial de 64000 bps. El procedimiento a seguir fue verificar la calidad de la voz y modificar el ancho de banda hasta encontrar el punto en el cual la calidad no es apropiada. Los enrutadores Cisco de la serie 1700 poseen una amplia gama de posibles anchos de banda, utilizando solo los de menores velocidades. En la siguiente figura se muestran los posibles valores de ancho de banda por debajo de 115200 bps.

1200	38400
2400	56000
4800	57600
9600	64000
14400	72000
19200	115200
28800	:
32000	:

Figura 33. Anchos de Banda del Enlace Serial menores a 115200 bps

Los resultados de las pruebas se catalogan según el codec y el tamaño de payload como sigue:

CODEC	ANCHO DE BANDA (bps)	TAMAÑO DE PAYLOAD (ms)	CALIDAD DE LA LLAMADA	TONO DE REPIQUE
G.729AB (8Kbps)	56.000	10	Optima	OK
	38.400		Mala	OK
	28.800	30	Muy Buena	OK
	19.200		Mala	OK
	14.400	80	Buena	OK
	9.600		Deficiente	OK
G.711 A-	115.200	10	Optima	OK

Law y G.711 MU-Law (64Kbps)	38400	30	Mala	OK
	72.000		Muy Buena	OK
	64.000		Mala	Distorsión
G.723 (6.3Kbps)	19.200	30	Optima	OK
	140400		Mala	Distorsión
	14.400	60	Muy Buena	OK
	9.600		Regular	Distorsión
G.723 (5.3Kbps)	19.200	30	Optima	OK
	14.400		Mala	Distorsión
	14.400	60	Optima	OK
	9.600		Regular	Distorsión

Tabla 15. Calidad de la llamada y Tono de marcado dependiendo del codec y el tamaño de payload utilizado

Para la tabla anterior se tienen las siguientes convenciones:

Calidad de la llamada:

- **Optima:** La llamada se caracteriza por presentar una señal donde el receptor percibe la voz claramente. Presenta una intensidad (volumen) adecuado, no presenta interferencias notables (ruido), ni retardos.
- **Muy buena:** Para el receptor la señal presenta una intensidad (volumen) adecuado, no requiere de esfuerzos para percibir la señal, sin embargo se presenta aproximadamente un 10% de distorsión en la Calidad de la voz (se percibe un cambio ligero en el tono de voz del emisor). No presenta retardos.
- **Regular:** Para el receptor la señal de voz se puede percibir aunque presenta un leve retardo. Esto hace que no se realice una comunicación adecuada. Además se presenta aproximadamente un 20% de distorsión de la calidad de la voz.
- **Mala:** El receptor requiere de mucho esfuerzo para comprender el mensaje, la señal presenta retardos, la intensidad (Volumen) es muy baja, además se presenta aproximadamente un 50% de

distorsión. Bajo estas condiciones no es posible realizar una conversación adecuadamente.

Tono de Marcado:

- **OK:** El tono de marcado es claro, preciso, no presenta retardos.
- **Distorsión:** El tono de marcado presenta un retardo considerable, ruido y distorsión de un 30% aproximadamente.

Al realizar las capturas de los paquetes utilizando el codec G.723 5.3kbps a 60ms (uno de los casos más favorable junto con el G.723 6.3kbps a 60ms), se logra obtener un valor aproximado de consumo de ancho de banda por llamada mediante las estadísticas de Ethereal, obteniendo un promedio de bytes por segundo en la captura de 1755,299 bytes/seg²¹, equivalentes a 13.71kbps, lo cual está acorde con los resultados anteriores, donde para un ancho de canal de 14400 la calidad de la voz era óptima pero en 9600 se presentaban retardos y una disminución de la calidad de la voz.

5.3 ANÁLISIS DE CALIDAD DE VOZ EN PRESENCIA DE TRÁFICO

El objetivo fundamental de estas pruebas es determinar el comportamiento de los dispositivos de VoIP en una red en presencia de tráfico. Para ello es posible realizar 2 esquemas de interconexión, el primero consiste en ubicar un Hub en medio del canal de comunicación por donde viaja la VoIP y el segundo consiste en utilizar un switch brindando prioridad a los paquetes de voz, asegurando la calidad de servicio necesaria para la adecuada transmisión de la VoIP.

Las pruebas son realizadas con un ancho de banda de 14400 bps en el enlace

²¹ Sin tener en cuenta el inicio de la llamada y realizando una llamada sin espacios de silencio.

serial, y utilizando un códec que presente un óptimo funcionamiento con este enlace (G.723 5.3kbps con 60ms de payload).

5.3.1 Evaluación de la calidad de la voz sobre IP en una red con tráfico adicional

En la primera forma de interconexión, se conecta una estación generadora de paquetes a un Hub que se encuentra interpuesto en medio de la comunicación entre el enrutador y el gateway, de esta manera el dispositivo de VoIP se verá forzado a utilizar sus algoritmos de control de acceso al medio para poder enviar los paquetes. En este entorno tenemos la certeza de que se producen colisiones entre los paquetes generados por la estación y los paquetes producidos por el gateway, el objetivo es percibir los efectos que este suceso trae sobre la comunicación de voz sobre IP.



Figura 34. Repercusiones del tráfico en la red sobre la calidad de voz. Caso 1: Colisiones en la red

Para visualizar el efecto de introducir colisiones en la red se efectúa un ping desde la estación generadora con dirección IP 192.168.180.13 (Host) hacia la interfaz 192.168.190.51 (Quintum). En este escenario tanto la estación generadora como el gateway de VoIP deben utilizar el control de acceso al medio CSMA/CD para evitar la pérdida de paquetes en la transmisión.

En esta primera prueba se realizó el envío de paquetes de ping con un tamaño de 32 bytes, apreciando un aumento considerable en el tiempo de respuesta de los paquetes de ping. Este efecto es debido a la suma de dos efectos, el primero es la preferencia que da el enrutador a los paquetes de voz sobre los paquetes de

ping debido a la calidad de servicio que presta, y el segundo es debido a que la alta rata de transmisión de paquetes de VoIP obliga a la estación generadora a esperar un tiempo mayor para poder realizar el envío de sus paquetes por el medio.

Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	← Paquetes de Ping
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
<u>Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=77ms TTL=62</u>	← Timbre de marcado
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=108ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=148ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=145ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=110ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=262ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=236ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=146ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=160ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=199ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=176ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=180ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=193ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=300ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=426ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=397ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=426ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=300ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=348ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=477ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=426ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=587ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=729ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=834ms TTL=62	
<u>Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=370ms TTL=62</u>	← Finalización de la llamada
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=84ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	
Respuesta desde 192.168.190.51: bytes=32 tiempo=78ms TTL=62	

Figura 35. Aumento del tiempo de respuesta de los paquetes de ping debido a la calidad de servicio del Enrutador Cisco 1700

En la figura 35 se puede observar que las primeras respuestas del ping obtenidas tienen como promedio un tiempo de 78ms, correspondientes a la respuesta dada cuando solo se generan paquetes de ping. Al momento de generar el timbre de marcado de la llamada se obtiene un tiempo de respuesta de los paquetes de ping de aproximadamente 180ms. Posteriormente, cuando se genera una conversación el tiempo puede llegar en promedio a 450ms. Finalmente, en el momento de terminar la llamada, es decir que solo se generan paquetes de ping, el tiempo registrado retoma valores con promedio de 78ms.

5.3.2 Evaluación de la calidad de la voz sobre IP en una red con calidad de servicio de extremo a extremo

Para realizar estas pruebas se conecta la estación generadora de paquetes a un puerto del switch que se encarga de realizar la comunicación entre el dispositivo de VoIP y el enrutador. En este entorno tenemos la certeza de que no se producen colisiones y que los paquetes enviados por el gateway llegarán sin inconvenientes al switch.

En este entorno la voz sobre IP se puede ver afectada por la latencia presentada en el switch que en algunas ocasiones verá la necesidad de hacer esperar los paquetes de VoIP para ser transmitidos hacia el enrutador, quien también agregará un poco más de latencia debida al mismo fenómeno. Tanto en el switch como en el enrutador se presenta latencia debida a la cantidad de paquetes que deben entregar al destino, aunque al configurar opciones de calidad de servicio y priorización de paquetes no se evidencia este fenómeno pues siempre realiza como primera entrega los paquetes de voz haciendo esperar a los demás paquetes.

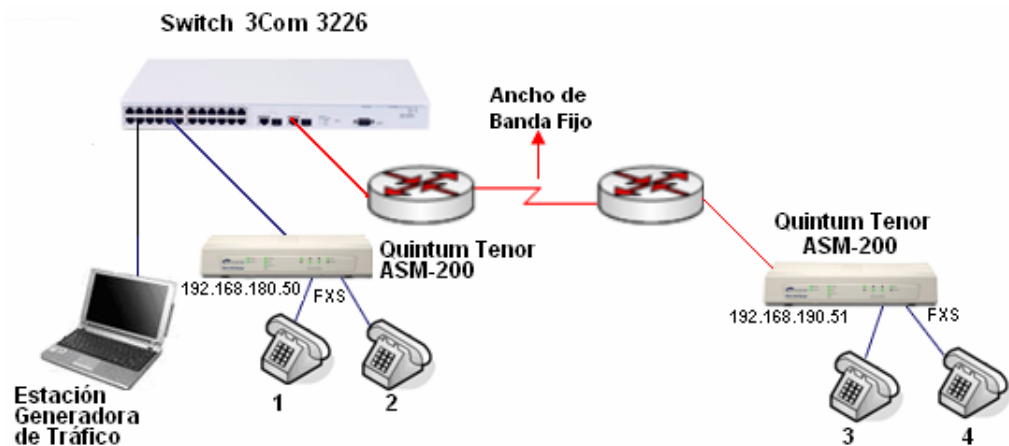


Figura 37. Repercusiones del tráfico en la red sobre la calidad de voz. Caso 2: Latencia en la red

Realizando un análisis de los paquetes se encontró que el DSCP²² que utilizan los

²² De sus siglas en inglés, Differentiated Services CodePoint

dispositivos de quintum es el número 44 (0x2C), con este dato se pudo realizar la configuración adecuada de las opciones de QoS (Calidad de Servicio) del switch para darle mayor prioridad a los paquetes de voz.

```
⊕ Frame 27 (134 bytes on wire, 134 bytes captured)
⊕ Ethernet II, Src: Acrottron_10:1c:de (00:30:e1:10:1c:de), Dst: Acrottron_10:1c:da (00:30:e1:10:1c:da)
⊖ Internet Protocol, Src: 192.168.180.51 (192.168.180.51), Dst: 192.168.180.50 (192.168.180.50)
  Version: 4
  Header length: 20 bytes
  ⊖ Differentiated Services Field: 0xb0 (DSCP 0x2c: Unknown DSCP; ECN: 0x00)
    1011 00.. = Differentiated Services Codepoint: Unknown (0x2c)
    .... ..0. = ECN-Capable Transport (ECT): 0
    .... ...0 = ECN-CE: 0
  Total Length: 120
  Identification: 0x0000 (0)
  ⊕ Flags: 0x00
  Fragment offset: 0
  Time to live: 128
  Protocol: UDP (0x11)
  Header checksum: 0x500e [correct]
  Source: 192.168.180.51 (192.168.180.51)
  Destination: 192.168.180.50 (192.168.180.50)
```

Figura 38. Captura de Ethereal en al cual se evidencia el valor del DSCP para los paquetes producidos por los equipos quintum

En el esquema de interconexión propuesto se configuran los dispositivos (Enrutadores y Switch) de tal forma que se garantiza una Calidad de servicio de extremo a extremo. En el switch 3Com se realizó la configuración de la calidad de servicio agregando un valor de prioridad de 6 al DSCP número 44. Esta prioridad puede ser entendida observando la figura 39 donde se presentan los niveles de servicio de un switch. Estos niveles están distribuidos con una prioridad que toma valores de 0 a 7 (7 Corresponde al nivel de mayor prioridad y 0 al nivel de menor prioridad). Para el caso específico de esta configuración al establecer una calidad de servicio con valor de 6, se esta dando una prioridad alta al servicio de voz, esto permite que los paquetes que tienen esta prioridad pasen directamente a una posición privilegiada en la distribución de tráfico realizada por el switch.

La distribución de tráfico del switch es realizada específicamente mediante colas. Estas colas distribuyen el tráfico de paquetes a la salida del switch, y dependiendo de la prioridad de la cola donde se ubique el paquete, este será direccionado más o menos rápido. Las colas están clasificadas entre los valores 1 a 4 (4 Corresponde a la cola de mayor prioridad y 1 a la cola de menor

prioridad). Se puede observar en la gráfica que los paquetes con prioridad 6 pasan directamente a la cola 4 es decir a la cola de alta prioridad, para lograr al finalizar su recorrido su direccionamiento eficaz y rápido hacia el puerto de salida del Switch.

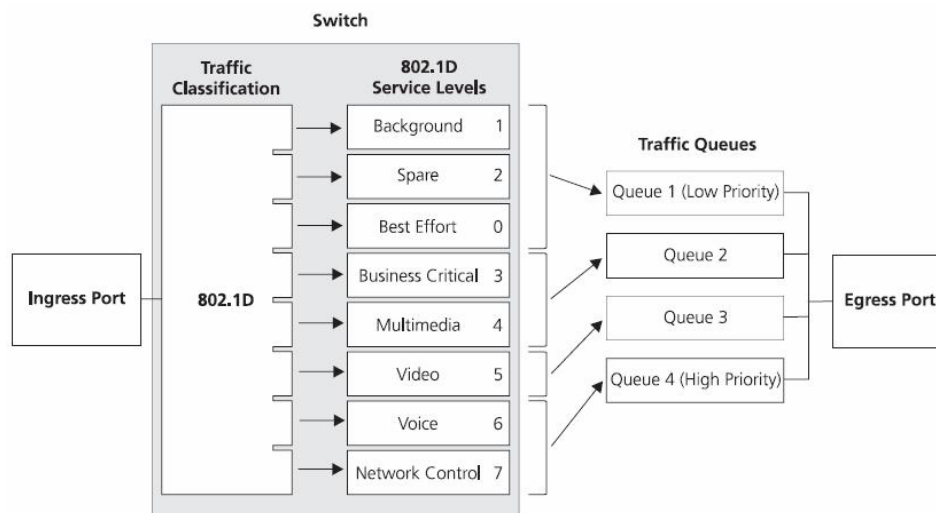


Figura 39. Distribución de prioridad de los niveles de servicio y de las colas en un switch 3com. ²³

Con un ancho de banda de 14.400bps en el enrutador se obtiene una buena calidad en la transmisión de voz y una disminución en la transferencia de datos cuando se envían estas dos tipos de paquetes al mismo tiempo. En este caso se utilizaron paquetes de 1.500bytes enviando una cantidad mayor que en el caso anterior.

Se presenta un comportamiento similar al observado en las pruebas anteriores. Los paquetes de ping presentan un aumento en el retardo y en algunas ocasiones superan el tiempo estimado y no pueden ser entregados. Pese a la calidad de servicio implementada se sigue presentando un ligero retardo en la conversación, es decir, realizando la comparación con otras pruebas realizadas en el laboratorio, se requiere de una cantidad de tiempo superior para recibir la señal,

²³ Gráfica tomada de SuperStack® 3 Switch 3226 and Switch 3250 Implementation Guide

sin embargo este retardo es esperado debido al poco ancho de banda utilizado en el enlace y al aumento de tráfico en la red.

Al realizar las mismas pruebas aumentando el ancho de banda del canal a 56kbps se obtuvo una calidad de voz excelente con un retardo imperceptible. Los paquetes de ping generados fueron enviados en su totalidad junto con los paquetes de voz. Gracias a la calidad de servicio configurada en la red se garantizó que los paquetes de voz se enviaran en su totalidad y sin retardos.

CONCLUSIONES

- En los servicios de telecomunicaciones y en el caso específico de VoIP, existe una gran deficiencia en la regulación (por no decir que casi no existe). Esta falta de lineamientos que delimiten los alcances de los servicios y de las aplicaciones genera fallas desde la concepción del mismo servicio (ya que cada proveedor no está obligado a prestar una cantidad definida de servicios) hasta el punto que no se garantiza una calidad de servicio de extremo a extremo en la red donde se está trabajando.
- La regulación permite que los usuarios obtengan beneficios adicionales a los ofrecidos inicialmente por el proveedor, por ejemplo, con una regulación es posible reglamentar los servicios de emergencia y los servicios universales que solo son prestados por los operadores y por los proveedores cuando existe un compromiso legal.
- Con la regulación se puede garantizar una óptima interoperabilidad entre los diversos dispositivos activos que utilicen en la red sin reparar en el fabricante.
- Actualmente en Colombia se encuentran principalmente dos tendencias en el uso de la VoIP, utilizar teléfonos IP o utilizar teléfonos tradicionales adaptados a la red IP por medio de gateways. Económicamente hablando el segundo caso es más favorable para las empresas, pues se obtiene la mejor relación costo-beneficio. Al no utilizar teléfonos IP se pierden las potencialidades que estos ofrecen a los usuarios, pero se logra la solución requerida a un costo mucho menor.
- En cuanto a escalabilidad de las soluciones, se obtiene mayor facilidad con un sistema basado en teléfonos IP, pues es posible seguir agregando teléfonos a la red sin cambiar en gran medida la infraestructura actual. Esto sin tener en cuenta que los costos asociados a cada teléfono IP son similares a los de un gateway que soporta varias líneas.

- Los resultados de los análisis realizados en las pruebas de laboratorio muestran que el consumo de ancho de banda en las llamadas de VoIP fue menor para los codecs G.723 5.3kbps y G.723 6.3kbps, siendo los que presentaron una mejor calidad de voz para anchos de banda de canal muy pequeños (Ej: 9600 bps). Los demás codecs no soportaban tan poco ancho de banda o presentaban mayor distorsión en la comunicación. De este resultado se deriva que los equipos Quintum presentan una posible configuración en la cual el consumo de ancho de banda es muy bajo, dando la posibilidad de generar llamadas de VoIP en empresas que posean poco ancho de banda para sus enlaces, por ejemplo con un enlace de ancho de banda 64 kbps sería posible mantener entre 5 y 6 conversaciones simultáneas de voz mediante el codec G.723.
- De acuerdo a las pruebas realizadas en el laboratorio se encontró que el valor exacto del consumo real de ancho de banda de los equipos no pudo ser obtenido mediante el método de estrangulación del canal entre los enrutadores debido a la falta de resolución en el ancho de banda de los mismos. Por lo cual fue necesario valerse de la herramienta de estadísticas de ethereal, encontrando un valor mínimo de 13,71 kbps utilizando el codec G.723 5.3kbps.
- Es necesario resaltar que en las pruebas realizadas, el valor de consumo real de ancho de banda fue un promedio de varias medidas, en la realidad puede estar un poco por encima o por debajo del valor presentado, dependiendo también de la red donde se encuentre implementado. Este enunciado indica que los valores aquí presentados no deben tomarse como valores exactos sino más bien referencias importantes en el momento de diseñar una red de voz sobre IP.
- En las pruebas realizadas en el laboratorio fueron implementadas políticas de calidad de servicio, siendo posible comprobar la importancia de ello en las redes de VoIP. Al configurar calidad de servicio de extremo a extremo en la red, se garantiza que los paquetes de VoIP tendrán preferencia por encima de los paquetes de datos, logrando una mayor calidad en las conversaciones. Es altamente recomendable que todas las implementaciones de voz sobre IP vayan acompañadas por las debidas políticas de calidad de servicio, garantizando así el

adecuado funcionamiento de la comunicación. En Colombia es usual encontrar implementaciones con calidad de servicio en los switches de Core, en los switches de distribución y además en los enrutadores de borde, siendo necesario que el proveedor de servicios de Internet garantice al cliente la debida configuración de calidad de servicio en el enlace contratado, logrando que la calidad de servicio sea realizada de extremo a extremo.

BIBLIOGRAFÍA

- Serie de cuadernillos numero 2, VoIP. Ministerio de Comunicaciones República de Colombia.
- Manuales de configuración de dispositivos Quintum Tenor AS series. Descargados de <http://www.quintum.com>
- <http://www.mincomunicaciones.gov.co>
- <http://www.ehas.org/intranet/tecnologia/VoIP/vodafone/html/x598.html>
- <http://www.fcc.gov/voip/>
- <http://www.martesfinanciero.com/history/2004/09/28/columna/nacionales/4.shtml>
- <http://www.cisco.com/global/MX/index.shtml>
- <http://www.avaya.com/>
- <http://www.alliedtelesyn.com/>
- <http://www.siemens.com/>
- <http://www.cintel.org.co/noticia.php3?nt=3855>
- <http://www.emtelsa.com.co/>
- <http://www.presidencia.gov.co/ministerios/comunicacion.htm>
- <http://www.normatividadantenas.gov.co/>
- <http://voip.bankoi.com/index.htm>
- <http://www.superservicios.gov.co/index.htm>
- <http://www.usergioarboleda.edu.co/telecomunicaciones/index.htm>
- <http://www.ccit.org.co/www/htm/descargas/documentos/vozipjun2004.pdf>
- <http://www.uexternado.edu.co/noticias/pdf/telecomunicaciones/Mincomunicaciones.pdf>

ANEXO A

Las siguientes fotografías representan los escenarios utilizados para las pruebas de laboratorio de VoIP. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de redes de datos de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.

A.1. EQUIPOS UTILIZADOS

Las siguientes fotografías muestran los equipos utilizados en las pruebas.



Fotografía 1. Teléfonos tradicionales y Equipos Quintum Tenor ASM-200.



Fotografía 2. HUB Argent Branch



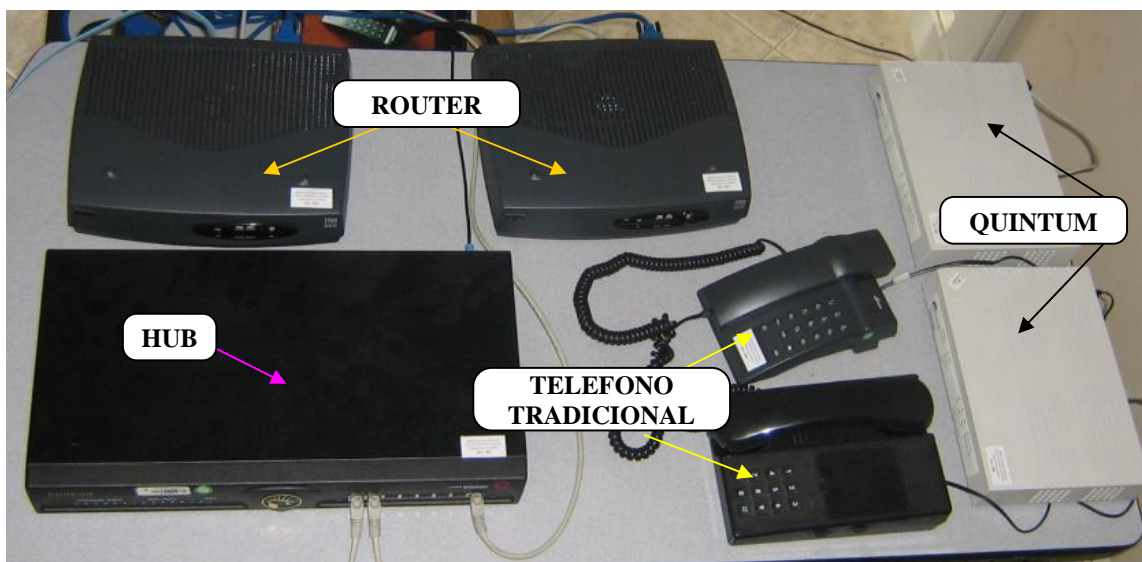
Fotografía 4. Switch 3Com 3226



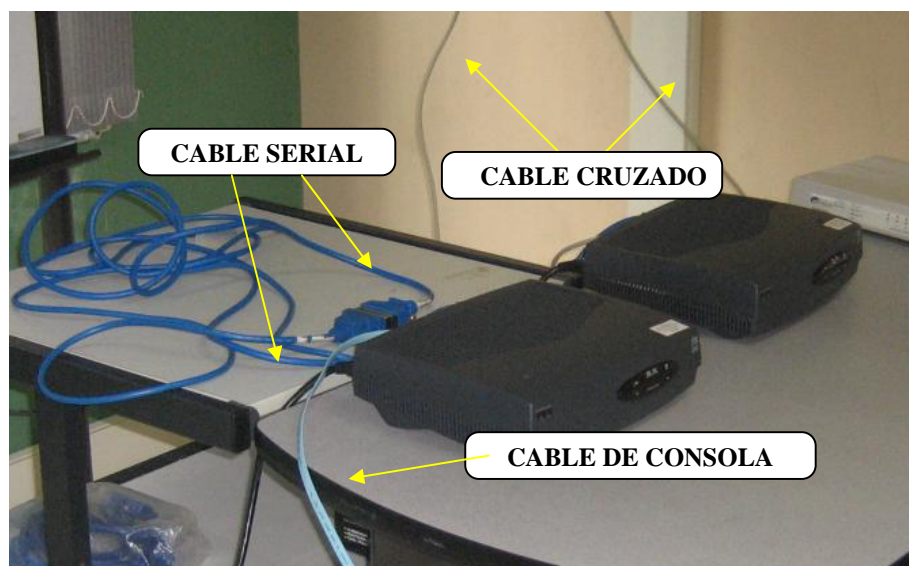
Fotografía 3. Routers Cisco de la serie 1700

A.2. RECONOCIMIENTO DE LOS ELEMENTOS DENTRO DE UN MONTAJE

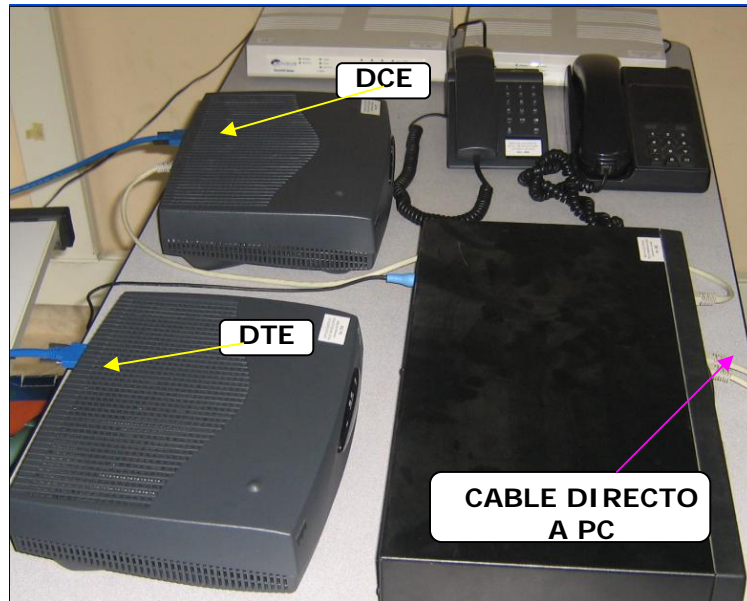
Las fotografías siguientes muestran cada uno de los elementos dentro de los montajes realizados. Además muestra detalles específicos de los montajes.



Fotografía 4. Reconocimiento de equipos dentro del escenario



Fotografía 5. Interconexiones.



Fotografía 6. Interconexiones 2.



Fotografía 6. Interconexiones 3.