



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

## **FACTIBILIDAD DE MIGRAR *PBX* CONVENCIONAL A *PBX-IP***

**Félix Antonio Velásquez Bravo**

Asesorado por el Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar

Guatemala, febrero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FACTIBILIDAD DE MIGRAR *PBX* CONVENCIONAL A *PBX-IP***

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**FÉLIX ANTONIO VELÁSQUEZ BRAVO**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EDUARDO GUZMÁN SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Antonio De León Escobar
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González Lopez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**FACTIBILIDAD DE MIGRAR *PBX* CONVENCIONAL A *PBX-IP***

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 14 de julio de 2009.



Félix Antonio Velásquez Bravo

Guatemala, 04 de agosto de 2011

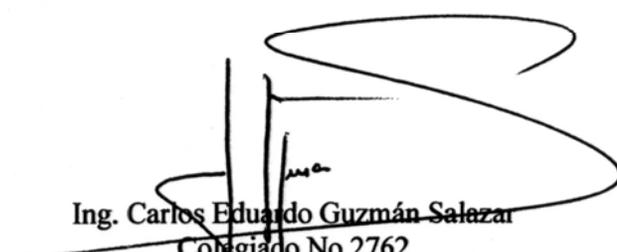
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

Por este medio hago de su conocimiento que he asesorado y validado el presente trabajo de graduación titulado **"FACTIBILIDAD DE MIGRAR PBX CONVENCIONAL A PBX-IP"**, desarrollado por el estudiante Félix Antonio Velásquez Bravo con base a la revisión y corrección de dicho trabajo, considero que ha alcanzado los objetivos propuestos por los cuales el estudiante y mi persona nos hacemos responsables del contenido de este mismo.

Sin otro particular, me suscribo a usted.

Atentamente



Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Colgado No 2762

**CARLOS GUZMAN SALAZAR**  
Ingeniero Electricista  
Col. No. 2762



Ref. EIME 79. 2011  
Guatemala, 17 de OCTUBRE 2011.

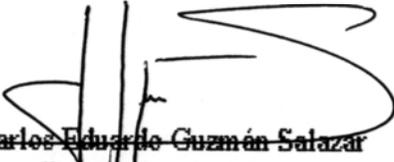
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
"FACTIBILIDAD DE MIGRAR PBX CONVENCIONAL A PBX-  
IP", del estudiante Félix Antonio Velásquez Bravo, que cumple  
con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador de Electrónica

CEGS /sro





REF. EIME 72. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; FÉLIX ANTONIO VELÁSQUEZ BRAVO titulado: "FACTIBILIDAD DE MIGRAR PBX CONVENCIONAL A PBX-IP", procede a la autorización del mismo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guillermo Antonio Puente Romero'.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 2 DE NOVIEMBRE 2,011.



DTG. 084.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **FACTIBILIDAD DE MIGRAR PBX CONVENCIONAL A PBX-IP**, presentado por el estudiante universitario **Félix Antonio Velásquez Bravo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 23 de febrero de 2012.



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por sus bendiciones y su amor eterno.

**Mis padres**

Mi padre Félix Antonio Velásquez Gómez, por ser mi apoyo incondicional, a mi madre Arminda Alicia Bravo González (q.e.p.d.), por su amor y ayuda. A ellos por ser la fuente de mi inspiración dedico este triunfo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por estar siempre presente en todas partes, escucharme y brindarme de su amor en los momentos más difíciles de mi vida.
- Mis padres** Félix Antonio Velásquez Gómez y Arminda Alicia Bravo González de Velásquez (q.e.p.d.), por su amor y ayuda incondicional en todos los momentos de mi vida.
- Mis hermanos** Maily Danira, Belgin Paolo, y Marlon David Velásquez Bravo, por su cariño y consejos.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la oportunidad de adquirir conocimientos y otorgarme un título universitario.
- Asesor de tesis** Ing. Carlos Guzmán, por su ayuda en la elaboración del trabajo de graduación.
- Mis amigos** Por su amistad y estar presente en estos momentos.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS .....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. TELEFONÍA TRADICIONAL .....	1
1.1. Fundamentos .....	1
1.1.1. Componentes básicos de una red telefónica.....	1
1.1.2. Oficina central de conmutación .....	3
1.1.3. Sistema de una oficina central de conmutación .....	6
1.1.4. Sistemas de conmutación privados .....	6
1.1.5. Señalización de llamada.....	9
1.1.5.1. Señalización de supervisión .....	10
1.1.5.2. Señalización de la dirección.....	11
1.1.5.3. Señalización de información .....	12
1.1.6. Multiplexación .....	13
1.1.7. <i>PSTN</i> .....	14
1.1.8. Técnicas de conmutación .....	15
1.1.8.1. Conmutación de circuitos.....	16
1.1.8.2. Conmutación de mensajes.....	18
1.1.8.3. Conmutación de paquetes .....	20
1.2. Fundamentos de <i>PBX</i> .....	21
1.2.1. Descripción .....	22
1.2.2. Arquitectura del <i>PBX</i> .....	24

1.2.3.	Funcionalidades del <i>PBX</i> .....	25
1.2.4.	Marcas y modelos de <i>PBX</i> 's.....	27
1.2.5.	Tipos de enlaces .....	29
1.2.6.	Conexiones analógicas vs. digitales.....	30
1.2.7.	Conexión digital E1 R2.....	30
1.2.8.	Tendencias actuales del sistema telefónico <i>PBX</i> .....	31
2.	TELEFONÍA <i>IP</i> .....	33
2.1.	Protocolos.....	34
2.1.1.	Señalización .....	34
2.1.1.1.	<i>SIP</i> .....	35
2.1.1.2.	H.323.....	39
2.1.1.2.1.	Componentes de H.323 .....	40
2.1.1.2.2.	Protocolos especificados por H.323 .....	43
2.1.1.3.	<i>MGCP</i> .....	44
2.1.1.4.	Comparación entre protocolos de señalización.....	45
2.1.2.	Enrutamiento .....	46
2.1.2.1.	<i>RTCP</i> .....	46
2.1.3.	Transporte.....	47
2.2.	Codecs .....	47
2.3.	Seguridad.....	49
2.3.1.	Calidad de servicio .....	51
2.4.	Evolución de arquitectura de la telefonía <i>IP</i> .....	52
2.4.1.	Fase inicial.....	52
2.4.2.	Fase intermedia .....	53
2.4.3.	Fase de consolidación.....	55
2.5.	Ventajas e inconvenientes de usar telefonía <i>IP</i> .....	56
2.6.	Planificación e implementación de sistemas de telefonía <i>IP</i> .....	58
2.6.1.	Requisitos de red para el sistema de voz de alta calidad.....	58

2.6.2.	Lista de control para la evaluación e implementación de telefonía <i>IP</i> .....	60
3.	<i>PBX-IP</i> .....	63
3.1.	Fundamentos del <i>PBX-IP</i> .....	63
3.1.1.	Características del <i>PBX-IP</i> .....	64
3.1.2.	Diferencia entre sistemas <i>PBX-IP</i> y los <i>PBX</i> convencionales .....	65
3.1.3.	Tipos de <i>PBX-IP</i> .....	66
3.1.3.1.	<i>PBX-IP</i> .....	67
3.1.3.2.	<i>PBX-IP</i> híbridos .....	68
3.1.3.3.	Centrex <i>IP</i> .....	69
3.2.	Implementación del <i>PBX-IP</i> .....	70
3.2.1.	Requisitos técnicos mínimos.....	70
3.2.2.	Equipos <i>PBX-IP</i> .....	71
3.2.3.	Teléfonos <i>IP</i> .....	75
3.2.4.	<i>Softphones</i> .....	76
3.2.5.	Mensajería unificada .....	77
3.2.5.1.	Características .....	77
3.2.5.2.	Funcionalidades .....	78
3.2.6.	<i>IVR</i> .....	78
3.2.6.1.	Componentes.....	78
3.2.6.2.	Usos prácticos del <i>IVR</i> .....	79
3.3.	Análisis Costos-Beneficio.....	81
3.3.1.	<i>Cash Flow</i> .....	83
3.3.2.	Ventajas económicas .....	89
3.4.	Tecnología a largo plazo .....	90
3.5.	Lineamiento para la migración del <i>PBX</i> convencional al <i>PBX-IP</i> .....	91
3.5.1.	Condiciones del punto de partir .....	91
3.5.2.	Crecimiento .....	92
3.5.3.	Estado final totalmente <i>IP</i> .....	92

CONCLUSIONES .....95  
RECOMENDACIONES .....97  
BIBLIOGRAFÍA.....99

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Componentes básicos de una red telefónica.....	2
2.	Oficina central de conmutación o <i>CO Switch</i> .....	4
3.	Proceso de una llamada básica.....	9
4.	Ejemplo general de estructura de la <i>PSTN</i> .....	14
5.	Mecanismo de la conmutación de circuitos .....	17
6.	Mecanismo de la conmutación de mensaje.....	19
7.	Mecanismo de la conmutación de paquetes.....	20
8.	Ejemplo de <i>PBXM</i> y <i>PBX</i> automático.....	23
9.	Arquitectura básica de un <i>PBX</i> tradicional .....	24
10.	Ejemplo de conexión E1 R2 / <i>PRI</i> a la red pública.....	31
11.	Canales de comunicación de señales y de voz.....	35
12.	Red H.323 Cisco Systems .....	40
13.	Fase inicial de telefonía <i>IP</i> .....	53
14.	Fase intermedia de telefonía <i>IP</i> .....	54
15.	Fase de consolidación de telefonía <i>IP</i> .....	55
16.	Configuración de <i>PBX-IP</i> .....	67
17.	Configuración de <i>PBX-IP</i> híbrido.....	68
18.	Ejemplo de estado final totalmente <i>IP</i> .....	93

## TABLAS

I.	Flujo de corriente en un teléfono típico .....	5
II.	Comparación entre <i>PBX</i> y Key System .....	8
III.	Comparación entre protocolos de señalización .....	45
IV.	Costos entre tarifas de telefonía <i>IP</i> y telefonía normal.....	85
V.	Factura mensual por consumo telefónico .....	86
VI.	Equipo Alcatel .....	87
VII.	Flujo de Caja.....	88

## GLOSARIO

- ATA** *Analog telephone adapter*, tiene al menos un puerto telefónico *FXS* utilizado para conectar un teléfono convencional con un servidor de voz sobre *IP*.
- Bluetooth** Especificación industrial para redes inalámbricas de área personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda *Industrial Scientific and Medical (ISM)* de 2,4 GHz. Facilita las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminando cables y conectores entre éstos.
- BRI** *Basic rate interface*, suministra un ancho de banda total de una línea de 144 kbps en tres canales individuales (8000 tramas por segundo\*(2\*canales B de 8 bits+canal D de 2 bits)=8000\*18 = 144kbps). El servicio del canal B de *BRI* opera a 64 kbps y está diseñado para transportar datos de usuario y tráfico de voz.
- CAS** *Channel associated signaling*, indica que la transferencia de señales está asociada de forma muy cercana con el canal de comunicación de voz. En otras palabras, la señalización y el tráfico de voz viajan por medio de la misma ruta a través de la red.

<b>CCS</b>	<i>Common channel signaling</i> , indica la utilización de un canal de datos común (enlace de señalización), el cual exclusivamente, sirve como portador de toda la señalización requerida por un gran número de canales de voz.
<b>Centro Tandem</b>	Centro de tránsito que conmuta tráfico e interconecta varias centrales locales mediante enlaces que conforman una red en forma de estrella, estando estos centros de tránsito conectados entre sí en forma de malla. Estos centros pueden ser puntos de interconexión para las redes públicas de telecomunicaciones de las distintas prestadoras para el tráfico local, de larga distancia nacional, de larga distancia internacional, y no conectan bucles de usuarios.
<b>Criptografía</b>	Técnica que permite encubrir la información enviada en una extensión que es completamente ilegible por un detector no autorizado. La principal aplicación de la criptografía es la de proteger información contra ataques en la comunicación mediante el proceso de cifrado de datos. Este sistema se aplica en: sistemas celulares y redes de datos.
<b>DiffServ</b>	<i>Differentiated services</i> , arquitectura de redes de computadoras que especifica un mecanismo simple, y escalable para clasificar, gestionar el tráfico de red y proporciona una calidad de servicio en redes modernas. Se utiliza para proporcionar baja latencia, servicio garantizado para el tráfico de red críticos, tales como voz o video.

<b>DNS</b>	<i>Domain name system</i> , sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado al internet o a una red privada. Este sistema asocia información variada con nombres de dominios asignados a cada uno de los participantes. Su función más importante es traducir nombres inteligibles para los humanos en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red, con el propósito de poder localizar y direccionar estos equipos mundialmente.
<b>E1 o Trama E1</b>	Formato de transmisión digital. La trama E1 consta de 32 <i>time slots</i> en <i>pulse code modulation (PCM)</i> de 64kb cada uno, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfonos normales, más 2 canales de señalización equivalente a 2048kbits o 256kbytes. Hoy contratar una trama E1, significa adquirir el servicio de 30 líneas telefónicas digitales para las comunicaciones telefónicas.
<b>Firewall</b>	Dispositivo o conjunto de dispositivos configurados para permitir, bloquear, limitar, cifrar, descifrar, el tráfico de datos entre los diferentes ámbitos sobre la base de un conjunto de normas y otros criterios.
<b>Frame Relay</b>	Técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual, introducida por la UIT-T a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.

- FXO*** *Foreign exchange office*, interfaz existente en un aparato telefónico análogo convencional, se conecta al *PBX*.
- FXS*** *Foreign Exchange Station*, conector en una central telefónica o en la pared del hogar, que permite conectar un teléfono analógico estándar. Actúa como extensión un *PBX*, suministra timbrado, tono de marcado y voltaje.
- GSM*** Global system for mobile communications, sistema estándar de telefonía móvil digital libre de regalías, por su velocidad de transmisión y otras características, es considerado un estándar de segunda generación para acceder a redes móviles. Un cliente *GSM* puede conectarse a través de su teléfono con su computador y enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía, así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos.
- Host*** Computadores conectados a la red, que proveen y/o utilizan servicios de ella. Los usuarios deben utilizar *hosts* para tener acceso a la red. En general, los *hosts* son computadores mono o multiusuario que ofrecen servicios de transferencia de archivos, conexión remota, servidores de base de datos, etc.
- HTML*** *Hypertext markup language*, lenguaje de marcado predominante para la construcción de páginas *Web*.

- IAX*** *Inter-asterisk exchange protocol*, es uno de los protocolos utilizado por Asterisk, un servidor *PBX* de código abierto patrocinado por Digium. Es utilizado para manejar conexiones *VoIP* entre servidores Asterisk, y entre servidores y clientes que también utilizan protocolo *IAX*.
- IDS*** *Intrusion detection system*, programa usado para detectar accesos no autorizados a un computador o a una red. Estos accesos pueden ser ataques de habilidosos *hackers*, que usan herramientas automáticas.
- IETF*** *Internet engineering task force*, organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivo contribuir a la ingeniería de internet, actuando en diversas áreas, tales como transporte, encaminamiento, seguridad. Fue creada en Estados Unidos de América en 1986.
- IntServ*** *Integrated services*, arquitectura que especifica los elementos para garantizar la calidad de servicio en redes. *IntServ*, por ejemplo, puede ser usada para permitir que el video y sonido puedan llegar al receptor sin interrupción.
- IP*** *Internet protocol*, protocolo no orientado a conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos, a través de una red de paquetes conmutados no fiable y de mejor entrega posible sin garantías.

- IPsec*** *Internet protocol security*, conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el protocolo de internet autenticando y/o cifrando cada paquete *IP* en un flujo de datos. *IPsec*, también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado.
- ISDN*** *Integrated services digital network*, es una red que procede por evolución de la red de telefonía, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios, tanto de voz como de otros tipos, en un único acceso, independientemente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo terminal que la genere.
- IXC*** *Interexchange* es un término legal de Estados Unidos de América y reglamentarios de una empresa de telecomunicaciones, comúnmente se le llama a una empresa de telefonía de larga distancia, tales como *MCI* , *Sprint* y la antigua *AT&T* (antes de su fusión con *SBC* en 2005).
- LAN*** *Local area network*, es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros o con repetidores se podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc., para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones. En definitiva, permite que dos o más máquinas se comuniquen.

- MPLS*** *Multiprotocol label switching*, es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la *IETF* y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo *Open system interconnection (OSI)*. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes *IP*.
- PPP*** *Point-to-point protocol*, es decir, protocolo punto a punto, es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Por tanto, se trata de un protocolo asociado a la pila *TCP/IP* de uso en Internet. Más conocido por su acrónimo: PPP.
- PRI*** *Primary rate interface*, es un estándar de telecomunicaciones para llevar a múltiples canales de voz digitalizadas y transmisión de datos entre una red y un usuario.
- PyME*** Pequeña y mediana empresa, es una empresa con características distintivas, tienen dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o Regiones.
- QoS*** *Quality of service*, tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio. Es especialmente importante para ciertas aplicaciones, tales como la transmisión de video o voz.

- QSIG***      *Q signaling*, protocolo de señalización de un *PBX* en una red privada de servicios integrados. Tiene dos niveles de alcance en funcionalidades, la *Basic Call (BC)* y la *Generic Function (GF)*, la primera describe servicios muy básicos de llamadas entre *PBXs*, mientras que *GF* se encarga de proporcionar mayores servicios suplementarios para entornos empresariales o gubernamentales.
- Router**      Es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres (nivel de red), permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.
- SDLC***      *Synchronous data link controller*, protocolo para enlaces síncronos a través de una línea. Como su nombre implica, es un protocolo síncrono, lo que supone la transmisión de la señal de reloj con los datos.
- SRPT***      *Secure real time transport protocol*, define un perfil de *Real-time transport protocol (RTP)*, con la intención de proporcionar cifrado, autenticación del mensaje e integridad, y protección contra reenvíos a los datos *RTP* en aplicaciones unicast y multicast.
- Stream***      En informática, el término *stream* se utiliza de varias maneras, en todos los casos se refiere a una secuencia de elementos de datos disponibles en el tiempo.

- Switch** Un conmutador o *switch* es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo *OSI*. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los *bridges* (puentes), pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección *MAC* de destino de las tramas en la red.
- T1 o Trama**  
**T1** Es un formato de transmisión digital de voz y datos basado en *PCM*, ampliamente usado en telecomunicaciones en Norteamérica, Corea del Sur y Japón. Tiene una tasa de transmisión original (1,544 Mbps) la trama consiste en 24 canales 64Kbps multiplexados.
- TCP** *Transmission Control Protocol*, es uno de los protocolos fundamentales en internet. Garantiza que los datos serán entregados a su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.
- Token Ring** Arquitectura de red desarrollada por IBM en los años 1970 con topología lógica en anillo y técnica de acceso de paso de testigo. Token Ring se recoge en el estándar *IEEE* 802.5. En desuso por la popularización de Ethernet.

- UDP** *User datagram protocol* es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción.
- UIT-T** Sector de normalización de las telecomunicaciones, es el órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica normativa sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial. Con sede en Ginebra (Suiza) fue conocido hasta 1992 como Comité Consultivo Telefónico y Telegráfico (CCITT).
- USB** *Universal Serial Bus*, es un puerto que sirve para conectar periféricos a una computadora. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.
- VOIP** *Voice over internet protocol* , también llamado voz sobre *IP*, *VozIP*, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de internet empleando un protocolo *IP*.

- VPN** *Virtual private network* es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, por ejemplo, internet, permitiendo la posibilidad de conectar dos o más sucursales de una empresa utilizando como vínculo internet, permitir que un usuario pueda acceder a su equipo doméstico desde un sitio remoto.
- WAN** *Wide area network* es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 km hasta unos 1000 km, dando el servicio a un país o un continente. Un ejemplo de este tipo de redes sería internet o cualquier red en la cual no estén en un mismo edificio todos sus miembros.
- Wi-Fi** Sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables, además es una marca de la Wi-Fi Alliance, anteriormente *Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)*, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.
- X.25** Es un estándar de UIT-T para redes de área amplia de conmutación de paquetes. Los servicios públicos de conmutación de paquetes admiten numerosos tipos de estaciones de distintos fabricantes. Por lo tanto, es de la mayor importancia definir la interfaz entre el equipo del usuario final y la red.
- xDSL** Las tecnologías xDSL surgen para maximizar el rendimiento del par de cobre que forma la red telefónica de siempre. La de mayor difusión actualmente es la tecnología *ADSL* pudiendo conseguir velocidades superiores a los 20 Mbps.



## RESUMEN

En un entorno corporativo, donde un gran número de personal necesita tener acceso a la comunicación telefónica de manera interna y externa, el uso de líneas telefónicas individuales se convierte en una solución económicamente no viable. Es así como nace la necesidad de adquirir un sistema telefónico *Private Branch Exchange (PBX)*, que es una versión más pequeña de una central de conmutación, la cual permite a las empresas conectar sus terminales telefónicos de forma independiente al proveedor de telefonía. Además de tener acceso a la *Public Switched Telephone Network (PSTN)* para poder comunicarse al exterior.

Los primeros sistemas *PBXs*, requerían la contribución de personas encargadas de conectar cables para establecer la comunicación entre las distintas terminales telefónicas de una empresa. Estos sistemas telefónicos eran conocidos como *Private Manual Branch Exchange (PBMX)*. Con el avance tecnológico surgió el sistema electromecánico de conmutación totalmente automático llamado *Private Automatic Branch Exchange (PABX)* el cual permitió prescindir de los operadores, mas tarde con el avance de la electrónica y el uso de semiconductores nació el nuevo sistema *PBX* que realiza la conmutación de voz internamente, dentro de sus propios circuitos, empleando técnicas basadas en conmutaciones temporales y espaciales, en la actualidad el *PBX* totalmente electrónico aun sigue siendo el sistema telefónico en varias empresas.

Sin embargo, el crecimiento de las redes de datos, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permiten la calidad de servicio en redes *IP*, permitieron el nacimiento de la telefonía *IP* que hizo posible la convergencia de dos redes distantes históricamente, la red de voz y la red de datos.

Actualmente, la tecnología *IP* ha sido un detonador fundamental para el surgimiento del nuevo sistema telefónico *PBX-IP* quien es un sistema telefónico que ha pasado todas las funciones del *PBX* convencional a la unidad de control principal o PC, en vez de separarlos entre múltiples módulos de *hardware* como lo hace el *PBX* convencional. Logrando de esta manera un sistema centralizado basado en *software*, esto a su vez significa que agregar características, es sólo cuestión de cambiar el código del *software* para añadir una mejora.

El sistema *PBX-IP* además de transportar la voz sobre *IP*, tiene la capacidad de hacer converger e interoperar, tanto sistemas basados en *time-division multiplexing (TDM)*, como de paquetes de voz, adicional conmuta y traduce distintos tipos de protocolos de *VoIP* como *SIP*, *MGCP* y *H.323*. Al mismo tiempo es una potente plataforma como servidor para características avanzadas como llamadas predictivas, *interactive voice response (IVR)*, *PBX* central y remota, conferencias, videoconferencias, correo de voz, cola de llamadas y registro de llamadas.

El presente trabajo de graduación pretende dar una orientación sobre las características, funcionalidades y ventajas que ofrece un sistema *PBX-IP*, además de los requisitos técnicos mínimos que éste requiere y de la variedad de equipos y fabricantes que existen en el mercado.

De manera teórica se realiza un estudio de factibilidad, para determinar si la inversión necesaria en la migración hacia el nuevo sistema telefónico tendrá un retorno positivo para la empresa que desea adquirir esta nueva tecnología.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Ofrecer una estudio de factibilidad que describa los fundamentos de los sistemas corporativos *PBX* que existen en la actualidad, asimismo, describir las características y ventajas de cada uno de ellos, a manera que cuando se desee migrar hacia el nuevo sistema telefónico *PBX-IP* éste llene las expectativas del cliente, tanto económica como funcionales.

### **Específicos**

1. Describir las características y ventajas que ofrece la telefonía *IP*.
2. Conocer la factibilidad de migrar de un sistema *PBX* tradicional hacia un sistema *PBX-IP*.
3. Que el trabajo de graduación sirva como referencia a aquellas empresas que desean migrar su actual sistema *PBX* al sistema *PBX-IP*.



## INTRODUCCIÓN

La era de las telecomunicaciones inició en el siglo XIX con la invención del telégrafo, aproximadamente en 1830. El teléfono se patentó en 1876 por Graham Bell, y con ello fue posible transportar la voz humana de un lugar a otro. En 1878, se pudieron conectar 21 aparatos telefónicos, con lo que nació la conmutación, antes de ello las conexiones eran punto a punto.

Las primeras centrales telefónicas eran manuales debido a que hacían uso del recurso humano para realizar la unión de los cables y establecer las llamadas. Con el tiempo, se inventaron las centrales automáticas, lo que permitió acelerar el proceso de establecimiento, control y finalización de las llamadas debido a que se eliminó el factor humano.

Desde el inicio de la telefonía, la comunicación de voz en las empresas ha sido una necesidad permanente. Las soluciones de comunicaciones brindadas a las empresas han evolucionado, desde la instalación de un único teléfono para toda una empresa a finales del siglo XIX, hasta los actuales sofisticados sistemas de comunicaciones.

En las comunicaciones telefónicas se han dado importantes pasos con la introducción de nuevas tecnologías y servicios, lo cual ha permitido brindar soluciones interesantes a las crecientes necesidades de las empresas. Fue así como surgió el sistema telefónico *PBX* que hizo posible la comunicación dentro de una empresa sin emplear la *PSTN*.

En la actualidad, en muchas empresas existe la red de voz y la red de datos, la primera utilizada para establecer llamadas telefónicas, y la segunda para el envío y recepción de datos, tradicionalmente estas dos redes han estado separadas debido a sus diferencias tecnológicas, es por eso que existe personal específico para llevar a cabo la gestión y mantenimiento de cada una de ellas.

Debido a las ventajas económicas y tecnológicas, así como las aplicaciones que se derivan de la convergencia de estas dos redes, nace la telefonía *IP*, que para muchas empresas e instituciones ven en ella una forma de reducir costes y de aumentar la productividad.

Asimismo, gracias al nacimiento de la telefonía *IP*, fue necesario evolucionar los sistemas *PBXs* tradicionales a un nuevo sistema que tuviera la capacidad de transmitir la voz en tiempo real sobre las redes de datos utilizando el protocolo *IP*, fue así como nacieron los nuevos sistemas telefónicos *PBX-IP*.

# 1. TELEFONÍA TRADICIONAL

## 1.1. Fundamentos

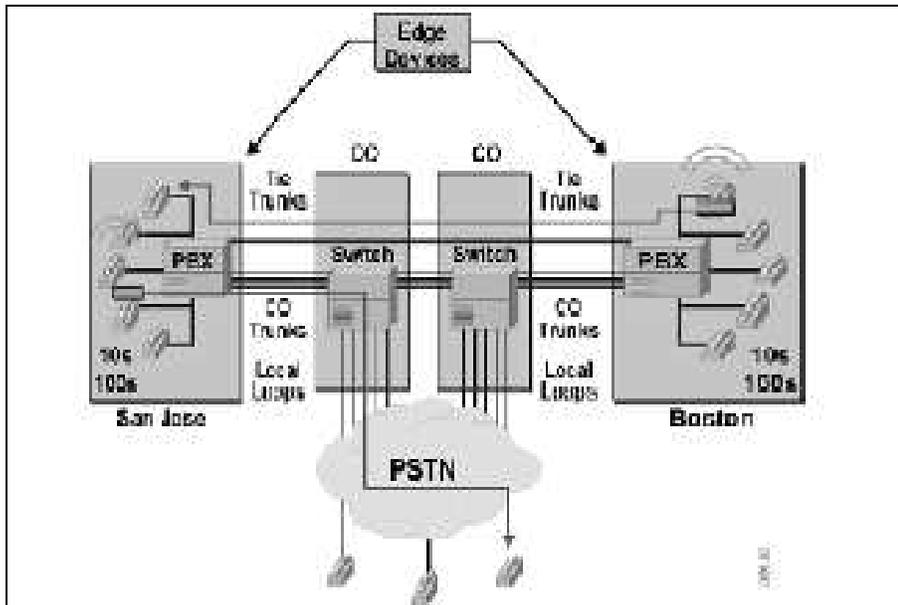
La telefonía se puede entender como un sistema capaz de transmitir sonidos a distancia, hace uso de medios y procedimientos para la transmisión, transporte y recepción de sonidos. Las administraciones telefónicas están obligadas a transmitir en la dirección especificada y con el mínimo deterioro posible los sonidos que sus clientes les entregan. Para entender un poco más acerca del tema se describirán los componentes que hacen posible las comunicaciones telefónicas.

### 1.1.1. Componentes básicos de una red telefónica

Una serie de componentes deben estar en un lugar determinado de extremo a extremo para que exista comunicación. Tales componentes que hacen posible que la llamada telefónica llegue a su destino final con éxito se muestran en la figura 1 y se describen a continuación.

- *Edge devices* (dispositivos finales)
- *Local loops* (bucles locales)
- *Private or central office (CO) switches* (oficina central de conmutación)
- *Trunks* (troncales)

Figura 1. Componentes básicos de una red telefónica



Fuente: CISCO SYSTEMS. *Cisco voice over IP*, version 4.1, student guide, p.1-5.

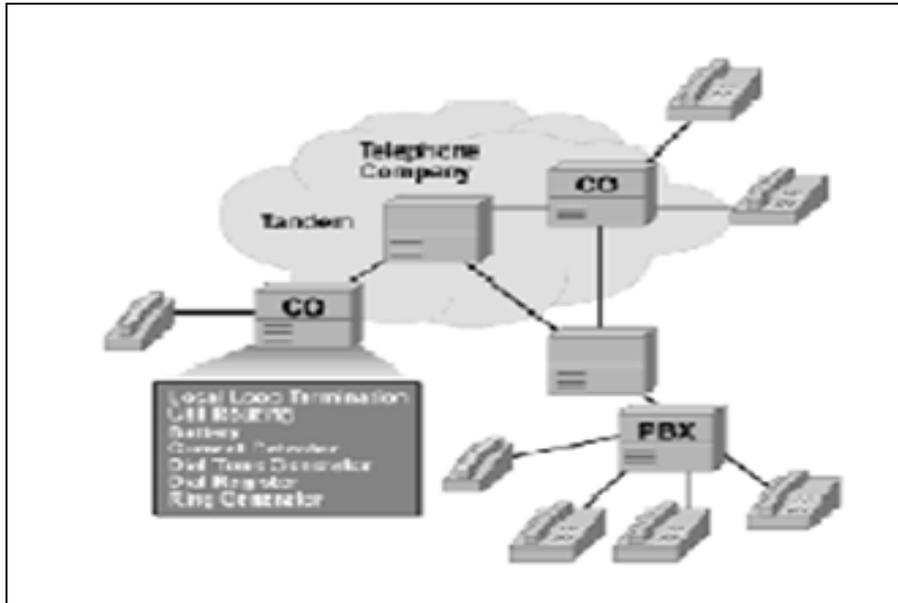
- *Edge devices*: normalmente existen dos tipos de dispositivos finales que se usan en la red de telefonía, los teléfonos análogos y digitales.
  - Teléfonos análogos: tipos de teléfonos comunes que fueron o aun siguen siendo usados en hogares, pequeñas oficinas o en pequeños entornos empresariales. La conexión directa a la *PSTN* se hace usualmente con estos teléfonos. Proveen funciones adicionales tales como altavoz, control de volumen, indicador de mensaje en espera en las *PBXs*, llamada en espera, y señal personalizada.
  - Teléfonos digitales: estos tipos de teléfonos contienen *hardware* que convierte la voz análoga en muestras digitales. Entornos corporativos más grandes suelen utilizar *PBX* con teléfonos digitales.

- *Local loop*: interfaz de red del proveedor de telefonía. Típicamente, un par de cables que transporta una sola conversación. En hogares o en pequeñas corporaciones pueden existir múltiples *local loops*.
- Oficina central de conmutación (*CO switch*): se encarga de la señalización, recolección de dígitos, encaminamiento, inicio y finalización de la llamada, es acá donde termina el *local loop*.
- *Trunks*: provee un camino entre dos *CO switch*. A continuación se describen los tres tipo de troncales más comunes.
  - *Tie trunk*: circuito exclusivo que conecta directamente las *PBXs*
  - *CO trunk*: conexión directa entre una *CO switch* y un *PBX*
  - *Interoffice trunk*: circuito que conecta dos compañías telefónicas

### **1.1.2. Oficina central de conmutación**

La figura 2 muestra el entorno típico de una oficina central de conmutación. El *local loop* termina en la *CO switch* y éste último a su vez decide el inicio del enrutamiento de la llamada.

Figura 2. **Oficina central de conmutación o *CO Switch***



Fuente: CISCO SYSTEMS. *Cisco voice over IP*, version 4.1, student guide, p.1-7.

La función de encaminamiento o enrutamiento hace que se transmita la llamada a uno de los siguientes componentes.

- A otro usuario de teléfono conectado a la misma *CO switch*
- A otra *CO switch*
- Hacia un centro tándem

El teléfono está compuesto por varios componentes que tienen una función específica al momento de interactuar con la *CO Switch*, a continuación se describen los componentes más importantes.

- **Batería:** es la fuente de poder de los componentes internos del teléfono, cuando el auricular es levantado, una corriente proporcionada por la compañía telefónica fluye a través del circuito, por tal motivo cuando existen fallos en la energía eléctrica, éstos no deben afectar al teléfono básico.
- **Detector de corriente:** supervisa el estado del circuito, detectando si está abierto o cerrado. En la tabla I se describe el flujo en un teléfono típico.

Tabla I. **Flujo de corriente en un teléfono típico**

<b>Auricular</b>	<b>Circuito</b>	<b>Flujo de corriente</b>
<b>En la base</b>	Colgado/circuito abierto	No
<b>Fuera de la base</b>	Descolgado/circuito cerrado	Si

Fuente: CISCO SYSTEMS. *Cisco voice over IP*, version 4.1, student guide, p.1-8.

- **Generador de señal para marcar:** cuando el registro del dígito está listo, el generador produce señales que son enviados hacia la *CO Swicht*, quien a su vez reconoce lo solicitado.
- **Registro de dígito:** recibe los dígitos marcados.
- **Generador ring:** cuando la *CO switch* detecta una llamada para un abonado específico, el generador alerta al destinatario a través de una señal audible.

Se debe configurar la conexión del *PBX* hacia la *CO switch* que empareje la señalización de la *CO switch*. Esta configuración asegura que la *CO switch* y el *PBX* puedan detectar el colgado, descolgado, y los dígitos marcados que vienen de cualquier dirección.

### **1.1.3. Sistema de una oficina central de conmutación**

Los sistemas de conmutación proporcionan tres funciones principales.

- Inicialización, encaminamiento y finalización de la llamada
- Supervisión de la llamada
- Identificación del cliente y número telefónico

La oficina central de conmutación intercambia llamadas entre los teléfonos que terminan localmente. Si el que recibe la llamada no está conectado localmente, el conmutador decide a dónde enviar la llamada basada en su tabla de enrutamiento de llamadas. La llamada entonces viaja sobre una troncal a otro conmutador o a un conmutador intermedio que pueda pertenecer a un *IXC*. Aunque los intermedios no proporcionen señal para marcar, actúan como ejes para conectar otros conmutadores y para proporcionar el encaminamiento de llamada entre centrales.

### **1.1.4. Sistemas de conmutación privados**

En un entorno corporativo, donde un gran número de personal necesita tener acceso a la comunicación tanto interna como externa, la contratación de líneas telefónicas individuales no es la solución económicamente viable. Este tema explora la funcionalidad del *PBX* y del Key System que son los sistemas telefónicos privados más comunes que podrían resolver la problemática del corporativo.

Un *PBX* es una versión más pequeña, de propiedad privada de una *CO switch*. La mayoría de los negocios tienen un sistema telefónico *PBX*, un Key Systems, o un servicio centrex. Las oficinas grandes con más de 50 teléfonos eligen un *PBX* para conectar a los usuarios de manera local como a la *PSTN*.

Los sistemas *PBXs* vienen en una variedad de tamaños, típicamente a partir 20 a 20 000 estaciones. La selección de un *PBX* es importante para la mayoría de las compañías, porque un *PBX* tiene una vida típica de 7 a 10 años. La mayoría de los *PBX* estándar traen un conjunto de funciones básicas de llamadas, además de un *software* opcional que proporciona capacidades adicionales.

Un *PBX* tiene tres componentes importantes:

- Interfaces terminales: proporcionan la conexión entre la terminal y el *PBX* que residen en un procesador. Las terminales pueden incluir aparatos telefónicos, troncales, y líneas. Las características comunes del *PBX* incluyen el tono de marcado y la señal de campana,
- Red de conmutación: proporciona la trayectoria de transmisión entre dos o más terminales en una conversación; por ejemplo, dos teléfonos dentro de una oficina que se comunican sobre la red de conmutación.
- Procesador: proporciona el control, la lógica, la memoria, y el proceso de supervisión de la llamada, y desconexión de la misma.

Las pequeñas organizaciones y las sucursales utilizan un Key System porque un *PBX* ofrece las funcionalidades y las características adicionales que pueden no ser requeridas.

Los Key Systems son análogos o digitales basados por microprocesadores, tienen tres componentes básicos que se describen a continuación.

- Unidad Key System: lleva a cabo la conmutación del sistema, energía, intercomunicador, las tarjetas de línea y la lógica de sistema.

- *Software* del sistema: proporciona el sistema operativo y el *software* de función de llamada.
- Teléfonos: permiten que el usuario elija una línea libre y marque al exterior, generalmente presionando un botón en el teléfono.

Tabla II. **Comparación entre *PBX* y Key System**

	<b><i>PBX</i></b>	<b>Key System</b>
<b>Tecnología</b>	Digital	Análogo o digital
<b>Funcionalidad de conmutación</b>	Similar a una <i>CO switch</i>	Conmutación entre Extensiones
<b>Instalación típica</b>	Grandes compañías (típicamente más de 50 usuarios)	Empresa pequeña o sucursal (típicamente 50 o pocos usuarios)
<b>Método para tener acceso a troncales exteriores</b>	Marque 9 u otros números para tener acceso de la línea	Presione un botón para tener acceso fuera de línea

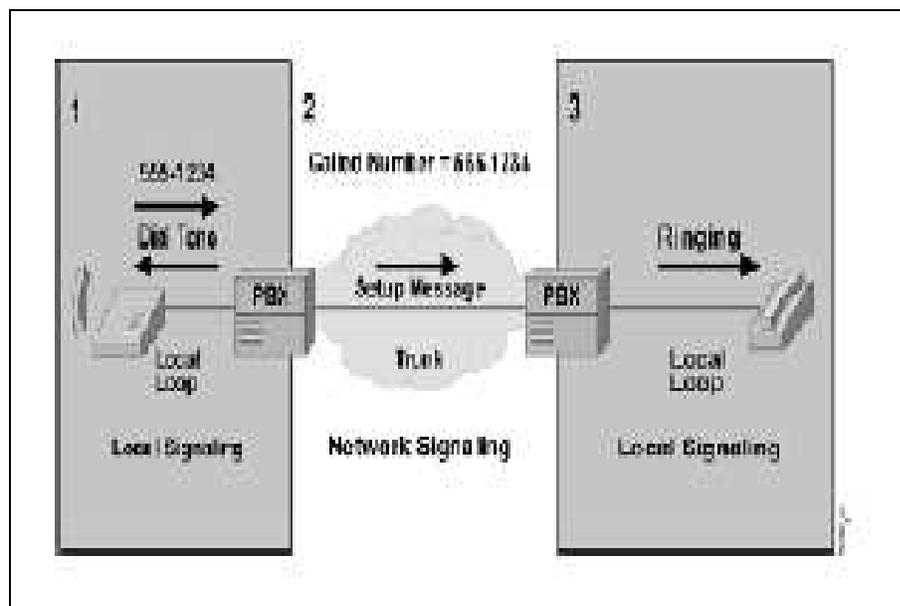
Fuente: CISCO SYSTEMS. *Cisco voice over IP*, version 4.1, student guide, p.1-12.

En un Key System, cada teléfono tiene múltiples líneas que permiten a los usuarios tener acceso a líneas fuera de su *CO switch*. Cuando una llamada entra a la empresa, un indicador se ilumina en el teléfono e indica que una línea está en uso.

### 1.1.5. Señalización de llamada

En su forma más básica, es la capacidad de un usuario de comunicar una necesidad de servicio a una red telefónica. Este proceso requiere la capacidad de detectar un pedido y la finalización del servicio, de enviar la información de dirección y proporcionar informes sobre la parte inicial. Esta funcionalidad corresponde a los tres tipos de señalización: supervisión, dirección, e información de señalización.

Figura 3. Proceso de una llamada básica



Fuente: CISCO SYSTEMS. *Cisco voice over IP*, version 4.1, student guide, p.1-13.

La figura 3 muestra los tres pasos principales en una llamada de extremo a extremo.

- Paso 1: señalización local en el lugar de origen

El usuario señala al *PBX* cuando esté descolgado y envía los dígitos marcados a través del *local loop*.

- Paso 2: señalización de la red

El *PBX* toma una decisión de encaminamiento señalando el siguiente componente, o finalizando la llamada, el *PBX* conmuta a través del uso de mensajes de disposición que son enviados en la troncal.

- Paso 3: señalización local en el receptor

El *PBX* señala al receptor enviando voltaje de sonido o timbrado a través del *local loop*.

#### **1.1.5.1. Señalización de supervisión**

Un abonado y una compañía telefónica se notifican el uno al otro el estado de la llamada con tonos audibles y un intercambio de corriente eléctrica. Este intercambio de información se llama señalización de supervisión.

Hay tres tipos de señalización de supervisión:

- Colgado: cuando el auricular está sobre la base del teléfono, el circuito está enganchado. El interruptor evita que la corriente atraviese el teléfono. Sin importar el tipo de señalización, el interruptor se acciona para un estado abierto. Solamente el timbrado está activo cuando el teléfono se encuentra en esta posición.
- Descolgado: cuando el auricular se levanta de la base del teléfono, el circuito está desenganchado. El interruptor se establece en estado cerrado, haciendo que la corriente atraviese el circuito. La corriente notifica al equipo de la compañía telefónica que alguien está solicitando una llamada. Cuando la red telefónica detecta el descolgado por el flujo de corriente, proporciona una señal con la forma de tono de marcación e indica que está listo para recibir información.
- Timbrado: cuando un abonado hace una llamada, el teléfono envía voltaje al campanero o timbre para notificar al otro abonado de una llamada entrante. La compañía telefónica también envía un tono de llamada que alerta al llamador que está enviando voltaje de sonido al teléfono receptor.

#### **1.1.5.2. Señalización de la dirección**

El teléfono utiliza señalización de la dirección para notificar a la compañía telefónica a que suscriptor o abonado se está llamando, para eso hace uso de la técnica *dual tone multifrequency (DTMF)*, el cual asigna a cada botón del teclado numérico de un panel *touch tone* un conjunto de frecuencias altas y bajas. Cada fila de las teclas es identificada por un tono de frecuencia baja y cada columna se asocia con un tono de frecuencia alta. La combinación de ambos tonos notifica a la compañía telefónica el número al que se está llamado.

### 1.1.5.3. Señalización de información

Las combinaciones de tonos indican el progreso de la llamada y se utilizan para notificar al abonado el estado de la misma. Cada combinación de tonos representa un acontecimiento en el proceso de la llamada, a continuación los acontecimientos más comunes al iniciar una conversación telefónica.

- Señal para marcar: indica que la compañía telefónica está lista para recibir dígitos de usuarios.
- Ocupado: indica que una llamada no puede ser completada porque el teléfono al cual se está intentando llamar está en uso.
- Señal de llamada (normal o *PBX*): indica que la compañía telefónica está intentando terminar una llamada a nombre de un abonado.
- Reordene de tono: indica que todos los circuitos de teléfono locales están ocupados, así evitar que una llamada telefónica sea procesada.
- Receptor descolgado: indica que un receptor ha estado descolgado por un periodo de tiempo extendido sin realizar una llamada.
- No existe el número: indica que un abonado ha hecho una llamada a un número inexistente.
- Tono de configuración: indica que la compañía telefónica está tratando de completar una llamada.

### **1.1.6. Multiplexación**

Un *local loop* análogo de dos hilos transporta una llamada a la vez, diversas técnicas de multiplexación se han implementado mejorando así el uso del cableado instalado, la multiplexación transporta varias conversaciones al mismo tiempo a través de conexiones de dos o cuatro hilos, existen diversas técnicas de multiplexación y en este apartado se mencionan dos de ellas, multiplexación por división de tiempo y multiplexación por división de frecuencia.

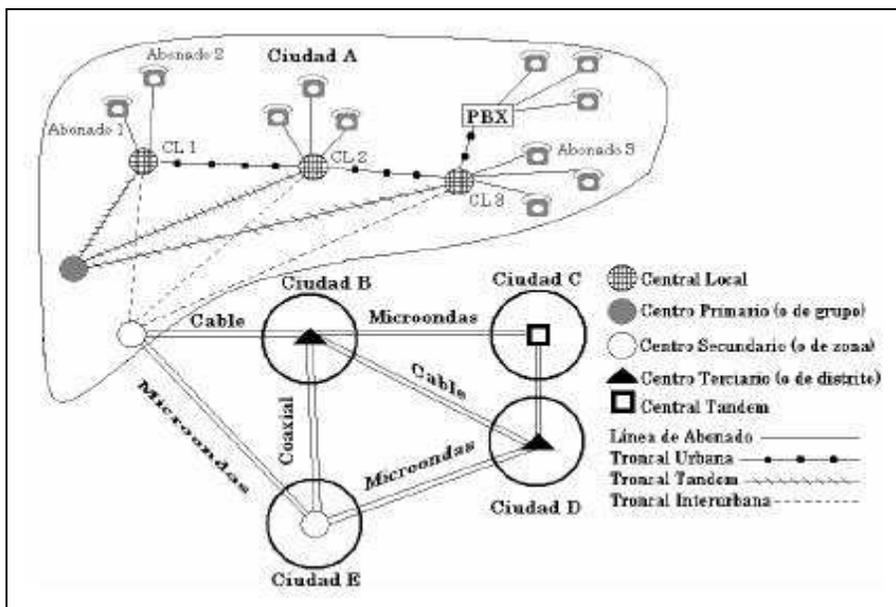
La primera es utilizada ampliamente en redes de telefonía debido a que transmite simultáneamente varias señales sobre un medio de comunicación, interpolando rápidamente preasignadas franjas de tiempo o pedazos de señal y transportándolos uno tras otro, independientemente si existen o no datos a transmitir.

En cambio la multiplexación por división de frecuencia transmite varias señales simultáneamente asignando un rango de frecuencias individuales para cada señal, creando de esta manera múltiples canales en el mismo cable.

### 1.1.7. PSTN

*Public switched telephone network*, es una red basada en conmutación de circuitos, optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. Cuando se quiere establecer una llamada telefónica, se marca al número del destino, posterior al proceso de marcado, se cierra un conmutador y se establece un circuito o camino que comunicará a ambos, origen y destino. La *PSTN* garantiza la calidad del servicio, al dedicar el circuito hasta que se finalice la llamada. Independientemente de si los participantes en la llamada están hablando o en silencio, seguirán utilizando el mismo circuito hasta que la persona que inicio la llamada cuelgue.

Figura 4. Ejemplo general de estructura de la *PSTN*



Fuente: MÉNDEZ, Esquivel. *Inbound para enlaces pstn con voip*. Capítulo I, p. 9.

En la ciudad A de la figura 4 se pueden determinar varios tipos de conexiones, la más simple lo representan los abonados 1 y 2 que están conectados a la misma central CL1 a través de líneas de abonado. Adicional se observa una línea troncal urbana entre la central CL1 y CL2, que concentra y unifica varias comunicaciones simultaneas en una sola señal. Es importante mencionar que de acuerdo al número de comunicaciones máximas que se quieran establecer, así será el número de líneas tróncales requeridas.

La troncal tándem tiene como función conectar a un centro local con una central tándem, mientras que una troncal urbana de larga distancia conecta una central local con el primer centro de larga distancia. Las troncales urbanas de larga distancia también se conocen como troncales terminales pues constituyen los extremos de una conexión de larga distancia.

En la figura 4 se pueden distinguir tres tipos de redes: red local, red urbana y red interurbana. El primer tipo de red lo forman aquellas comunicaciones entre usuarios conectados a la misma central. El segundo tipo de red se refiere al conjunto de redes locales y tróncales urbanas, el tercer tipo de red lo forman las comunicaciones de larga distancia, es decir, las conexiones a través de troncales interurbanas entre centros de conmutación que pertenecen a ciudades diferentes.

#### **1.1.8. Técnicas de conmutación**

Se refieren a las formas de establecimiento y mantenimiento de la conexión entre el usuario que origina la llamada y el destino, asegurando la transferencia de información entre estos. Se pueden distinguir tres tipos de conmutación: la conmutación de circuitos, de mensajes y de paquetes.

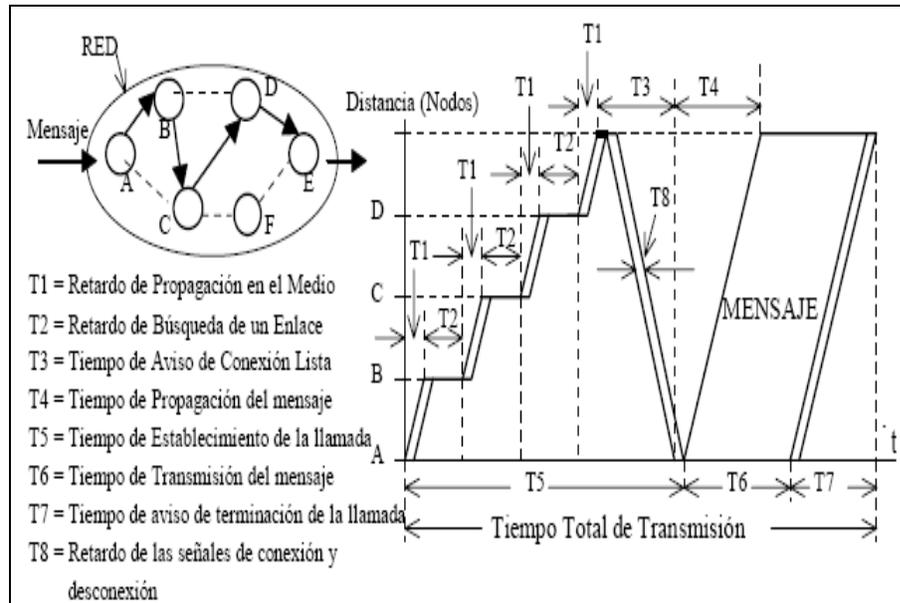
### **1.1.8.1. Conmutación de circuitos**

En este tipo de conmutación, un usuario inicia la llamada indicando el número o dirección del destinatario; el sistema de conmutación establece una conexión física entre los nodos de red en un tiempo igual a la duración de la llamada. El tiempo necesario para establecer la conexión entre origen y destino dependerá del número de nodos y la demora en cada uno de ellos.

Cuando el circuito o canal ha sido establecido, solamente es utilizado por los usuarios que se están comunicando, aun así cuando el canal este dentro de alguna modulación o multiplexación en tiempo o en frecuencia, los usuarios involucrados en la comunicación no se darán cuenta de ello.

La conmutación de circuitos es independiente de los protocolos de la red y del retardo constante en la propagación de la información en el circuito.

Figura 5. Mecanismo de la conmutación de circuitos



Fuente: BRICEÑO MARQUEZ, José E. *Transmisión de datos*. Capítulo I, p.17.

En la transmisión de un mensaje se pueden distinguir tres fases.

- Fase de establecimiento de la llamada  $T_5$

En esta fase se establece el circuito físico entre el origen y el destino, el tiempo de establecimiento de la conexión  $T_5$  puede ser muy alto, ver figura 5. Por ejemplo, en la transmisión telefónica ordinaria puede ir de 5 a 25 segundos, según la distancia y condiciones de la red.

- Fase de transmisión del mensaje T6

T6 puede ser menor que el tiempo de establecimiento T5 y de terminación de la llamada T7, condición que es onerosa para la red. Es por ello que en transmisión por conmutación de circuitos se cobra un tiempo mínimo de utilización del sistema.

- Fase de desconexión o terminación de la llamada (T7)

T7 es el tiempo que lleva en liberar el circuito que fue establecido.

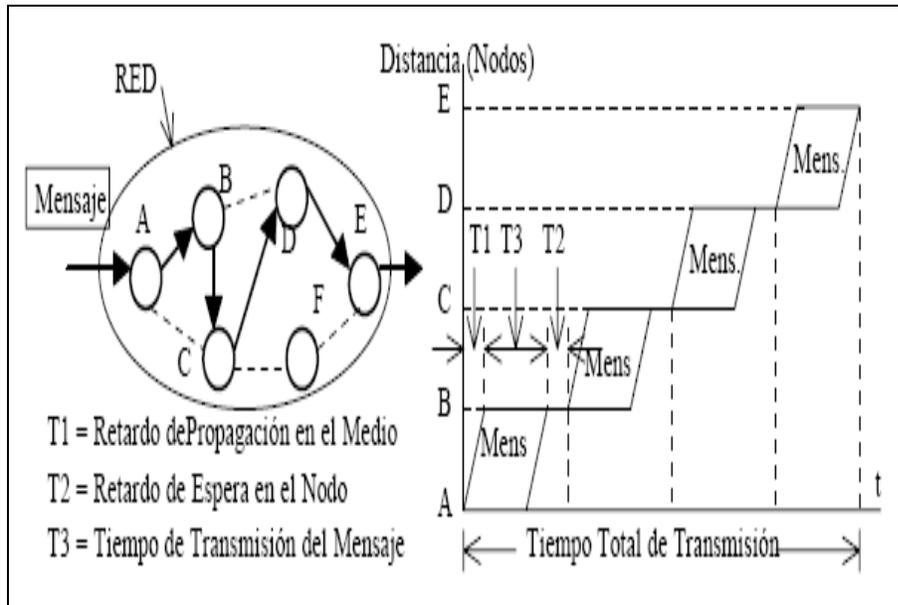
### **1.1.8.2. Conmutación de mensajes**

En este tipo de conmutación cada mensaje es enviado al primer nodo de red donde es almacenado en un tipo de memoria. Si un enlace está disponible, se reenvía el mensaje a otro nodo más cercano al destino, en donde nuevamente es almacenado y luego retransmitido; y así sucesivamente, de nodo a nodo hasta el destino. En este tipo de conmutación no se establece una conexión física permanente entre origen y destino, y el retardo entre los tiempos de envío y recibo puede ser considerable.

En conmutación de mensaje, es necesaria una red inteligente con nodos capaces de leer las direcciones de los mensajes y facilitar el almacenamiento de la información recibida hasta disponer de un enlace para la retransmisión hacia el siguiente nodo.

En la figura 6 se muestra el mecanismo de transmisión de un mensaje a través de cuatro enlaces AB, BC, CD y DE.

Figura 6. Mecanismo de la conmutación de mensaje



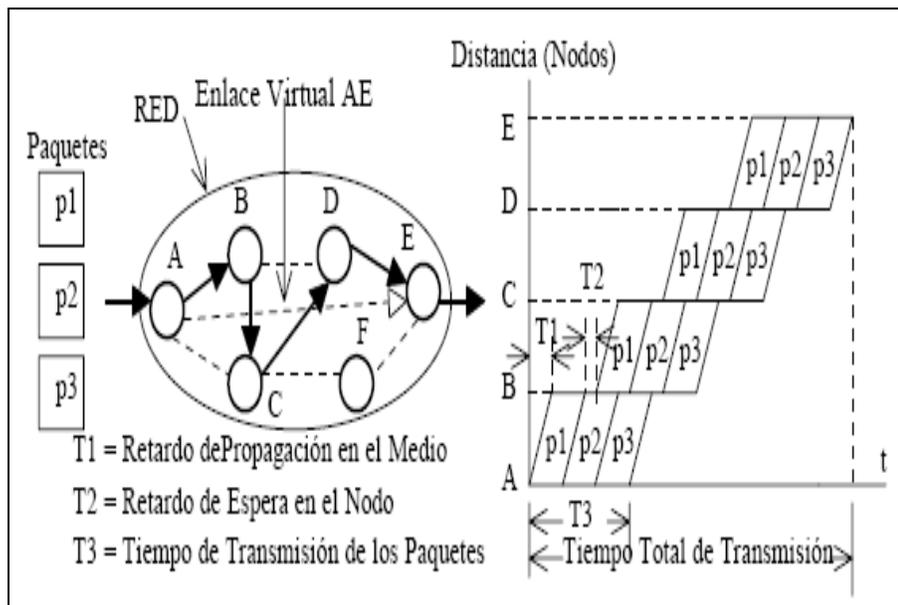
Fuente: BRICEÑO MARQUEZ, José E. *Transmision de datos*. Capítulo I, p.19.

La conmutación de mensajes es mucho más eficiente que la conmutación de circuitos, pues los enlaces entre nodos son más eficaces y al usuario no se le cobra las pausas producidas por la utilización intermitente del canal. Debido a la habilidad para almacenar los mensajes durante las horas pico y transmitirlos después, el rendimiento del canal aumenta considerablemente, éste puede trabajar al máximo de su capacidad, lo que no sucede en los sistemas de conmutación de circuitos.

### 1.1.8.3. Conmutación de paquetes

Similar a la conmutación de mensajes, la diferencia es que los mensajes se subdividen en paquetes más pequeños que se almacenan y retransmiten en cada nodo de la red. En la conmutación de mensajes el retardo entre nodos es relativamente grande. En cambio si los mensajes se dividen en paquetes de menor duración, es necesario utilizar memorias electrónicas o *buffers* para su almacenamiento, disminuyendo así el tiempo de propagación y el retardo entre nodos, aunque a cada paquete haya que agregársele un número de identificación y las direcciones de fuente y destino.

Figura 7. Mecanismo de la conmutación de paquetes



Fuente: BRICEÑO MARQUEZ, José E. *Transmisión de datos*. Capítulo I, p.20.

Es importante mencionar que los paquetes del mismo mensaje no llegan al destino en el orden que fueron enviados, esto debido a que los paquetes pueden tomar rutas diferente, por tanto en el nodo destino se reensamblan en el orden correcto, para que posteriormente sean entregados.

En la figura 7, el mensaje se ha dividido en tres paquetes p1, p2 y p3, para simplificar la figura, se asume que los paquetes siguen la misma ruta, debido a que los paquetes son más pequeños, el retardo de espera es menor aunque el tiempo de transmisión de los tres paquetes sea casi igual al de un mensaje. Por tanto la misma cantidad de información se transfiere en menor tiempo en el sistema de conmutación de paquetes, haciendo que este sistema sea mucho más eficiente que los mencionados con anterioridad, por tal razón, es el sistema de conmutación más utilizado en las redes de transmisión de datos.

Una mejora en el rendimiento del sistema y el tiempo total de transmisión en la conmutación por paquetes, es la utilización simultánea de los circuitos de conmutación.

## **1.2. Fundamentos de *PBX***

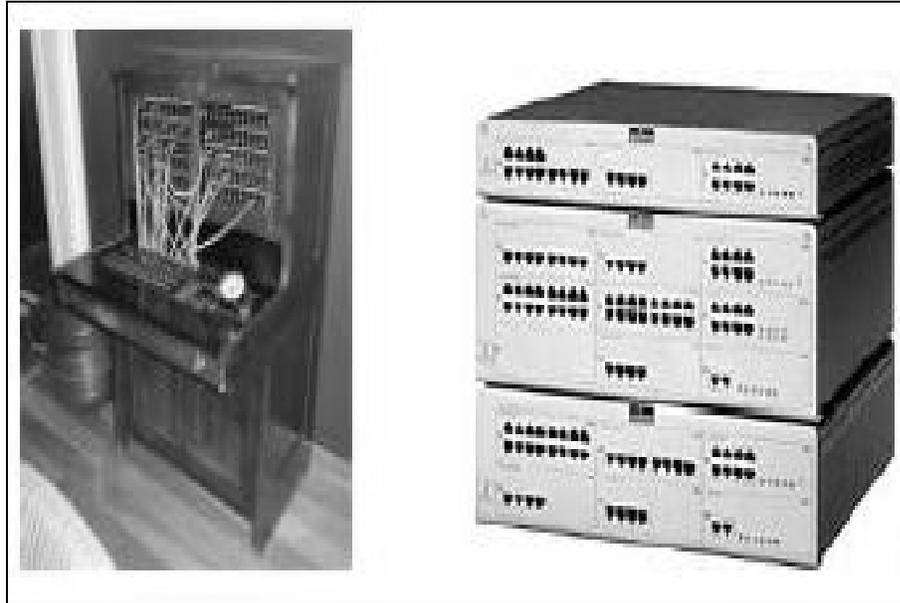
En empresas corporativas la comunicación telefónica ha sido parte fundamental en sus operaciones, al principio contrataban varias líneas telefónicas análogas lo que dio lugar a un crecimiento desmedido de estas líneas, así mismo un incremento en el costo de implementación y facturación. Fue así como surgió la necesidad de implementar un sistema telefónico corporativo capaz de ofrecer comunicación interna sin necesidad de hacer uso de las líneas análogas y además permitir la comunicación al exterior de la empresa.

### 1.2.1. Descripción

El *PBX* es un sistema telefónico de propiedad privada, es decir, las llamadas internas de una empresa, se pueden realizar independientemente del proveedor de telefonía sin necesidad de salir al exterior a través de la *PSTN*, disminuyendo la factura mensual, en comparación así las llamadas internas se realizaran con líneas telefónicas independientes.

En la fotografía izquierda de la figura 8, se observa que los primeros *PBX* requerían la contribución de una persona encargada de conectar distintos cables para establecer la comunicación entre las terminales telefónicas de una empresa, estos eran conocidas como *PBMX*, con el avance tecnológico fue creado un sistema electromecánico de conmutación automático, el cual fue llamada *PABX*, con la implantación de este sistema fue necesario prescindir del personal encargado de las conexiones manuales. Mas adelante con el avance de la electrónica fue creado el sistema *PBX* totalmente automático, el Alcatel Omni PCX Enterprise, que aparece en la fotografía derecha de la figura 8, es un ejemplo de un *PBX* automático.

Figura 8. Ejemplo de *PBXM* y *PBX* automático



Fuente: MOLINA VIZCAÍNO, José. *Implementación de servicios voip sobre asterisk*, p.3.

Los teléfonos análogos o digitales conectados al *PBX*, se les conoce como extensiones, si además de la comunicación interna entre extensiones, se requiere que las mismas puedan comunicarse al exterior, es decir a la *PSTN*, es necesario contratar líneas telefónicas individuales o líneas troncales E1 con algún proveedor de telefonía, dichas líneas o troncales serán conectados físicamente al *PBX*.

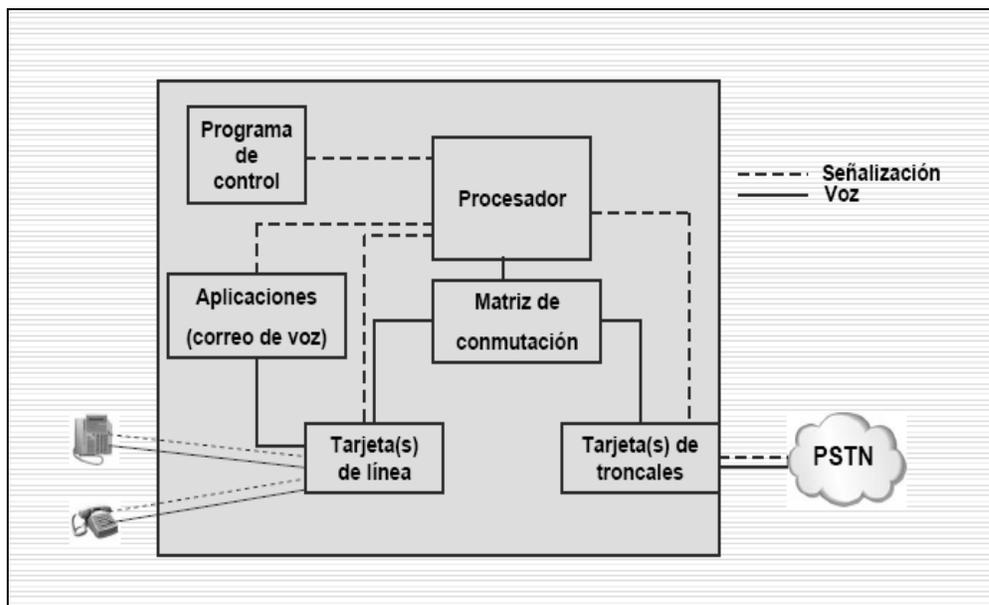
En la mayoría de los *PBXs*, para establecer comunicación al exterior, es necesario marcar el dígito 9 ó 0 seguido del número destino. De esta forma, el *PBX* identifica que se trata de una llamada al exterior y así selecciona una de las líneas individuales o troncales disponibles.

### 1.2.2. Arquitectura del *PBX*

La arquitectura interna del *PBX* y sus componentes que lo forman, dependen exclusivamente del diseño de los fabricantes, por tal razón algunos *PBX* hacen uso de tecnologías distribuidas, es decir separan cada uno de sus componentes, los cuales son unidos a través de periféricos, o los centralizan en uno solo.

En algunos *PBX* se encuentran componentes que son catalogados como críticos por sus fabricantes cuando en otros no lo son. En la figura 9 se observan los componentes principales que normalmente conforman a un sistema *PBX* tradicional.

Figura 9. **Arquitectura básica de un *PBX* tradicional**



Fuente: RIVERA RODRÍGUEZ, Raúl; CASTAÑEDA SEGURA, Rodolfo; BOJÓRQUEZ LUGO, Ariel. *Consideraciones en la implementación de servicios de voz y video ip*. Diapositiva 21.

### 1.2.3. Funcionalidades del *PBX*

La funcionalidad principal del *PBX*, es establecer y mantener el canal que comunica a los usuarios por el tiempo que ellos requieran.

En el mercado existen varias empresas que se dedican a la fabricación de equipos *PBX*, empresas como: Ericsson, Panasonic, Siemens, Fujitsu, Cisco, NEC, Nortel, Samsung, o Toshiba, cada fabricante trata la manera de que su producto se diferencie al de sus competidores, añadiendo servicios de valor agregado.

A continuación se listan alguno de los servicios que ofrecen los sistemas telefónicos *PBX*.

- Operadora automática: permite transferir llamadas a las demás extensiones del *PBX* de forma automática a través de menús interactivos, eliminando así la manipulación física de una operadora. Gracias a las técnicas de reconocimiento de voz y/o de tonos *DTMF* generados al marcar el teclado del teléfono, el usuario puede interactuar de forma automática con el sistema *PBX*.
- Marcación rápida a números de servicio público, ejemplo: número de emergencias, estación de policías o bomberos.
- Buzón de voz: permite almacenar los mensajes de voz.
- Transferencia y desvío de llamadas hacia otras extensiones.
- Configurar una lista de números a los cuales se pueden direccionar la llamada, cuando la extensión marcada este ocupada o no conteste, la lista de números puede incluir extensiones y número de celulares.

- Mantener conversaciones en espera y atender una llamada entrante, con la opción *call park*.
- Servicio de reproducción de música para rellenar el silencio producido al mantener al llamante en espera, *Music on Hold (MOH)*.
- Sistema de cálculo: encargado de tarificar el coste de una llamada.
- *Caller identification (CallerID)*: opción que permite identificar al interlocutor llamante, el *CallerID* es enviado mediante tonos *DTMF* en líneas analógicas, mediante tonos R2 en líneas digitales E1 R2, y a través de los canales A y D en líneas digitales *BRI* o *PRI*.
- *Direct Dialling-In (DDI)*: permite enrutar las llamadas del exterior directamente a las extensiones del *PBX*.
- Establecer conversación entre más de dos terminales a través de conferencias.
- Restringir el acceso a determinados números identificados en las listas negras.
- Registro de las llamadas entrantes y salientes.
- Envío y recepción automática de faxes.
- El monitoreo y escucha de las llamadas.
- Almacenar y recuperar información en las bases de datos.
- Servicio de envío de mensajes cortos, *Short Message Service (SMS)*.

#### **1.2.4. Marcas y modelos de *PBX*'s**

En el mercado existe gran cantidad de modelos de *PBX*, dependiendo de las características que se requieran así será el costo de adquisición. La comparación de las diferentes marcas o modelos se realiza por la cantidad máxima de líneas internas y externas que estas puedan manipular. Por lo general en la mayoría de los *PBX*, el equipo básico puede ser ampliado para aumentar la cantidad de líneas disponibles, pero por lo general tiene un límite.

- Centrales híbridas Panasonic

Capaces de utilizar un mismo par telefónico para dos extensiones distintas, a través del uso de señalización fuera de banda con teléfonos Panasonic, existen también modelos que soportan tecnología inalámbrica.

Para hogares y pequeñas empresas existen modelos limitados en sus características, por ejemplo el modelo TA 824 permite conectar 8 líneas externas y 24 líneas internas como máximo.

- Centrales Siemens HiPath

Equipos *PBX* con una importante diversidad de modelos, características y tamaños. En la mayoría de los modelos la configuración básica puede expandirse a su máxima capacidad de líneas externas o internas. Uno de los modelos más sencillo el HiPath 1120, permite conectar 16 líneas internas y 6 externas como máximo.

El HiPath 2000 es un modelo intermedio que permite conecta hasta 30 usuarios, con integración de voz sobre *IP*, *Wireless* y administración remota. El HiPath 4000 es un modelo de mayor tamaño, puede conectar hasta 12 000 usuarios. El HiPath 8000 es el modelos de mayor tamaño soporta hasta 100 000 usuarios conectados al sistema, además soporta voz sobre *IP*.

- *PBX Intelbras*

Empresa brasilera que ofrece varios modelos. El básico 4015, soporta 2 líneas externas y 10 internos como máximo. El Corp 16000, soporta hasta 16 líneas externas y 64 internos. También se puede conseguir configurado en 8 líneas externas y 12 internas. El modelo 141 digital, puede conectarse hasta 45 líneas externas digitales y 96 internos. El Impacta 68, es un modelo que soportar hasta 30 líneas externas digitales y 6 analógicas, y hasta 32 internos, puede soportar voz sobre *IP* agregándole módulos adicionales.

- Servicio centrex

Este más que un equipo *PBX*, es un servicio virtual que ofrecen las compañías de telecomunicaciones, en la cual, el cliente paga por el servicio sin tener que encargarse del mantenimiento del *PBX*, debido a que este mismo está alojado en las instalaciones de la empresa que le provee el servicio. Centrex es utilizado especialmente por empresas que desean comunicar extensiones que estas ubicadas en distintos puntos geográficos.

### 1.2.5. Tipos de enlaces

Para que las terminales locales o extensiones del *PBX* puedan comunicarse hacia la *PSTN* o hacia otros equipos *PBXs*, es necesario según el modelo del *PBX*, conectar algún tipo de línea o enlace que cumpla con esta función, a continuación se mencionan algunos.

- Líneas analógicas: sólo permiten una comunicación simultánea por línea y en la transmisión de datos no soportan altas velocidades.
- Enlace digital E1: capaz de trasportar 30 canales de voz simultáneamente, tienen un ancho de banda de 2 Mbps y es instalado sobre un par de cable de dos pares o a través de fibra óptica.
- Enlace *ISDN*: permite la comunicación entre dos extremos, gracias a la conectividad digital que los estándares *ISDN* definen en esquemas de *hardware* y de configuración de llamadas a nivel mundial.
- Enlace entre centrales, el estándar mas adoptado es el *QSIG* que puede usarse en líneas *ISDN* o E1 y que al no ser propietario permite la interconexión con equipos de distintos fabricantes.
- Enlace voz sobre *IP*: capaz de trasportar las conversaciones telefónicas en las redes de datos o sobre cualquier medio físico que trasporta *IP*.
- Enlace *GSM*: tipo de enlace que incorpora un terminal móvil junto a un conversor permitiendo así la comunicación del *PBX* hacia la red *GSM*.

### **1.2.6. Conexiones analógicas vs. digitales**

Los diferentes tipos de señalación se deben llevar a través de conexiones análogas o digitales. Dependiendo de la conexión del abonado a la red, se debe configurar una señalización específica para emparejarlo con lo requerido por el prestatario de servicios. Las conexiones digitales del *PBX* a la red son comunes en muchos países; estos pueden ser T1 o E1 y llevar señalización de canal asociado (*CAS*) o del *PRI* utilizando señalización por canal común (*CCS*).

*CAS* es un método de señalización que permite la transmisión del estado colgado o descolgado mediante el establecimiento de los bits que están asociadas con cada canal de voz. Estos bits son transportados en la banda para T1 y fuera de banda para E1.

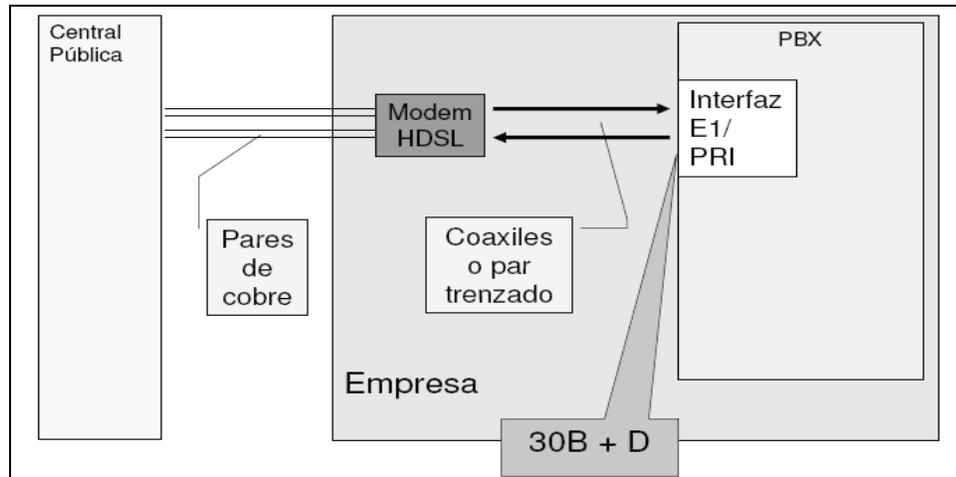
Una conexión *ISDN* utiliza el canal de D como el canal común para llevar los mensajes de señalización para el resto de los canales. *CCS* lleva la señalización fuera de la banda, lo que significa que la señalización y la ruta de voz no comparten el mismo canal.

### **1.2.7. Conexión digital E1 R2**

Casi todos los modelos *PBXs* admiten la conexión hacia la *PSTN* a través de un enlace E1 R2, que hace uso de la tecnología *high data rate digital subscriber line (HDSL)* para enviar hasta 2.048 Mb/s sobre 1 par de cobre a una distancia aproximada de 3 Km. *HDSL* hace uso del cableado de cobre existente para brindar servicios de alta velocidad. Utiliza modulación 2B1Q.

Al contratar el servicio E1 R2, algunos proveedores de telefonía pública arriendan los módem *HDSL*, necesarios para transmitir por el medio físico a 2 Mb/s. Estos módems pueden ser conectados directamente a las *PBX* y brindar 30 canales de voz.

Figura 10. **Ejemplo de conexión E1 R2 / PRI a la red pública**



Fuente: JOSKOWICZ, José. *Conceptos de telefonía corporativa*, p.26.

### 1.2.8. Tendencias actuales del sistema telefónico *PBX*

Actualmente una de las tendencias con mayor aceptación son los *PBX* con soporte de voz sobre *IP*, conocidos como *PBX-IP*, que utilizan el protocolo *IP* para transportar la información de las llamadas.

Por otro lado, la utilización de *PBXs* basados en *software* libre, como por ejemplo Asterisk, ha reducido considerablemente el costo de adquisición de una central telefónica.

Actualmente muchos proveedores de telefonía ofrecen a pequeñas y medianas empresas el servicio centrex, el cual consiste en obtener los beneficios de un *PBX* sin necesidad de invertir en el equipo.

Es importante hacer mención que una vez adquirido el sistema de telefonía, es probable que el uso se extienda por largo tiempo, es así como algunas centrales electromecánica aun en nuestros tiempos siguen usándose.

Por tanto se pueden determinar cuatro escenarios posibles para una central privada *PBX*, los cuales se listan a continuación.

- *PBX* convencional
- *PBX* convencional virtual (centrex)
- *PBX-IP*
- Centrex IP

## 2. TELEFONÍA *IP*

La telefonía *IP* es una tecnología robusta que emerge con más fuerza, permite la comunicación de voz entre dos puntos cualesquiera de una manera más económica, además ha sido capaz de converger a dos tipos de redes con tecnologías diferentes, la red de voz y la red de datos, que históricamente se encontraban separados. El éxito de la telefonía *IP* ha sido posible gracias a la disponibilidad de acceso a las redes de datos, evolución tecnológica y ancho de banda más económico.

Al igual que en el correo electrónico necesita de un identificador único en internet para la comunicación de textos y archivos, la telefonía *IP* permite tener una dirección *IP* como identificador único para la comunicación de voz, y no importando en que punto del planeta se éste ubicado, siempre y cuando se tenga acceso a una red de datos, se podrá seguir recibiendo o realizando llamadas.

Para transmitir la voz humana de una manera inteligible y lograr una comunicación exitosa sobre la red de datos, es necesario hacer uso de protocolos y estándares definidos por organismos internacionales para el uso de la telefonía *IP*, y de los cuales se describirán con más detalles en los siguientes puntos.

## **2.1. Protocolos**

Son los encargados de las funcionalidades de señalización, enrutamiento y transporte de datos, la aparición de estos protocolos han permitido desarrollar la voz sobre *IP*.

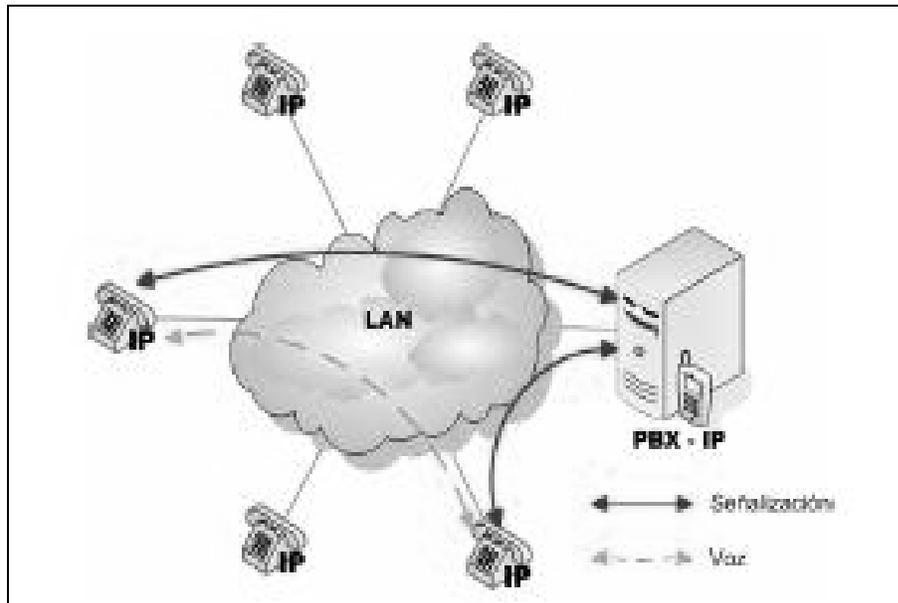
Uno de los estándares mas conocidos y populares el H.323, establecido por la *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T)* hasta la aparición del estándar *Sesion Initiation Protocol (SIP)*, establecido por la *Internet Engineering Task Force (IETF)*, la popularidad de H.323 fue decreciendo debido a que *SIP* desarrolló servicios de voz sobre *IP* en lugares domésticos y H.323 ha sido adoptado mayormente en redes troncales de voz, en donde todo se encuentra bajo el control del operador.

A continuación se describe con más detalle algunos protocolos, desglosados en tres categorías: señalización, enrutamiento y transporte.

### **2.1.1. Señalización**

En las redes de voz sobre *IP*, los canales de comunicación de voz y señalización están estrictamente separados, un servidor en lugar de un *PBX* convencional, es el que administra mayormente las sesiones de señalización, por otra parte los paquetes de voz son creados punto a punto en los extremos. Ver figura 11.

Figura 11. **Canales de comunicación de señales y de voz**



Fuente: TCHERNITCHIN LAPIN, Nikolai. *Diseño e implementación de una ip-contact center distribuida económicamente con fines docentes*, p. 8.

Para el establecimiento de llamadas, los protocolos más conocidos de señalización dentro de una red *IP* pura (es decir sin conexión con la *PSTN*) son H.323 y *SIP*.

#### **2.1.1.1. SIP**

Protocolo de control de señalización, encargado de establecer, mantener y terminar sesiones multimedia. Dichas sesiones multimedia pueden ser: voz sobre *IP*, conferencias, y otras aplicaciones similares que involucran audio, video y datos, *SIP* es usado en la capa de aplicación del modelo *OSI*.

*SIP* basa sus funcionalidades del sistema en dos componentes principales, uno de ellos el servidor encargado de proveer funcionalidades básicas y características claves del protocolo, y el otro componente es el usuario. Para que los participantes de una sesión *SIP* puedan localizar a los servidores y usuarios, es necesario asignarle a cada participante una dirección *SIP*, generándose de esta manera las transacciones *SIP*.

A continuación se describe en forma detallada cada participante del sistema *SIP*.

- Agentes usuarios

Son aplicaciones de clientes del sistema final, contienen un *user agent client (UAC)* y un *user agent server (UAS)*, conocidos en su forma mas simple como cliente y servidor.

- Clientes: inician solicitudes *SIP*
- Servidor: recibe solicitudes *SIP* y devuelve las respuestas a nombre del usuario

- Servidores de red

Existen dos tipos de servidores de red: *proxy* y los de redirección.

- Antes de pasar los encabezados de solicitudes a otros servidores, el servidor *proxy* los reescribe, adicional actúa en nombre de otros clientes y realiza funciones de servidor y cliente, cuando el *proxy* reescribe el encabezado pasa a ser el iniciador del pedido, y devuelve la respuesta por el mismo camino de vuelta hacia él y no hacia el cliente.

- Servidor de redirección, tipo de servidor que no acepta llamadas, no remiten solicitudes *SIP* más si las acepta y envía la respuesta redirigida al cliente con la dirección del próximo servidor.

- Direccionamiento

*SIP universal resource locators (URLs)* son direcciones *SIP*, que al igual que las direcciones de correo electrónico están de la forma usuario@host, en donde la parte del *host* puede ser una dirección *IP* o el nombre del dominio de la red, y la asociada al usuario puede ser un nombre o número de teléfono. La identificación del *SIP URL* es posible mediante la dirección de correo. A continuación, dos opciones de direcciones *SIP*.

sip: admin@gorrion.die.usac.gt

sip: 5626408080@146.83.6.74

- Localizando un servidor

Existen dos formas de envío de pedidos *SIP*, la primera es la directa, haciendo que la aplicación del sistema final conozca al servidor *proxy*, la segunda es configurando de manera local a un servidor *proxy* o al puerto y dirección que asocia al *SIP URL*, por varias razones detalladas a continuación, esta última forma de envío es mucho más complicada.

- El cliente no conoce la dirección *IP* y número de puerto del servidor al cual se enviará el pedido.
- Al no incluir el número de puerto en la *SIP URL* pedida, por defecto será el 5060.

- Al no estar incluido el protocolo en la *SIP URL*, para conectarse por primera vez el cliente debe usar los protocolos *user datagram protocol (UDP)* y *transmisión control protocol (TCP)*.
- Para conocer las dirección *IP* del *host*, el cliente debe acceder al *domain name system (DNS)*, y al no encontrar registros alguno de direcciones, el cliente no podrá localizar al servidor.
- Transacciones *SIP*

Son todas aquellas solicitudes y respuestas asociadas con el cliente y el servidor, para simplificar y hacer consistente las transacciones, los encabezados de mensajes de solicitudes y respuestas deben coincidir.

Las transacciones *SIP* pueden ser transmitidas tanto con el protocolo *TCP* como con *UDP*, para *TCP* una misma conexión transporta varias solicitudes y respuestas relacionadas con una única transacción. Es de mencionar también que en una misma conexión *TCP* se transportan separadamente transacciones *SIP*. En cambio al usar *UDP* la respuesta a la dirección especificada es enviada en el encabezado de la solicitud.

- Localizando un servidor

Una de las ventajas de la telefonía *IP*, es que el usuario destino puede moverse en varios puntos dentro de la misma red local o hacia otras redes. Un ejemplo podría ser, cuando el cliente está conectado inicialmente a su red *LAN* en la oficina y se moviliza hacia su hogar, pero necesita seguir comunicado, por tanto a través del acceso de banda ancha instalada en su hogar se conecta a la red de la empresa.

El servidor *SIP* se encargará de registrar todas las localizaciones de los sistemas finales, así como aquellas listas de ubicaciones que sean registradas en servidores externos.

Dependiendo del tipo de servidor que se utilice para localizar a un usuario, así será la acción y resultado esperado, con un servidor *proxy* se intentan direcciones en paralelo hasta lograr la llamada, para un servidor de redirección de acuerdo a la lista de ubicaciones se habilita al cliente y se localiza al usuario directamente.

- Mensajes *SIP*

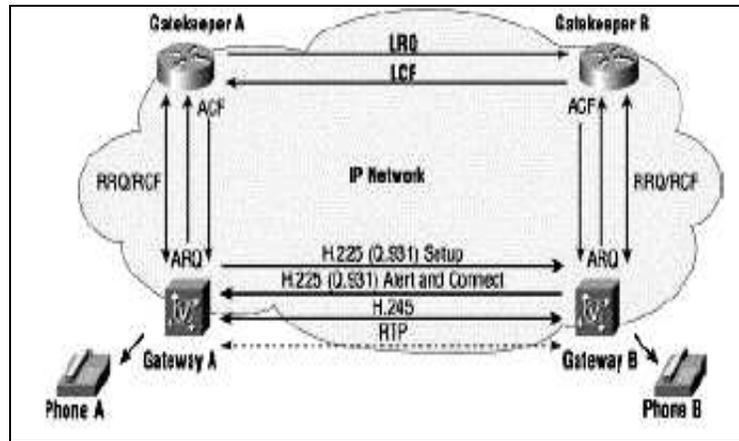
Son solicitudes iniciadas por los clientes y respuestas retornadas por los servidores, *SIP* al igual que *HTTP* es un protocolo basado en texto que tiene los campos, encabezados y sintaxis de mensajes idénticos, los encabezados describen detalles de la comunicación de cada mensaje *SIP*, a través de un nombre y un código de estado de tres dígitos se identifican a los mensajes de solicitud y respuesta, estando definidos en el estándar seis tipos de mensajes de respuesta y seis tipos de mensajes de solicitud, el envío de los mensajes *SIP* puede ser a través de *TCP* o *UDP*.

#### **2.1.1.2. H.323**

Considerado como protocolo umbral, diseñado para sistemas de comunicación multimedia sobre redes *LAN/WAN*, permite la transmisión en tiempo real de video y audio, la versión 1 fue normado en 1996 por la *UIT-T*, dicha versión no disponía de una calidad servicio, las primeras comunicaciones multimedia transportadas sobre redes *IP* utilizaron esta norma.

En 1998 fue normada la versión 2 y fue definido la aplicación *VoIP* independientemente de los multimedia, con el protocolo H.323 cursan billones de minutos al año de sesiones multimedia, esto debido a las aplicaciones domesticas y empresariales que en la actualidad están instaladas. H.323 esta compuesto de varios subprotocolos para llevar a cabo sus funciones.

Figura 12. Red H.323 Cisco Systems



Fuente: PIRIR GÓMEZ, Luis Américo. *Implementación de la tecnología softswitch para habilitación de una red multiservicio de nueva generación en proyectos estratégicos a nivel residencial y de empresas*, p.35.

### 2.1.1.2.1. Componentes de H.323

Son los encargados de proveer las comunicaciones punto a punto y multipunto en redes unificadas, son cuatro los componentes que especifica el estándar H.323, siendo estos los terminales, gateways, gatekeepers y las unidades de control multipunto, ver figura 12.

- Terminales

Componentes encargados de la comunicación bidireccional en tiempo real de sesiones multimedia entre usuarios, la comunicación puede realizarse a través de una computadora, un gateway o una unida de control multipunto. Todos los terminales soportan comunicaciones de audio y algunos pueden soportar comunicación de datos y video.

- Gateway

Llamado también pasarela, tiene como función principal proporcionar comunicación bidireccional en tiempo real entre terminales H.323 conectados a la red de datos y componentes conectados a la red conmutada. Es decir, reflejar las características de un extremo en la red *IP* a otro en una red conmutada y viceversa.

En general, los gateways de interconexión tienen que proporcionar los siguientes mecanismos o funciones:

- Adaptar la señalización en el establecimiento y terminación de las llamadas.
- Controlar los medios de manera que pueda identificar, procesar e interpretar eventos relacionados con el servicio generado por usuarios o terminales.
- Adaptar los medios de acuerdo a los requerimientos de las redes.

- El gatekeeper

Unidad encargada de la traducción de direcciones, control de acceso a los terminales de la red, control de gestión del ancho de banda y localización.

Para preservar la integridad de la red de datos corporativa, el gatekeeper realiza dos funciones de control de llamadas, una es el traslado de direcciones de los terminales a sus correspondientes *IPs*, la otra es la gestión del ancho de banda, definiendo un número máximo de conferencias que pueden estar dándose simultáneamente, así mismo rechazar las nuevas peticiones cuando se alcance el máximo establecido, con esto se garantiza el ancho de banda necesario par las otras aplicaciones de datos sobre la red *LAN*. Las funciones anteriormente descritas son aplicables a los terminales, gateways y unidades de control multipunto.

En general, el gatekeeper proporciona los siguientes servicios:

- Servicios de *domain name server (DNS)* entre los equipos de *VoIP*.
- Traduce direcciones fuente a direcciones de transporte, a través del uso de la tabla de traducción que es actualizada con los mensajes del registro.
- Concede o niega el acceso de las llamadas, hace uso de los mensajes *registration admission and status (RAS)*, *admisión request (ARG)*, *admission confirmation (ACF)*, *admission reject (ARJ)*, para controlar la admisión de los puntos finales entre la red H.323.
- A través de la señalización el gatekeeper ordena, aprende y conoce los puntos finales para conectar la llamada.

- El gatekeeper en conjunto con el gateway pueden autorizar o restringir las llamadas a ciertos números dentro de la red.
- *Multipoint control unit (MCU)*

Diseñado para soportar la conferencia entre tres o más puntos bajo el estándar H.323, entre sus funciones está el negociar entre terminales, para determinar las capacidades comunes en el proceso de audio, vídeo, controlar la multidifusión, administrar los recursos de las conferencias y determinar el codec de audio o video que se usará.

#### **2.1.1.2.2. Protocolos especificados por H.323**

Dentro de los más importantes están aquellos que se usan para la configuración, administración y terminación de llamadas, en general, los protocolos especificados por H.323 se describen a continuación.

- H.225: protocolo que permite establecer la conexión y desconexión en los mensajes de señalización de llamada, también describe el funcionamiento de los protocolos *registration, admission and status (RAS)* y Q 931. H225 define cómo identificar los tipos de codificador, además discute los conflictos y redundancias entre *real time control protocol (RTCP)* y H.245.
- Q.931: protocolo definido originalmente en la señalización de acceso *ISDN* básico *BRI*, utilizado para la señalización de llamada en las redes *IP*.

- *RAS*: protocolo entre puntos finales (terminal, gateways) y el gatekeepers, permite que una estación H.323 pueda localizar a otra, además este protocolo es usado para ejecutar registros, controles de admisión, cambios de ancho de banda, status, y procedimientos de desconexión entre los puntos finales y el gatekeepers.
- H.245: protocolo de señalización capaz de transportar información no telefónica durante la conexión, es utilizado por comandos generales, indicaciones, control de flujo, gestión de canales lógicos, etc. Se usa en las interfaces, terminal a terminal y terminal a gatekeepers. En particular codifica los dígitos *DTMF*.
- H.235: provee una mejora sobre H.323 mediante el agregado de servicios de seguridad, autenticación y privacidad, trabaja soportado H.245 como capa de transporte.

### **2.1.1.3. MGCP**

*Media gateway control protocol (MGCP)*, protocolo estándar utilizado en el control de los gateways de voz sobre *IP* que se conectan a la *PSTN*. Proveen la capacidad de señalización para dispositivos dedicados en la señalización de voz.

Al ocurrir un evento en el puerto de un gateway, dicho puerto reporta el evento a los dispositivos extremos de control de llamadas, conocidos también como agentes de llamadas, que a su vez están conectados al gateway de voz sobre *IP*. Para que finalmente uno de los agentes señalice al dispositivo y le provea del servicio solicitado.

#### 2.1.1.4. Comparación entre protocolos de señalización

Las mayores diferencias entre el tráfico de datos y la telefonía *IP* son los métodos de señalización utilizados. Los protocolos *H.323* y *SIP* proveen la señalización de llamadas entre usuarios finales, en cambio el *MGCP* controla la señalización entre los puntos de unión de redes, como gateways, a través de los agentes de llamadas.

Tabla III. Comparación entre protocolos de señalización

	<b>H.323</b>	<b>SIP</b>	<b>MGCP</b>
<b>Estandarización</b>	<i>UIT-T</i>	<i>IETF</i>	<i>IETF</i>
<b>Arquitectura</b>	Distribuida	Distribuida	Centralizada
<b>Transporte de señalización</b>	<i>TCP, UDP</i>	<i>TCP, UDP</i>	<i>UDP</i>
<b>Multimedia</b>	Si	Si	Si
<b>Codificación de control de Llamadas</b>	Notación abstracta	Texto	Texto
<b>Servicio suplementarios</b>	Provisto por los terminales o por control de llamados	Provisto por los terminales o por control de llamados	Solamente provisto por el control de Llamados

Fuente: TCHERNITCHIN LAPIN, Nikolai. *Diseño e implementación de una ip-contact center distribuida económicamente con fines docentes*, p.16.

### **2.1.2. Enrutamiento**

Una vez codificada la voz, la red lo interpreta como un paquete de datos, por tanto los protocolos de enrutamiento son los mismos que se utilizan en los datos tradicionales. Sin embargo fue necesario introducir el concepto *Quality of Service (QoS)* para mejorar la calidad del servicio, brindándole a los protocolos de enrutamiento la función de discriminación de paquetes, dándole mayor prioridad a los paquetes de datos que transportan servicios de tiempo real como la voz.

#### **2.1.2.1. RTCP**

*RTP control protocol (RTCP)*, protocolo de comunicación asociado a un flujo de datos para una aplicación multimedia, encargado de proporcionar información de control, no transporta ningún dato por sí mismo y trabaja en conjunto al *real-time transport protocol (RTP)* en el transporte y empaquetado de datos multimedia. Su función principal es informar la calidad del servicio que provee el *RTP*. El protocolo *RTCP* recoge estadísticas de conexión e información, por ejemplo paquetes enviados, bytes enviados, paquetes perdidos entre otros. La información contenida en *RTCP* puede ser usada por una aplicación e incrementar la calidad de servicio, ya sea limitando el flujo o usando un codec de compresión más baja.

En *RTCP*, los participantes de la sesión se basan en una transmisión periódica de paquetes de control entre ellos mismos, usando el mismo mecanismo de distribución que los paquetes de datos *RTP*. Además *RTCP* provee multiplexación de los paquetes de control y datos usando distintos puertos en *UDP*.

### 2.1.3. Transporte

*RTP* es el protocolo de transporte en tiempo real, y tiene como función entregar de extremo a extremo el audio o video. En redes de datos basadas en *IP*, *H.323* es usado para transportar datos, en cambio *RTP* es usado para transportar datos vía el protocolo *UDP*; *RTP* en conjunto con el protocolo *UDP* son capaces de proveer la funcionalidad de protocolo de transporte. Mientras que *RTP* provee identificación tipo carga útil, numeración secuencial y monitoreo de entrega, *UDP* se encarga de la multiplexación y esquema simple de detección de error.

## 2.2. Codecs

Acronimo de codificador-descodificador, son algoritmos matemáticos implementados en *software*, capaces de digitalizar, codificar, comprimir y descomprimir la señal de audio antes de ser transmitida por la red *IP*.

En la actualidad existen varios modelos de codecs utilizados en voz sobre *IP*, y de acuerdo al algoritmo escogido para la transmisión, así será la calidad de voz, el ancho de banda necesario y la carga computacional. El objetivo principal de esta tecnología es encontrar un equilibrio entre eficiencia y calidad de voz. Aunque las frecuencias comprendidas entre 20 Hz–20 KHz son captadas por el sistema auditivo humano, la mayoría de codecs procesan la información dentro de la banda de 400 Hz–3,5 kHz , debido a que la señal sigue siendo inteligible a la hora de su reconstrucción. A continuación se describen los codecs más utilizados en voz sobre *IP*.

- G.711: codec estandarizado por la *UIT-T*. implementado principalmente en la red *PSTN*, utiliza *pulse-code modulation (PCM)* para comprimir, descomprimir, codificar y decodificar, opera a 64 kbps con un muestreo de frecuencia de 8 kHz.
- G.726: conocido como *adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)*, estandarizado por la *UIT-T*, en 1990 sustituyó al obsoleto estándar G.721. Permite trabajar a velocidades de 16 kbps, 24 kbps y 32 kbps. Su mayor ventaja es la disminución de ancho de banda requerido sin aumentar en gran medida la carga computacional.
- G.723.1: codec estandarizado por la *UIT-T* en 1995, puede operar a 6.3 kbps o 5.3 kbps. Es necesario pagar licencia si la aplicación es con fines comerciales.
- G.729A: algoritmo desarrollado por France Telecom, Mitsubishi Electric Corporation, Nippon Telegraph and Telephone Corporation y la Universidad de Sherbrooke, necesita de un ancho de banda de 8 kbps a cambio de una elevada carga computacional, adicional es necesaria una licencia para su uso comercial.
- *GSM*: estándar que opera a 13 kbps con una carga computacional aceptable. No requiere el pago de licencia.
- *Internet low bit rate codec (iLBC)*: algoritmo complejo de uso libre desarrollado por *Global IP Sound (GIPS)*, estandarizado por *IETF* y definido en los RFCs 3951 y 3952, ofrece una buena relación a cambio de una mayor carga computacional, opera a 13.3 kbps y 15.2 kbps.

- Speex: *software* libre creado por Xiph.Org Foundation con capacidad de *variable bit rate (VBR)*, que dependiendo de las condiciones actuales de la red puede variar la velocidad de transmisión, el ancho de banda puede estar en el rango de 2.15 kbps– 22.4 kbps.

### 2.3. Seguridad

Para las redes de voz sobre *IP* existen varias amenazas en los sistemas operativos, teléfonos, protocolos, dispositivos de red y el *software*. La información que transporta una llamada telefónica es muy valiosa, por ejemplo en un servidor, una señal comprometida podría usarse para configurar y dirigir llamadas, un atacante informático puede adquirir listas de entrada y salidas de llamadas, su duración y sus parámetros, inclusive grabar las llamadas y obtener datos del usuario.

Al secuestrar una llamada, el atacante podría interceptar una conexión y modificar los parámetros de la llamada sin que el usuario note algún tipo de cambio. Las posibilidades incluyen redireccionamiento de llamada, técnica de robo de identidad.

Otro punto sensible en las redes de voz sobre *IP* es la disponibilidad que estas deben poseer, esta disponibilidad es raramente un problema para la red *PSTN*, por eso es mucho más fácil interceptar un red de voz sobre *IP*.

Los teléfonos *IP* aunque en apariencia sean muy parecidos a los teléfonos convencionales, son ordenadores con *software* y están expuestos con los mismos agujeros de seguridad que pueden hacer que un sistema operativo pueda estar en disposición total del intruso.

Una de las formas para prevenir los ataques de los intrusos es a través del uso de la encriptación, aunque lógicamente no es sencillo capturar y decodificar los paquetes de voz, si puede hacerse, desafortunadamente esta técnica utiliza cierto ancho de banda.

*Virtual personal network (VPN)*, *Internet Protocol security (IPsec)* y otros protocolos como el *secure RTP (SRTP)*, son métodos de encriptación. La clave de un buen funcionamiento de la encriptación es saber escoger un algoritmo rápido, eficiente, y emplear un procesador dedicado de encriptación.

Es recomendable incluir en el proceso de seguridad a todos aquellos elementos que componen la red de voz sobre *IP*, tales como *switches*, servidores de llamadas, routers y teléfonos *IP*, estos elementos deberán de estar actualizados en términos de parches, y cada uno configurado de una manera correcta. Se observa que es el mismo tipo de precauciones tomadas cuando se añaden nuevos elementos a la red de datos, solo que ahora estas precauciones hay que incluirlas en la redes de voz sobre *IP*.

En la red de voz sobre *IP* es recomendable incluir ya sea un firewall o bien un *intrusion detection system (IDS)* para mejorar el sistema de seguridad. Un firewall utiliza listas de accesos y otros métodos, para prevenir accesos no deseados a la red privada, en cambio un *IDS* hace un análisis en tiempo real del tráfico en la red, buscando anomalías y mal usos de los *host* o direcciones que quiera entrar a lugares no autorizados.

### 2.3.1. Calidad de servicio

*Quality of service (QoS)* o calidad de servicio experimentada por el usuario final en la telefonía *IP*, se ve afectada por los sucesivos procesos de codificación, decodificación, *buffering* en los terminales, encolamiento, pérdidas de paquetes en la red, provocando demora de extremo a extremo y afectando la interactividad en la conversación.

Las redes *IP* comunes no ofrecen garantía de *QoS*, pero las aplicaciones de telefonía *IP* si necesitan ésta garantía en términos de demora, *jitter* y pérdida de paquetes. Por tal motivo existen mecanismos de señalización de cara a la red que garantizan la *QoS*, tales como *IntServ* y *DiffServ*.

Es recomendable no solo buscar *QoS* en la red, sino también en todos aquellos elementos que de alguna manera están involucrados en el servicio de voz sobre *IP*, tales como terminales y procesos desarrollados, cabe mencionar que en gran medida la pérdida de paquetes, la demora, las fluctuaciones experimentadas, dependen de los mecanismos implementados en los terminales.

Tanto en el envío como en la recepción de información por la red *IP*, se ven involucrados procesos de digitalización, compresión y empaquetado, que al final son procedimientos que siguen determinado algoritmo.

La demora de procesamiento es producida por la ejecución del algoritmo de codificación, que entrega un *stream* de *bytes* listos para ser empaquetados, y la demora de paquetización es el tiempo que se requiere para formar un paquete de voz a partir de los *bytes* codificados.

La forma en que se lleva a cabo la codificación y paquetización afectan a la *QoS*, por tal motivo debe existir un compromiso entre la demora de paquetización y la utilización del canal, debido que al reducir la velocidad de codificación los requerimientos de ancho de banda también se reducen, lo que posibilita de cara a la red poder manejar más conexiones simultáneas, a cambio de incrementar la demora y la distorsión de la señales de voz. Lo contrario ocurre al aumentar la velocidad de codificación, es decir, la búsqueda de mayor utilización del canal conduce a mayor demora de paquetización para cierto estándar de codificación.

Dependiendo del codec utilizado, así será la demora resultante en relación con la utilización del canal, detalle que se percibe cuando la utilización del canal supera el 50%, con crecimiento en la demora de forma exponencial para los codecs de baja velocidad como G.723. Esta demora podría ser reducida mediante la multiplexación de varias conexiones de voz en el mismo paquete *IP*.

## **2.4. Evolución de arquitectura de la telefonía *IP***

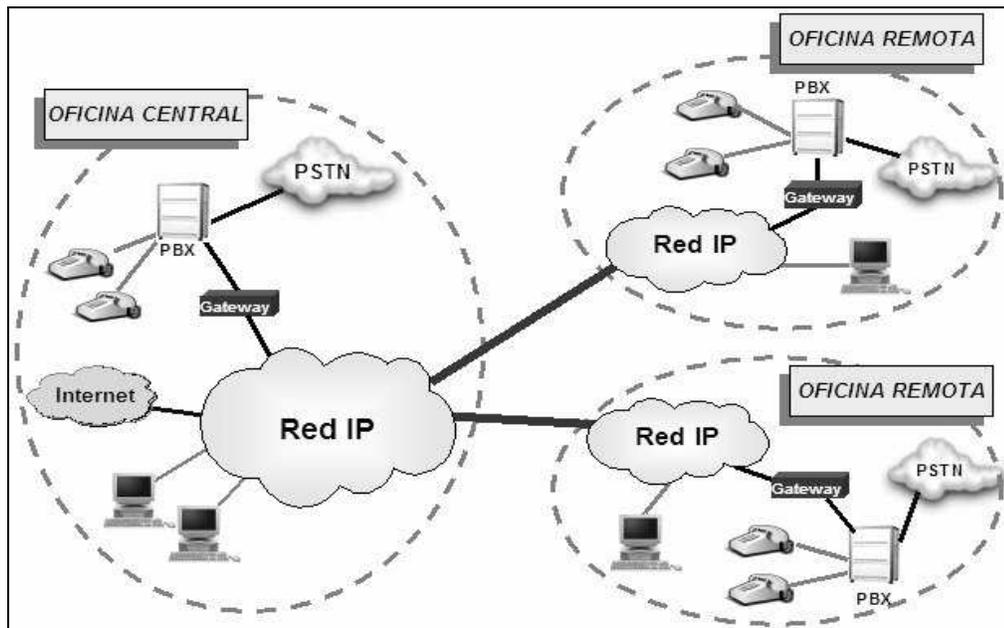
La evolución de la telefonía *IP* en el mercado presenta tres fases fundamentales.

### **2.4.1. Fase inicial**

Esta fase hace referencia a realizar un *by-pass* a la red telefónica tradicional, ver figura 13. Fue el comienzo de las primeras llamadas telefónicas sobre la red de datos, para hacer esto posible es necesario la configuración y diseño de la red, además de la implementación de gateways que permiten interconectar la red de datos *IP* con la red telefónica tradicional.

Con este tipo de sistema es posible realizar llamadas de larga distancia utilizando la infraestructura de redes *IP* entre puntos extremos, obteniendo un ahorro de dinero significativo, siendo este último el principal impulsor de dicha tecnología.

Figura 13. **Fase inicial de telefonía *IP***



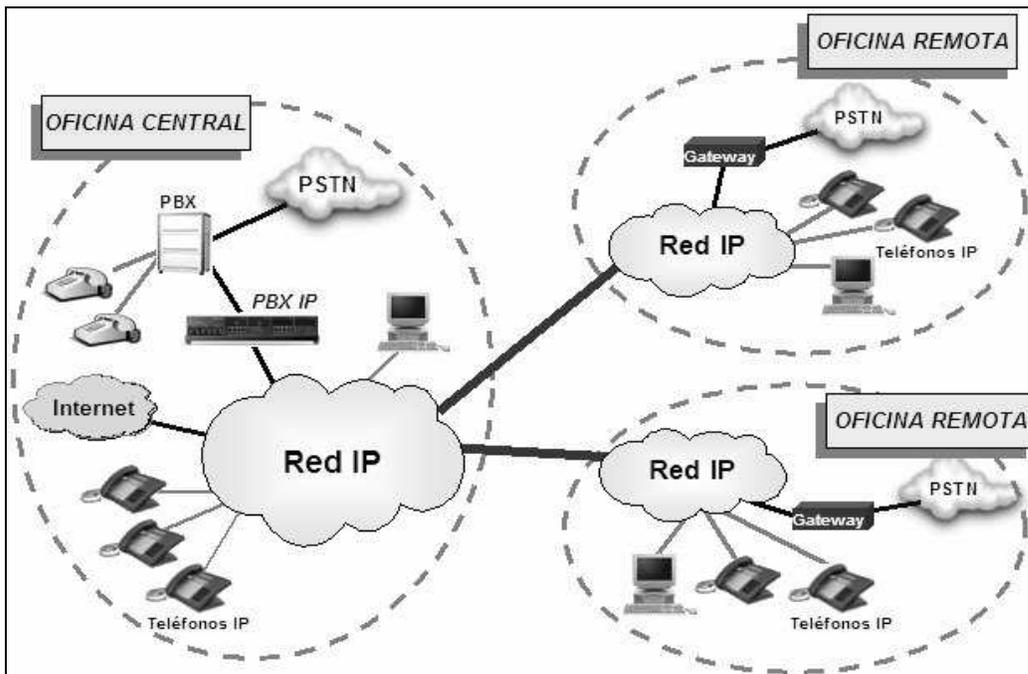
Fuente: ROMÁN LOIS, Felipe Arturo. *Plan de negocios para una empresa que ofrece servicios de telefonía por internet*, p.16.

#### 2.4.2. Fase intermedia

En esta etapa las empresas incluyen en sus redes de datos productos de telefonía *IP* tales como teléfonos y servidores de gestión para diversas aplicaciones, activando el servicio de telefonía sobre la red de datos a puntos remotos y usuarios seleccionados.

Como principales beneficios de esta etapa se pueden destacar: la reducción de costos en la administración y despliegue de accesos remotos, comunicación telefónica interna sobre la red de LAN, simplificación de la consolidación de la red. Ver figura 14.

Figura 14. Fase intermedia de telefonía IP



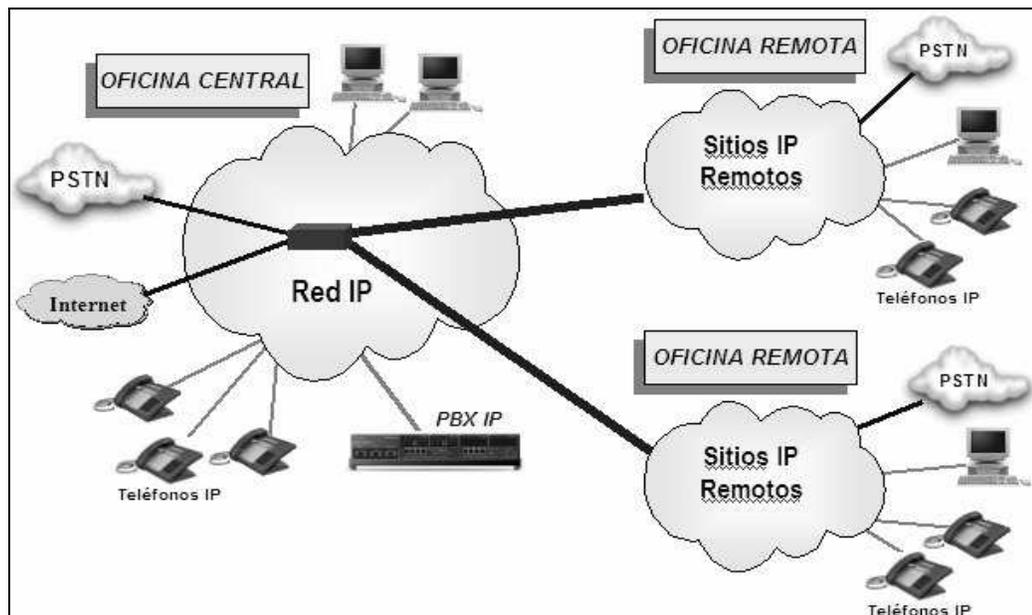
Fuente: ROMÁN LOIS, Felipe Arturo. *Plan de negocios para una empresa que ofrece servicios de telefonía por internet*, p.17.

### 2.4.3. Fase de consolidación

En esta fase en donde se da la penetración de las centrales telefónicas *PBX-IP*. También se observa una reducción de costos en equipos y dispositivos con el objetivo de fomentar la penetración de la nueva tecnología.

En esta fase los dispositivos telefónicos *IP* son los dominantes a nivel de usuario de empresa y los *PBX-IP* controlarán las aplicaciones y servicios telefónicos al interior de la red *IP*. Esto se puede apreciar en la figura 15.

Figura 15. Fase de consolidación de telefonía *IP*



Fuente: ROMÁN LOIS, Felipe Arturo. *Plan de negocios para una empresa que ofrece servicios de telefonía por internet*, p.17.

## 2.5. Ventajas e inconvenientes de usar telefonía *IP*

Existe una serie de ventajas e inconvenientes pero antes cabe distinguir tres ámbitos distintos para el uso de la telefonía *IP*.

- Usuario residencial: uso de internet para la transmisión de voz y video
- Usuario corporativo: interconexión de sedes y trabajadores con acceso remoto
- Operadores: uso propio de la red *IP*

A continuación se describen las ventajas y desventajas del usuario residencial y corporativo.

- Ventajas para el usuario residencial
  - Menor costo en los servicios de voz, esto dependiendo de las condiciones de competencia y regulación del mercado.
  - Implementación de servicios integrados, ejemplo: mensajes de voz en la cuenta de correo electrónico, acceso a la Web por telefonía móvil.
- Desventajas para el usuario residencial
  - Alto costo de implementación de la tecnología
  - Calidad de servicio y seguridad

- Ventajas para el usuario corporativo
  - Incremento de la velocidad organizativa, gracias a la integración de nuevas oficinas e implantación de nuevas aplicaciones.
  - Reducción en costos de infraestructuras de red, debido a que la red de datos y la red de telefonía se hacen una sola así como el mantenimiento y su administración, permitiendo reducir costos de personal y administración.
  - Mejora en la productividad del personal, con los beneficios de mensajería unificada, optimización de las tareas administrativas, uso de videoconferencias, comunicación remota, entre otras.
  - Mejora de los call centers, integrando la atención al cliente tanto telefónico como a través de internet, y optimizando las compras electrónicas a través del teléfono.
  
- Desventajas para el usuario corporativo
  - Madurez tecnológica, la telefonía *IP* aun no ha llegado a su madurez tecnológica lo que puede traer inconvenientes.
  - Calidad de transporte no garantizada en internet, requerimientos de ancho de banda, pérdida de paquetes, retardo y variaciones de retado, todos estos pueden afectar la calidad d voz.
  - Elevado costo de la solución *IP*.
  - Elevado costo de cambio de la tecnología.

## **2.6. Planificación e implementación de sistemas de telefonía IP**

La telefonía *IP* ha tenido buena aceptación en empresas que optan por reducir sus costes, aumentar su productividad e innovar su organización, No obstante, para adquirir un servicio de voz de alta calidad no basta con comprar lo último en equipo de telefonía *IP*.

El éxito de implementar un sistema de telefonía *IP* en una empresa, se debe en gran medida al conocimiento de la infraestructura de la red de datos para determinar si cumple con los requisitos de esta nueva tecnología.

Además es necesario planificar, elegir e implementar la solución de telefonía *IP* que mas se adecue a las necesidades de la empresa en donde se desea implementar.

Estos son los principios básicos relativos a la planificación e implementación de un sistema de telefonía *IP* en una empresa.

### **2.6.1. Requisitos de red para el sistema de voz de alta calidad**

Para que la telefonía *IP* sea de alta calidad, la infraestructura de la red de datos *LAN/WAN* debe ofrecer un nivel de rendimiento suficiente y cumplir con ciertos requisitos mínimos de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

- Nivel suficiente de rendimiento

Este dato se debe en gran medida a que el sistema de voz sobre *IP* requiere de cierto ancho de banda para su funcionamiento, y debido a que este último varía en función del número de llamadas simultáneas y del codec utilizado por el auricular o *softphone*, es necesario determinar el número de llamadas simultáneas que se establecerán, así como el tipo de codec a implementar para obtener un buen rendimiento del sistema, por ejemplo al utilizar el codec G.711 con compresión de encabezado *RTP*, el ancho de banda necesario por llamada es de 82 Kbps, con *ADPCM* sin compresión se requiere 52 Kbps y con G.729 sin compresión es de 26 Kbps por llamada.

- Requisitos de latencia y jitter

La latencia es el tiempo que lleva muestrear la voz de origen, empaquetarla, enviarla por una red *IP*, desempaquetarla y reproducirla al usuario destino, en otras palabras es el tiempo transcurrido desde que la voz sale de la boca hasta que llega al oído. Por tanto una de los factores que provocan alta latencia es la distancia, provocando retardo en la comunicación e interrupción en el flujo natural de la conversación, lo que hará que los interlocutores confundan la latencia por pausas en la conversación.

Para llamadas de alta calidad, la latencia no debe superar los 100 ms (milisegundos) en una dirección, y los 150 ms para llamadas de voz de calidad aceptable. A los 150 ms los retrasos se hacen perceptibles pero los interlocutores aún pueden mantener una conversación.

El jitter es la variación de latencia producida en redes *LAN* y *WAN* como consecuencia de que los paquetes de telefonía *IP* llegan a su destino en patrones irregulares. Entre los principales causantes del jitter se encuentra la congestión de red, métodos de cola utilizados en enrutadores y conmutadores, opciones de enrutamiento como *multiprotocol label switching (MPLS)* y retransmisión de marcos utilizadas por los proveedores. Una forma para disminuir el jitter, podría ser medir el jitter del sistema y cambiar dinámicamente el tamaño de los búferes de recepción y así optimizar la calidad de la voz.

- Requisitos de pérdida de paquetes

Perdida ocasionada por la congestión en la red, larga distancia y mala calidad de línea, produce efectos de sonido metálico e interrupciones en la conversación. La pérdida de paquetes no se puede recuperar debido a que *RTP* se ejecuta en el protocolo *UDP*. Cabe mencionar que la calidad de voz se vería mermada aunque solo se perdiera el 1 o 2 % de los paquetes de telefonía *IP*.

### **2.6.2. Lista de control para la evaluación e implementación de telefonía *IP***

Es muy importante que antes de comprar cualquier equipo de telefonía *IP* se haga una evaluación que determine la mejor forma de implementar la telefonía *IP* en la empresa, a continuación se describe una serie de puntos a tomar en cuenta.

- Analizar los requisitos empresariales

Es importante definir el uso que se le dará al sistema de telefonía *IP*, predecir cuál será la frecuencia y cantidad de llamadas en la red, además determinar el número de sedes que abarcará el sistema. El ancho de banda es también un dato importante a tomar en cuenta, ya que variará en función del volumen de llamadas, aplicaciones utilizadas e incluso los codec instalados en los teléfonos *IP*. Por ejemplo, se requiere de un ancho de banda de 820 Kbps para admitir simultáneamente 10 llamadas usando el codec G.711.

Las aplicaciones podrían ser video, voz, basadas en Web, correo electrónico, copias de seguridad y exploración Web, cada una de ellas con un determinado consumo de ancho de banda. A medida que se conozca la carga de aplicaciones sobre la red ayudará a satisfacer las demandas en tiempo real de la telefonía *IP*.

Es importante también planificar el sistema de modo que pueda ampliarse en el futuro, debido que en la actualidad tal vez solo se requiera de diez llamadas por minuto, pero más adelante puedan ser 30 llamadas, por tanto el sistema debe tener capacidad de crecimiento.

- Realizar una evaluación de la red de datos

Para que la telefonía *IP* pueda brindar un servicio de voz de alta calidad, se requiere de una red ethernet conmutada de 10 Mbps, 100 Mbps o Giga ethernet, actualizar los equipos de red, hacer uso de redes *LAN* virtuales para transmitir la voz, limitar o eliminar los protocolos de difusión o chat. Esta evaluación es de mucha importancia debido a que constituye un indicador muy claro de la disponibilidad de la red para admitir un sistema de telefonía *IP* y otras aplicaciones en tiempo real.

- Conectividad en varias sedes de la empresa

Se debe determinar el número de conexiones entre las diferentes sedes, así como definir el ancho de banda de la red *WAN* que existe en cada una sede y determinar el número de llamadas de voz requeridas por cada una de ellas.

Los sistemas de telefonía *IP* pueden ser implementados en circuitos *WAN* compartidos, dedicados o en servicios *IP* administrados, conexiones *digital subscriber line (DSL)* podrían ser utilizados para conectar oficinas pequeñas.

- Calidad de servicio en la red

La calidad de servicio jugará un papel importante dentro del sistema de telefonía *IP*, debido a que le deberá dar prioridad al tráfico de voz con respecto al resto del tráfico sensible a retrasos, de modo que las conversaciones de voz no se vean interrumpidas por las grandes transferencias de datos.

- Se debe establecer *service level agreement (SLA)* o acuerdo de nivel de servicio

Es necesario negociar con el proveedor de servicios *WAN* un *SLA* que garantice un alto rendimiento en la red, disponibilidad, y cantidades aceptables de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

### **3. *PBX-IP***

#### **3.1. Fundamentos del *PBX-IP***

El sistema telefónico *PBX-IP* tiene la capacidad de proveer llamadas telefónicas sobre redes de datos *IP*. Todas las conversaciones telefónicas son transformadas a paquetes de datos que luego son enviadas por la red. Este nuevo sistema telefónico incluye opciones avanzadas de comunicación, así como la posibilidad de conectar líneas telefónicas *PSTN* y también provee una dosis de escalabilidad y robustez, que al final es lo que muchas empresas buscan con este nuevo sistema.

El *PBX-IP* reemplaza la parte central del *hardware PBX* convencional por la propia red *IP*, pasando el procesamiento de las llamadas a un servidor. Este procesamiento y las funciones como conmutación de llamadas, y acceso a las extensiones pueden ser distribuidos a través de diferentes plataformas o, incluso, de forma externa, constituyendo de esta forma una alternativa de mucha mayor flexibilidad.

Permite integrar la telefonía a una computadora de forma más sencilla, ofreciendo la posibilidad de introducir nuevos servicios. También es la única alternativa para compartir completamente la infraestructura de voz y datos, con el consiguiente ahorro de costes.

Tal y como se determino en el capítulo anterior, la integración con gateways para *PBX* convencionales es una alternativa seguramente más costosa y compleja. Debido a que este modelo solo utiliza a la red *IP* como medio de transporte, mientras que la arquitectura *IP* pura implementa al *PBX-IP* con muchos más servicios.

Ahora bien respecto a la estabilidad y fiabilidad argumentada por los defensores de modelos *PBXs* convencionales, las redes ethernet configuradas adecuadamente con conmutadores avanzados están acercándose a la fiabilidad típica de las redes de voz, expresada en los clásicos cinco nueves (99.999%).

### **3.1.1. Características del *PBX-IP***

La integración de funciones a base de *software* que antes solo era posible en sistemas propietarios basados en *hardware*, ha logrado que las características del sistema *PBX-IP* sean varias, a continuación se mencionan algunas de ellas.

- Son escalables, fáciles de instalar y simples de manejar. Un sistema telefónico que es escalable puede crecer con un negocio, si es fácil de instalar libera tiempo para otras tareas y si es fácil de gestionar asegura que la empresa puede centrarse en sus clientes y no en la tecnología de su sistema telefónico.
- Tiene la capacidad de proveer a sus usuarios el acceso a herramientas de comunicación corporativa desde cualquier ubicación. Permitiendo ofrecer soluciones sin comprometer la seguridad.
- El administrador de red puede manejar el sistema telefónico de la empresa desde un navegador Web, además será capaz de supervisar las llamadas en tiempo real y realizar un seguimiento de registros de llamadas, característica útil en el diagnóstico de problemas o cuestiones que puedan surgir.
- Permite comunicaciones unificadas, agrupando los mensajes de texto, voz y fax, a un solo buzón de mensajería.

- Permite la libre comunicación entre las oficinas que pertenecen a una empresa multi-sucursal, incluso si están situadas en diversas partes del mundo.
- Para trasladar un teléfono basado en *IP* basta con desenchufarlo y volverlo a enchufar en otro punto con acceso a la red de datos. Esto permite evitar los costosos servicios necesarios para trasladar un teléfono de un proveedor de *PBX* tradicional.
- Incluye probablemente un *interactive voice response (IVR)*, capaz de dirigir las llamadas externas a los usuarios internos con extensiones telefónicas.

Desde la introducción del *PBX-IP* al mercado, poco a poco ha ido sustituyendo los actuales sistemas *PBX* tradicionales, muchas tareas de gestión han llegado a ser mucho más simples.

### **3.1.2. Diferencia entre sistemas *PBX-IP* y los *PBX* convencionales**

La diferencia entre los sistemas *PBX-IP* y los *PBXs* convencionales puede ser difícil de entender. Ambos tienen en su núcleo una computadora, proveen control de llamadas y funciones avanzadas, los dos tienen líneas telefónicas en un extremo y equipos telefónicos en el otro.

La mayor diferencia es que el *PBX-IP* ha pasado todas sus funciones a una computadora, en vez de separarlos entre múltiples módulos de *hardware* como lo hace el *PBX* convencional. Significa que agregar características a un sistema telefónico basado en *software*, es sólo cuestión de cambiar el código del *software* para añadir una mejora.

Generalmente en un *PBX* convencional, agregar funciones implica desarrollar o modificar módulos basado en *hardware*, utiliza su propia infraestructura física de 2 hilos, los terminales digitales son cerrados, la señalización entre *PBXs* suelen ser protocolos propietarios, la gestión y mantenimiento no es tan amigable y es algo complejo, el desarrollo de aplicaciones o servicios de valor agregado es muy limitado.

Las diferencias descritas con anterioridad le dan cierta ventaja a los sistemas *PBX-IP*, debido a que los sistemas basados en *software* son capaces de brindar mucha más funciones avanzada que los *PBX* convencionales basados en *hardware*, a un precio mucho más económico.

Además un *PBX* convencional es un sistema asociado a un lugar determinado, pero un *PBX-IP*, es similar al estilo internet, puede integrar múltiples dispositivos geográficamente dispersos dotándolos de capacidad para colaborar entre sí como un sistema único, característica de arquitectura distribuida.

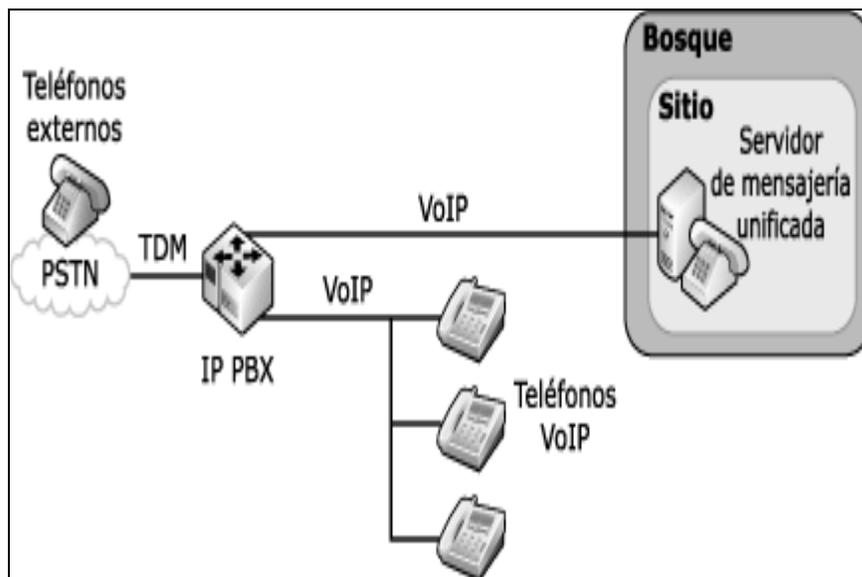
### **3.1.3. Tipos de *PBX-IP***

Los tipos de sistemas *PBX-IP* difieren en la forma de migración de los sistemas convencionales hacia la nueva tecnología *IP*, es decir muchas empresas optan por una migración parcial que incluyen gateways al sistema actual, contratación de un servicio centrex *IP* que no incluya la compra del equipo, o la sustitución total de un sistema convencional por uno totalmente *IP*.

### 3.1.3.1. *PBX-IP*

Un *PBX-IP* es un sistema totalmente *IP* que contiene al menos una interfaz de red que conecta con una red de datos mediante voz sobre *IP*. También puede contener interfaces de red adicionales u otras interfaces de telefonía que permiten conectar con una red de telefonía existente, como *PSTN*. La conexión con la red de datos permite la comunicación con otros *hosts* ubicados en la red mediante paquetes de datos *IP*. Entre los *hosts* también podrían incluirse otras *PBX-IP*, teléfonos basados en *VoIP*, gateways y servidores de mensajería unificada.

Figura 16. Configuración de *PBX-IP*



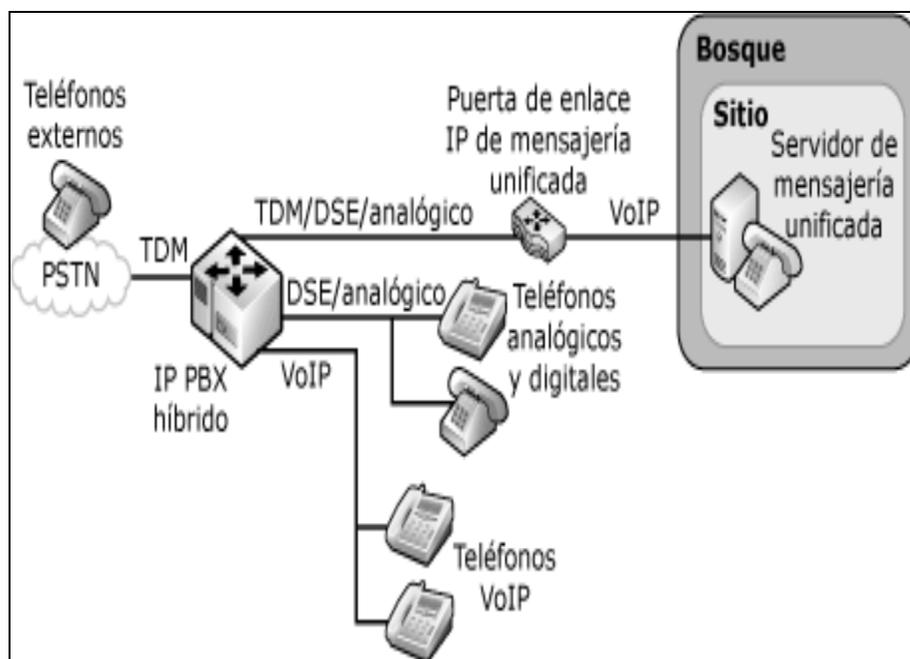
Fuente: Descripción de las configuraciones *PBX* e *IP PBX*.

### 3.1.3.2. PBX-IP híbridos

Los PBX-IP híbridos pueden proporcionar capacidades analógicas, digitales y basadas en VoIP. Haciendo posible la utilización de una mezcla de teléfonos analógicos, digitales y teléfonos IP.

La mezcla de diferentes tecnologías hace posible que los usuarios conectados a este sistema utilicen numerosas características nuevas y también proporciona gran flexibilidad al entorno de telefonía convencional. La utilización del PBX-IP híbrido también permite una migración más gradual a un entorno de telefonía y un sistema de mensajes de voz completamente basados en VoIP en la organización.

Figura 17. Configuración de PBX-IP híbrido



Fuente: Descripción de las configuraciones PBX e IP PBX.

### 3.1.3.3. Centrex *IP*

Centrex es un servicio prestado por varios proveedores de telecomunicaciones en el mercado corporativo desde hace ya varios años, que simula una especie de *PBX* virtual, brinda los servicios de un *PBX* convencional sin tener que invertir en la compra del equipo. Con este servicio se dispone de líneas telefónicas de red pública y un conjunto de extensiones internas a mayor distancia, eso sí manejados por la plataforma del proveedor centrex.

El servicio centrex *IP* es la evolución del servicio centrex tradicional descrito anteriormente, basado en la tecnología *VoIP*, centrex *IP* permite a una empresa disponer de las características de un *PBX-IP* a través de un acceso a internet de banda ancha o enlace dedicado, sin necesidad de implantar ningún dispositivo *hardware* o *software* complejo, y por lo tanto sin inversión inicial en la compra del equipo *PBX-IP*, en lugar de ello, se pagará una tarifa mensual al proveedor del servicio. El acceso a internet o enlace dedicado se utiliza para transportar la voz hacia la plataforma de centrex *IP* ubicada en las instalaciones del proveedor. Lo que se necesitan son teléfonos *IP* para disponer de toda una solución de telefonía *IP* corporativa. A continuación se describen algunos beneficios del servicio centrex *IP*.

- Al no invertir en la compra del equipo, tampoco se requiere del servicio para su mantenimiento.
- Costos por tráfico de voz reducido y predecible, a través de los paquetes de ofertas del operador.
- Mantenimiento de una única red de voz y datos dentro de la empresa.
- Disponer de la tecnología sin invertir en ellos, más que la cuota mensual.

- Posibilidad de *try & buy* (probar antes de comprar) de los servicios que ofrece el operador.

### **3.2. Implementación del *PBX-IP***

Una vez se tenga una red de datos capaz de soportar la telefonía *IP* el paso más importante es definir que equipo *PBX-IP* se desea adquirir en base a las necesidades, presupuesto de la empresa.

#### **3.2.1. Requisitos técnicos mínimos**

Los diferentes equipos *PBX-IP* deben de cumplir ciertos requisitos mínimos para un correcto funcionamiento, los principales se describen a continuación:

- El *PBX-IP* deberá incluir todo el equipo y sistemas necesarios tanto en *hardware* como en *software*, así como todo el licenciamiento necesario para proveer características y funciones de telefonía.
- El sistema telefónico debe soportar el manejo de teléfonos *IP*, *softphone* y si se desea seguir usando teléfonos análogos es necesario implementar adaptadores para *IP*.
- El sistema deberá permitir el crecimiento modular y ordenado, al inicio con un número determinado de puertos pero con capacidad de crecimiento sobre una misma plataforma de *hardware*, es decir, el sistema de procesamiento deberá ser capaz de funcionar en la configuración inicial de *hardware* seleccionado hasta su máxima capacidad.

- Garantizar una disponibilidad del 99.999 % similar a los sistemas de voz.
- Para un mejor funcionamiento, el sistema telefónico deberá trabajar con calidad de servicio *QoS*.
- Para prestar nuevos servicios, el sistema deberá permitir actualizaciones tecnológicas, sin necesidad de añadir *hardware*, sino solamente con la actualización o instalación de *software*.
- Capacidad en implementar funcionalidades de mensajería unificada, gestión de tarificación, *IVR*, funcionalidades básicas como desvíos, identificador , captura y transferencia de llamadas, música en espera, conferencias internas y externas (indicar el número máximo de participantes), restricción de acceso, etc.

### **3.2.2. Equipos *PBX-IP***

Hoy en día existe una variedad de equipos que dependiendo de los fabricantes pueden ser libres o propietarios cuyo *software* a veces requieren de licencias de funcionamiento, a continuación los equipos más conocidos en la actualidad.

- Asterisk

Central telefónica *PBX-IP* basada en *software*, capaz de proveer todas las características que se podrían obtener con un *PBX* convencional. Se ejecuta sobre los sistemas operativos Linux. A través de los diferentes protocolos permite realizar voz sobre *IP* e interoperar con casi todo el equipamiento e infraestructura basada en los estándares de telefonía convencional utilizando *hardware* relativamente económico.

Incluye muchas características que anteriormente solo disponían sistemas propietarios *PBXs* con un costo adicional relativamente caro, características tales como, conferencias, buzón de voz, *IVR*, música en espera, identificador de llamadas, cola de llamadas, administración de llamadas entrantes y salientes, panel de monitoreo, grabación de llamadas, manejo de líneas digitales y análogas, detalle de llamadas, entre otras. Además crear nuevas funcionalidades es cuestión de añadir nuevos módulos escritos en algún lenguaje de programación, por lo regular en C.

Mientras que las comunicaciones *IPs* se llevan a cabo a través de la interfaz de red de la máquina, la cual puede utilizarse para interoperar con diversos sistemas de voz sobre *IP* tales como, *hardphones* y *softphones*. La comunicación hacia la *PSTN* se puede llevar cabo añadiendo *hardware* especializado al *PBX-IP* para la interconexión con esta red.

Existen placas E1s para conectar el *PBX-IP* hacia la *PSTN* .Además tarjetas analógicas *FXO* y *FXS* adecuado para instalaciones pequeñas, por ejemplo la TDM400P, es una tarjeta *PCI* de 4 puertos, soporta teléfonos análogos y líneas telefónicas regulares de comunicación analógica, encargada de gestionar el tráfico de voz.

La Wildcard Digium TDM400P es una tarjeta *PCI* estándar configurable utilizando módulos *FXO* y *FXS*, cada una de estas tarjetas tiene capacidad hasta de 4 módulos. Digium TE110P, esta tarjeta es utilizada para conectar líneas E1 (30 canales de voz). La tarjeta TE110P dispone de una interfaz E1/*PRI* de alto rendimiento a un costo muy bajo.

- 3Com Corporation

Es uno de los proveedores líderes en productos prácticos de alto valor para redes de voz y datos. Uno de sus modelos el NBX V3000 es un sistema telefónico capaz de proveer a una PyME los beneficios de la telefonía *IP* a un costo aceptable y sin mayor complejidad en la instalación, éste modelo ofrece administración integrada de llamadas, correo de voz y conectividad con oficinas centrales en una única plataforma.

Con este sistema se puede administrar fácilmente las llamadas, marcar los números de contactos desde sus computadores personales o utilizar un navegador Web para cambiar cómo y cuándo recibir las llamadas, además se puede revisar y escuchar el correos de voz desde el e-mail.

NBX V3000, está equipado inicialmente con cuatro puertos centrales de oficina, un puerto análogo para fax o teléfono análogo, además de otras aplicaciones, como el sistema de asistente automatizado, correo de voz con integración a correo electrónico, administración y reportes gráficos de llamadas, entre otras.

- Cisco Systems

Es uno de los proveedores más grandes de equipamiento de redes de datos en el mundo, ofrece soluciones para todo tipo de empresas. Con su *software* Cisco IOS ofrecen la integración de voz, video y datos, a sus clientes corporativos y proveedores de servicio, que serán capaces de manejar grandes redes y servicios basados en voz sobre *IP* o voz sobre Frame Relay.

Los diferentes modelos de Cisco ofrecen nuevas características como *IVR*, y de seguridad para la autenticación de usuarios e historiales detallados sobre las llamadas realizadas. En *software*, las nuevas características ofrece voz sobre Frame Relay en los routers de acceso, múltiples servicios y en los concentradores se permite al usuario ofrecer voz y evitar los *PBXs* convencionales a través de múltiples circuitos permanentes virtuales, adicionalmente, los clientes tendrán una red de voz sobre *IP* confiable y escalable.

- Motorola

Fue uno de los pioneros en llevar a cabo la integración de voz en redes *WAN* Frame Relay haciendo uso de los mismos equipos de voz sobre *IP*, incluso de manera simultánea, permitiendo a los equipos de Motorola ING funcionar al mismo tiempo como *VoIP* gateway y router voz/datos sobre Frame Relay.

Debido a que los equipos de Motorola ING se comportan como routers y conmutadores a la vez, permiten establecer comunicación sobre redes *WAN*, públicas o privadas, de líneas punto a punto, *ISDN*, *X.25*, Frame Relay o *IP*, y dependiendo del modelo de los routers de Motorola se tienen interfaces ethernet y token ring.

- Ericsson

Su arquitectura está basada en el *digital signal procesors (DSPs)* que permite el uso del tigris de Ericsson que funciona como un gateway en la solución de voz sobre *IP*, esta tecnologías es llamada por Ericsson como *Call-by-Call* para cada llamada entrante.

De acuerdo al tipo de llamada entrante determinada por el tigrés, así será el *software* de procesamiento que se cargará en los *DSPs*, con esta arquitectura, los *DSPs* pueden ser usados para soportar diferentes aplicaciones, provocando una reducción en los procedimientos operativos, en los costos e incrementado la disponibilidad del sistema.

- Nortel Networks

Empresa dedicada a proveer equipos de telecomunicaciones a nivel mundial, a través de la filosofía evergreen ofrece soluciones de telefonía *IP*, protegiendo la inversión en equipos de telefonía tradicional de su marca, permitiéndole al cliente migrar al mundo *IP*, mediante la adición de *hardware* adicional a su *PBX* convencional y actualización de *software*.

- Avaya

Compañía de comunicaciones especializada en brindar soluciones de *VoIP*, centro de contactos y tecnología móvil a diferentes tipos de empresas con las características asociadas a las redes convergentes de voz y datos. Entre sus mayores proyectos está el haber brindado las comunicaciones en dos copas del mundo de fútbol.

### **3.2.3. Teléfonos *IP***

Son teléfonos especializados capaces de transformar la voz humana en paquetes de datos, físicamente se parecen a los teléfonos normales, sin embargo en vez de tener un conector RJ-11 tienen un conector RJ-45 ethernet que se conecta a la red *IP*. Algunos inclusive se conectan mediante una red inalámbrica. En general, se describen algunas características del teléfono *IP*, que podrían variar dependiendo del fabricante.

- Soporte de varios protocolos de *VoIP*: *IAX*, *SIP*, *H233*, etc.
- Soporte de diferentes tipos de codecs de audio: *GSM*, *G.729*, etc.
- Configuración desde el menú del propio teléfono o desde la interfaz Web.
- El diseño, forma, tamaño, color y materiales de fabricación.
- Diferentes tipos de funcionalidades, por ejemplo altavoz, agenda, pantalla, tecla de función y módulos de ampliación.
- Aplicaciones implementadas como *XML*, *HTML* y *Java*.
- Capacidad de realizar videoconferencias.
- Diferentes tipos de conectividad, *Bluetooth*, *USB* y *WI-FI*.

#### **3.2.4. Softphones**

Son programas o *softwares* que permiten realizar llamadas desde un *host* a otro o a un teléfono *IP*, se ejecuta en los *hosts* o en servidores de trabajo. A continuación se describe algunas características de estos teléfonos que difieren del tipo de fabricante.

- El audio puede ser capturado desde un micrófono, entrada de línea y dispositivos de entrada de audio *USB* o *Bluetooth*.
- Algunos son propietarios, es decir con pago de licencia para su uso.

- Otros son *softphones* libres, no necesitan del pago de licencia ya que usan protocolos estándares y abiertos.
- Integración con el entorno de trabajo, con plataformas de acceso y validación de usuarios.
- Permiten la importación y exportación de datos, varias conversaciones simultáneas e incluso varias líneas.

Un ejemplo de *softphone* es el X Lite, con características iguales a las de un teléfono tradicional, incluye llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencias, etc. Soporta hasta 3 líneas, ajuste de volumen para el micrófono y bocina, lista de llamadas recientes, y muchas características más.

### **3.2.5. Mensajería unificada**

Es una solución implementada en las redes convergentes en la que se le permite al usuario integrar en una sola herramienta los servicios de correo de voz, e-mail y el fax, optimizando su sistema de comunicación.

#### **3.2.5.1. Características**

El sistema de comunicaciones unificadas cuenta con varias características, a continuación se listan algunas de ellas.

- Ofrece una bandeja de mensajería única a la que el usuario puede acceder a todo tipo de mensajes.

- Acceder a la bandeja de varias maneras, a través de un navegador Web, correo electrónico o dispositivo inalámbrico.
- Ofrece un calendario y planificación, al igual que la bandeja de un correo electrónico.

### **3.2.5.2. Funcionalidades**

La funcionalidad que ofrece este sistema es básicamente la consolidación de una sola bandeja de mensajería, para el envío, recepción, administración de mensajes de voz, correo electrónico, y faxes.

### **3.2.6. IVR**

El *interactive voice response (IVR)* consiste en un conjunto de mensajes de voz y marcación de tonos desde un teléfono, permite realizar transacciones totalmente automatizadas, proporciona al usuario un menú de navegación que le permite contactar con la persona o departamento deseado. Lleva a cabo todas las funcionalidades de una operadora automática, además de interactuar con el propio llamante puede hacerlo con otros sistemas externos.

#### **3.2.6.1. Componentes**

En los *PBX* convencionales, el sistema *IVR* consiste básicamente en un servidor independiente equipado de procesadores de señales digitales, encargados del procesamiento de la voz. La interacción con la red telefónica se realiza a través de una conexión dedicada, y para acceder a los recursos corporativos también se conectan a la red de datos; con el nuevo sistema *PBX-IP* esto representa una implementación de *software* que facilita su utilización.

### 3.2.6.2. Usos prácticos del *IVR*

Dependiendo del tipo de aplicación de la empresa, así será el uso que le darán al *IVR*, a continuación unos ejemplos:

- **Hotelería**

De forma automática permite realizar reservaciones vía teléfono, recordatorios de reservaciones, difusión de promocionales, información acerca del consumo o del estado de la habitación.

- **Distribución de productos y ventas**

Colocar información de las ventas diarias, sin utilizar operarios ni trasladarse del sitio, conocer el tiempo de entrega del pedido, ruta a tomar según fecha y vendedor asignado, información de productos, precios, ofertas, etc.

- **Embajadas, consulados y gobiernos**

Obtener información acerca de ubicación de oficinas, invitación a eventos, rifas, concursos, patrocinios, cursos, seminarios y días festivos.

- **Solicitud de información**

Obtener información sobre el estatus de cualquier solicitud, o requisitos para realizar cualquier trámite.

- Citas o entrevistas con funcionarios

Se puede registrar posibles fechas de citas y confirmación de las mismas ingresando el número de pasaporte del solicitante.

- Educación

Inscripción a cursos, obtención de calificaciones, notificación de asistencia.

- Consultas en transporte de líneas aéreas y autobuses

Conocer el horario de salida y llegada, información acerca de sus programas de kilómetros, viajeros frecuentes, etcétera.

- Tiendas

Colocar información acerca de planes de crédito, de saldo, centros de servicio autorizado, difusión de promociones, etc.

- Financiera

Se pueden hacer consultas de saldo, cotización de monedas extranjeras, transferencias, cotización de bolsa de valores, etc.

### 3.3. Análisis Costos-Beneficio

Con este análisis se obtiene una idea de los beneficios tanto económicos como técnicos que se podrían adquirir al realizar la integración de la red de voz y datos, así como la migración hacia el nuevo sistema telefónico *PBX-IP*.

Para realizar este análisis es importante tomar en cuenta los puntos débiles que tiene la empresa en cuanto a telefonía e implementación del nuevo sistema telefónico, a continuación se lista algunos puntos.

- Problemas con el actual sistema telefónico *PBX*
  - La capacidad del *PBX* está limitada en cuanto a crecimiento.
  - Necesidad de la empresa de adquirir aplicaciones con superior tecnología para atender a sus clientes de mejor manera.
  - Al poseer un *PBX* antiguo, el soporte proporcionado por los distribuidores y/o fabricantes es muy limitada, y a esto se adiciona que en caso de ocurrir algún daño al *PBX* o a un teléfono instalado en la empresa ya no existan repuestos para repararlos.
  - No se puede administrar remotamente.
- Costos de implementación
  - El costo del *PBX-IP* podría radicar solamente en el *hardware* de los servidores dependiendo de que todo el *software* de configuración de la plataforma sea de licencia pagada o de licencia *open source* (gratuita).

- De igual manera, los protocolos y codecs que se implementarán en el *PBX-IP*, podrían requerir del pago de licencias.
- Es necesario determinar el tipo de teléfonos que se utilizarán, ya sea teléfonos *IP*, *softphone* o adaptadores para teléfonos análogos. Respecto al costo de los teléfonos *IP* y adaptadores, se incrementara si se eleva la cantidad de terminales y si la implementación requiere del pago de licencia.
- Los costos de mantenimiento y configuración del servicio de *VoIP* serán mínimos ya que se harán por el personal de sistemas de la empresa. Además, todos aquellos proyectos relacionados con la telefonía de la empresa en el futuro, se podrá llevar a cabo con el mismo personal.
- ¿Por qué se quiere hacer el cambio del *PBX* actual por otra que sea *IP*?
  - Posiblemente la empresa quiera migrar del *PBX* convencional al *PBX-IP*, por las ventajas a obtener al integrar las redes de voz y datos, administración de una sola red de datos, reducción en costos de mantenimiento, voz y video.
  - Por la obtención de herramientas adicionales que le permita a la empresa ser más rentable y ayuden a los empleados a aumentar su productividad.
- Beneficios a obtenerse con el *PBX-IP*
  - Fácil administración y mayores herramientas para una mejor productividad de los empleados.
  - Reducción en infraestructura, administración, gestión, actualización y mantenimiento, tanto de la red de datos como en el equipo telefónico.

- Reducción de troncales de voz, flexibilidad de la red, comportamiento del teléfono *IP* como una *PC*, unificación de las comunicaciones, evolución tecnológica de moda.
- El mismo *PBX-IP* podrá ser utilizado por distintas oficinas ubicadas en diferentes lugares.
- Tiempo necesario para recuperar la inversión que se hará al implementar el nuevo sistema de telefonía *PBX-IP*.
  - Por lo general las compañías que están considerando una migración hacia el nuevo sistema telefónico, consideran que existen dos claves principales para que la migración se realice con éxito, una de ellas es la disminución del costo total de propiedad de una red y la otra es un retorno positivo de la inversión.

La implementación de un *PBX-IP* puede, ofrecer el equilibrio perfecto entre prestaciones y precios accesibles para cualquier empresa con un presupuesto ajustado, de manera que un *PBX-IP* debe ser considerado como una opción de cambio.

### **3.3.1. *Cash Flow***

El dato más interesante para la migración a esta nueva tecnología es el retorno de la inversión. Tomando en cuenta que el proyecto se está realizando como una necesidad de la compañía de mejorar la comunicación entre las localidades además de un medio para reducir costos dentro de la organización, es necesario un análisis matemático que demuestre que la inversión inicial será recuperada conforme pase el tiempo.

En el presente trabajo de graduación se hace un análisis de forma general, tomando como referencia el gasto que mensualmente tiene cierta empresa en concepto de telefonía.

Partir de la creación de una empresa, Zapateria Rimet, que se dedica a la venta por catálogo de zapatos, la cual tiene sus oficinas centrales en Guatemala y posee una sucursal en la capital de El Salvador. Rimet tiene que pagar mensualmente una factura telefónica debido a que diariamente se comunican vía teléfono, ya sea de Guatemala a El Salvador o viceversa.

En la tabla IV se listan los rangos del costo por minuto en llamadas internacionales ya sea a través de la telefonía normal o por medio de un proveedor de telefonía *IP*. Se puede observar que la tarifa del minuto es mucho más barato a través del proveedor de telefonía *IP* comparado al de la telefonía normal, debido a los bajos precios por minuto la telefonía *IP* se ha convertido en una opción muy atractiva para usuarios de las telecomunicaciones.

Tabla IV. Costos entre tarifas de telefonía IP y telefonía normal

<b>Destino de la llamada a larga distancia</b>	<b>Tarifa Telefonía Normal x Minuto (quetzales)</b>	<b>Tarifa Telefonía IP x Minuto (quetzales)</b>
<b>EEUU</b>	0.70–0.90	0.32–0.40
<b>EUROPA</b>	3.50–3.58	0.35–0.70
<b>SUDAMERICA</b>	4.90–5.00	0.40–0.70
<b>CENTROAMERICA</b>	2.50–3.50	0.40–1.20
<b>ASIA</b>	2.30–2.40	0.35–0.70
<b>AFRICA</b>	3.90–4.00	0.40–0.60
<b>OCEANIA</b>	3.90–4.00	0.40–0.50

Fuente: VALLADARES GONZÁLEZ, Elías Gamaliel. *Análisis de costos, seguridad y desempeño de la implantación de la telefonía IP en llamadas a larga distancia en Guatemala*, p.69.

Para determinar el total del gasto mensual que la empresa tiene al comunicarse entre sucursales, es necesario saber el número promedio de llamadas por día, la duración y la tarifa por minuto de la llamada según destino, para el ejemplo la empresa Rimet realiza en promedio 7 llamadas diarias de Guatemala a El Salvador con una duración promedio de 5 min. por llamada, tomando en cuenta que el costo por minuto, según tabla IV es de Q.2,50 en llamada hacia El Salvador, todos estos datos manipulados dan como resultado un gasto mensual de Q.2 712,50 en llamadas de Guatemala a El Salvador, y si el mismo gasto se tiene del lado de El Salvador al comunicarse hacia Guatemala se tiene un gasto mensual total en dólares de \$.704,55, este procedimiento se resume en la tabla V.

Tabla V. **Factura mensual por consumo telefónico**

Llamadas diarias	Tiempo(en minutos)	Costo por minuto en Q.	Gasto diario en Q.	Gasto mensual en Q.	Gasto en sucursal en Q.	Gasto total en Q.	Gasto Total en \$. (7,68836Q/\$)
7	5	2,50	87,50	2 712,50	2 712,50	5 425,00	704,55

Fuete: elaboración propia.

Se consultó a la empresa Siemens por algún equipo que tuviera las características de un *PBX-IP* y dieron información del HiPath 3550 básico para montaje en rack 19 ´ o en piso, capacidad máxima para hasta 250 canales de comunicación (*ISDN, IP*), 384 usuarios con sistema tradicional, 500 usuarios con conexión *IP / SIP*, 64 antenas para sistema celular privado con 250 usuarios celulares, equipada para una capacidad de 30 extensiones *SIP*, el costo del servidor es de Q.25 490,00, cada teléfono *IP* cuesta Q.1 550,00 y las licencia para *softphone* Q.1 675,00, además de los costos de instalación y licencias respectivas se indicó que el servidor con 10 teléfonos *IP* y 10 *softphone* instalados oscila entre Q.61 000,00 y Q.63 000,00 aproximadamente \$.7 950,00.

Alcatel en cambio brinda una solución *IP* con tan solo agregar una tarjeta COCPU al sistema telefónico convencional de la misma marca. En la tabla VI se listan los costos de implementación usando equipos Alcatel. Teniendo como inversión inicial \$.7 907,00.

Tabla VI. **Equipo Alcatel**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor por unidad en \$.</b>	<b>Valor total en \$.</b>
<b>Tarjeta COCPU – tarjeta para soportar VoIP</b>	1	911,00	911,00
<b>Licencia para 14 teléfonos IP (Incluye Software)</b>	1	1 250,00	1 250,00
<b>Teléfono IP 4020</b>	14	389,00	5 446,00
<b>Instalación – Programación</b>	1	300,00	300,00
		<b>Total</b>	<b>7 907,00</b>

Fuente: PALMA DÍAZ, Gustavo; VIVAR CASTILLO, Johnny; CRIOLLO, Alejandro; LEYTON, Edgar. *Diseño, implementación y gestión de un sistema telefónico VOIP utilizando el servidor de comunicaciones omnipcx office entre la matriz del grupo quirola y las haciendas de naranjal y milagro*, p.7.

Al Observar la tabla VII, la inversión se recupera en 13 meses, tanto para una solución Siemens como Alcatel, lo cual es muy bueno debido a que pasando los 13 meses los costos por telefonía entre los 2 puntos distantes se reducen prácticamente a cero; tomar nota que en el cálculo se consideró el valor por mantenimiento que algunos fabricantes de equipos *PBX-IP* cobran, para el ejemplo la cantidad es \$.50,00.

**Tabla VII. Flujo de Caja**

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13
Costo de comunicación en S.													
<b>EQUIPO SIEMENS</b>													
Factura mensual	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55
Inversión mensual	-7.950,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
Saldo mes anterior	0,00	-7.245,45	-6.590,91	-5.936,36	-5.281,82	-4.627,27	-3.972,73	-3.318,18	-2.663,64	-2.009,09	-1.354,55	-700,00	-45,45
Saldo total	-7.245,45	-6.590,91	-5.936,36	-5.281,82	-4.627,27	-3.972,73	-3.318,18	-2.663,64	-2.009,09	-1.354,55	-700,00	-45,45	<b>609,09</b>
<b>EQUIPO ALCATEL</b>													
Factura mensual	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55	704,55
Inversión mensual	-7.907,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00	-50,00
Saldo mes anterior	0,00	-7.202,45	-6.547,91	-5.893,36	-5.238,82	-4.584,27	-3.929,73	-3.275,18	-2.620,64	-1.966,09	-1.311,55	-657,00	-2,45
Saldo total	-7.202,45	-6.547,91	-5.893,36	-5.238,82	-4.584,27	-3.929,73	-3.275,18	-2.620,64	-1.966,09	-1.311,55	-657,00	-2,45	<b>652,09</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Ventajas económicas

En general, a continuación se describen las ventajas económicas de mayor relevancia al adquirir el sistema telefónico *PBX-IP*.

- Ahorro en la gestión de una sola red en comparación con una red de datos y de voz.
- Una vez que la empresa multi-sucursal ubicada en diferentes sedes utilice el nuevo sistema de voz sobre *IP*, todas las llamadas entre sedes se encaminarán a través de la red de datos, y no a través de la red de telefonía tradicional. De esta manera el coste de estas llamadas quedará reducido a la inversión inicial, y se podrá realizar determinado volumen de llamadas entre empresas sin incremento alguno en el coste.
- A través de los proveedores de servicio *VOIP* se puede ahorrar en llamadas internacionales a otras empresas en diferentes partes del mundo, debido a que el costo de estas llamadas son casi similares al de una llamada local en ese país.
- Ahorro en costos de energía, debido a que solo un *PBX-IP* es necesario para conectar múltiples sedes, además pueden compartir una sola recepcionista, asistente automático, y el sistema de correo de voz.
- Por lo general el gasto total de adquisición se ve reducido debido a que los gastos ordinarios en muchos aspectos son más bajos, tales como la capacitación y contratación de personal calificado, debido a que el mismo personal de sistemas puede manejar la telefonía *IP*, mensajería unificada, correo de voz, conferencia de audio, Web y vídeo.

### **3.4. Tecnología a largo plazo**

El constante avance de la red de telefonía *IP* así como la adaptación a nuevos servicios, a esta red se le podrá incluir a corto y mediano plazo elementos, destinados a mejorar la productividad y la satisfacción de los usuarios finales.

Los fabricantes de tecnologías de redes y centrales telefónicas más importantes han generado una nueva industria de *PBX-IP* que amenaza la existencia del *PBX* tradicional a un mediano plazo.

En la actualidad muchas empresas alrededor del mundo manejan sus comunicaciones nacionales internamente por medio de su red privada de datos, y los empleados de diferentes oficinas o distintas ciudades se pueden comunicar telefónicamente entre sí, como si se tratara de una llamada local, sin necesitar los servicios de un operador de larga distancia, esto debido a la red de telefonía *IP* como al nuevo sistema telefónico *PBX-IP*,

El auge de las redes locales con tecnología *Wi-Fi* han logrado que la telefonía *IP* inalámbrica sea ya un hecho, actualmente algunos proveedores tienen en existencia equipos y aplicaciones con esta tecnología, brindándoles a sus clientes una mayor movilidad.

### **3.5. Lineamiento para la migración del *PBX* convencional al *PBX-IP***

Es muy importante definir un lineamiento para la migración hacia el nuevo sistema telefónico *PBX-IP*, debido a que esto dará una idea de cual será el estado final del sistema adquirido.

#### **3.5.1. Condiciones del punto de partir**

En los últimos años ha iniciado la migración del servicio de voz desde la telefonía convencional a las nuevas soluciones de telefonía *IP*, así mismo la migración del *PBX* convencional al *PBX-IP*. Y todo esto gracias al desarrollo de nuevos servicios y ventajas que la tecnología *IP* ofrece.

El estancamiento en el mundo de la telefonía convencional, la reducción de costes implementada por los fabricantes de telefonía *IP* y la posibilidad de gestionar una única red, hace que muchas empresas adquieran esta nueva tecnología. Uno de los primeros pasos debería de consistir en la evaluación de los principales fabricantes de los sistemas telefónicos *IP*, tales como Cisco, Avaya, Alcatel, Nortel, 3Com, Asterisk, etc.

Dicha evaluación debería contemplar los siguientes objetivos.

- Testear el funcionamiento del *PBX-IP*, analizando la disponibilidad del servicio.
- Analizar la calidad de servicio ofrecida por el nuevo sistema en comparación a la convencional.
- Evaluar nuevos terminales y nuevas funcionalidades.

Esta evaluación debería dar como positivo para la mayoría de los fabricantes analizados, observando mayor capacidad de integración para aquellos fabricantes que provienen del mundo de la voz y una mayor capacidad de desarrollo de servicios en los fabricantes que vienen el mundo de los datos.

### **3.5.2. Crecimiento**

Actualmente la telefonía *IP* ha sido un detonador fundamental para el crecimiento del *PBX-IP* en el mercado de los sistemas telefónicos corporativos; las operaciones multisitios o multi-sucursales y las grandes empresas están migrando a un entorno empresarial totalmente *IP*, debido a que implica una reducción de costos, empezando por la facturación de llamadas telefónicas.

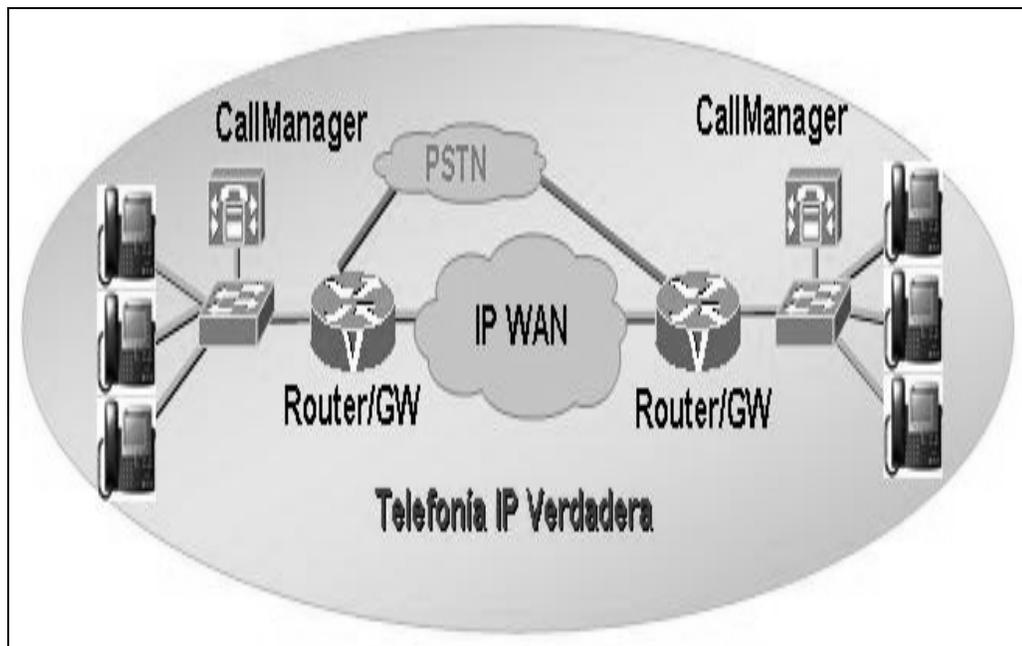
El crecimiento del *PBX-IP* se debe también a la sencillez de su gestión y a la capacidad que este tiene de ser un sistema telefónico único para múltiples oficinas e instalaciones, además de integrar a las redes de voz y datos. Estos y otros factores harán posible que en el futuro el *PBX-IP* relegue a un segundo plano al *PBX* convencional.

### **3.5.3. Estado final totalmente *IP***

Un estado totalmente *IP* es la combinación de voz, datos, video y aplicaciones inalámbricas dentro de una infraestructura integrada que ofrece la eficiencia, interoperabilidad y seguridad de las redes de voz, con los beneficios de la telefonía *IP*, y las eficiencias, movilidad y manejo de una sola red.

Una vez decidido el proveedor del equipo *IP*, el estado final de este dependerá del equipo que se haya seleccionado. A manera de ejemplo se observa en la figura 17 una solución básica de implementación totalmente *IP*, la cual consiste como elemento central al *Cisco CallManager*, que es el elemento destinado al soporte de varios usuarios de telefonía distribuidos entre las sedes. Que se comparta como un *PBX-IP* que como vimos anteriormente, es un sistema capaz de hacer converger e interoperar la red de datos y la red de voz.

Figura 18. **Ejemplo de estado final totalmente *IP***



Fuente: CAMPOS, Rafael. *Telefonía IP*, p.7.



## CONCLUSIONES

1. Son varias las características de la telefonía *IP*, siendo una de las principales el transporte de voz sobre la red de datos, a través de esta, fue posible unir a dos redes totalmente diferentes (la red de datos y la de voz) a una sola, además, la telefonía *IP* fue la que provocó que sistemas telefónicos *PBXs* convencionales evolucionaron hacia el nuevo *PBX-IP* convirtiéndolo en un componente más de la red de datos que se encarga de controlar y gestionar las comunicaciones telefónicas.
2. De acuerdo al estudio realizado, sí es factible migrar un sistema *PBX* convencional a un *PBX-IP* cuando exista un retorno positivo en la inversión inicial para dicha migración. Se observa en los ejemplos propuestos, que la inversión se recupera en aproximadamente en 13 meses, lo que hace del sistema *PBX-IP* una solución económicamente viable, además es importante mencionar que la inversión inicial varía en función del estudio técnico realizado al actual *PBX* y a la red de datos, ya que estos últimos al no cumplir con los requisitos técnicos mínimos, será necesario realizar cambios, tanto en el sistema *PBX* como en la red de datos para hacer uso de la telefonía *IP*, incrementado así la inversión inicial.
3. El presente trabajo de graduación indica qué aspectos técnicos se deben considerar, tanto en la red de datos como en el equipo *PBX-IP*, para que al momento de estar en funcionamiento el nuevo sistema lo haga de una manera correcta llenando las expectativas de la empresa que lo adquirió.



## RECOMENDACIONES

1. Al momento de migrar hacia la nueva tecnología *IP*, es muy importantes verificar con anterioridad si la red de datos actual cumple con los estándares establecidos para el uso de la nueva tecnología, ancho de banda, calidad de servicio, nivel de disponibilidad, etc.
2. Si se desea migrar el sistema telefónico *PBX* convencional hacia un sistema que ofrezca el uso de la telefonía *IP*, es necesario realizar un estudio previo que determine que tecnología será la mas adecuada, dicho estudio determinará si conviene una migración gradual haciendo uso del sistema *PBX-IP* híbrido, o si la migración será del tipo *try & buy* (probar antes de comprar) como el centrex *IP*, o si finalmente se decida migrar hacia el sistema *PBX-IP* que ofrece una tecnología totalmente *IP*.
3. Antes de adquirir el equipo *PBX*, es necesario un estudio técnico de diferentes equipos *PBXs* que existen en el mercado, éste debería dar como positivo para la mayoría de los fabricantes analizados, observando unas mayores capacidades de integración en los fabricantes que vienen del mundo de la voz, ejemplo: Alcatel, Norte, Avaya, y una mayor capacidad de desarrollo de servicios en los fabricantes que vienen del mundo de datos, ejemplo: Cisco, Asterisk, por mencionar algunos.

4. Cuando se realice el estudio técnico de los diferentes equipos *PBXs*, es importante verificar si es necesario el pago de licencias por el incremento de líneas telefónicas en el futuro, el cual al final, es un costo que se puede evitar desde el principio.
5. Es importante determinar el codec a utilizar en el establecimiento de las llamadas, debido a que esto determinará cuantas llamadas se podrán realizar al mismo tiempo con el ancho de banda disponible.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AMES LEIGH, Daniel, VIERA DUQUE, Cesar Guillermo. *Plan de migración a telefonía ip en la spool: análisis de factibilidad, aplicación y beneficios*, Guayaquil 2001. [en línea]  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3142/1/5660.pdf>  
[Consulta: 28 de junio de 2010].
2. BRICEÑO MARQUEZ, José E. *Transmision de datos*. Universidad de los Andes, Mérida, abril 2005. [en línea]  
<http://www.ives.edu.mx/bibliodigital/Ingenierias/archivos%20pdf/Transmisi%C3%B3n%20de%20datos.pdf> [Consulta: 01 de marzo de 2010].
3. CALDERÓN PINCHAO, Ana Lucía; PAREDES TUFÍÑO, María de los Angeles. *Diseño de una red voip, utilizando el sistema operativo linux, para su implementación sobre la infraestructura existente del ecorae; para brindar telefonía a zonas rurales específicas de la amazonía ecuatoriana*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, septiembre 2006. [en línea]  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/332/1/CD-0322.pdf>  
[Consulta: 25 de junio de 2010].
4. CAMPOS, Rafael. *Telefonía IP*, Instituto Tecnológico de Costa Rica. [en línea]  
<http://capacitel.ice.go.cr/CharlasICE/IPT1.pdf>  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].

5. *Centrales privadas – pbx*. [en línea]  
<http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp4/tp4-pbx.pdf>  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].
6. CISCO SYSTEMS. *Cisco Voice over IP*, student Guide, version 4.1, 2003.  
[en línea]  
<http://www.xstack.co.kr/data/IPT/CISCO.CVOICE.STUDENT.GUIDE.VERSION.4.1.pdf> [Consulta: 15 de febrero de 2010].
7. *Desarrollo del producto “icom centres ip” sobre una arquitectura de servicios convergentes soportada con tecnologías abiertas*. Universidad del Cauca, mayo de 2007. [en línea]  
<http://artemisa.unicauca.edu.co/~icom/> [Consulta: 10 de junio de 2010].
8. *Descripción de las configuraciones pbx e ip pbx*. [en línea]  
[http://technet.microsoft.com/es-es/library/bb430797\(EXCHG.80\).aspx](http://technet.microsoft.com/es-es/library/bb430797(EXCHG.80).aspx)  
[Consulta: 10 de junio de 2010].
9. *Fundamentos básicos de las telecomunicaciones*. [en línea]  
[http://www.naser.cl/sitio/Down\\_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf](http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf) [Consulta: 13 de septiembre de 2009].
10. Intelbras [en línea]  
<http://www.intelbras.com.br/> [Consulta: 15 de marzo de 2010].
11. JOSKOWICZ, José. *Conceptos de telefonía corporativa*. Universidad de la República Montevideo, Uruguay, julio 2009. [en línea]  
<http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Conceptos%20de%20Telefonia%20Corporativa.pdf> [Consulta: 20 de marzo de 2010].

12. LINARES, Pablo Daniel. *Guía para la toma de decisiones en redes unificadas*, Mendoza, agosto de 2007. [en línea]  
<http://www.um.edu.ar/nuke6/imagenes-contenido/UM-MTI-LinaresP.pdf>  
[Consulta: 15 de mayo de 2010].
13. MÉNDEZ, Esquivel. *Inbound para enlaces pstn con voip*. Universidad de las Américas Puebla, mayo 2005. [en línea]  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/mendez\\_e\\_c/capitulo\\_1.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo_1.html) [Consulta: 15 de febrero de 2010].
14. MOLINA VIZCAÍNO, José. *Implementación de servicios voip sobre asterisk*. Universitat Politècnica de Catalunya, septiembre 2006. [en línea]  
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3812/1/54629-1.pdf>  
[Consulta: 01 de marzo de 2010].
15. PALMA DÍAZ, Gustavo; et al. *Diseño, implementacion y gestion de un sistema telefónico VOIP utilizando el servidor de comunicaciones omnipcx office entre la matriz del grupo Quirola y las haciendas de naranjal y milagro*. [en línea]  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/415/1/713.pdf>  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].
16. Panasonic ideas for life USA. [en línea]  
<http://www2.panasonic.com/webapp/wcs/stores/servlet/BTSMoDelDetail?storeId=11201&catalogId=13051&catGroupId=141505&itemId=93837&modelNo=KX-TA824> [Consulta: 15 de marzo de 2010].

17. PIRIR GÓMEZ, Luis Américo. *Implementación de la tecnología softswitch para habilitación de una red multiservicio de nueva generación en proyectos estratégicos a nivel residencial y de empresas*. Universidad de San Carlos de Guatemala, noviembre 2005. [en línea]  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0140\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0140_EO.pdf)  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].
  
18. *Protocolo de redes*. [en línea]  
<http://clasespsprotocoloredes.blogspot.com/2009/06/protocolo-h323-h.html>  
[Consulta: 11 de junio de 2010].
  
19. RIVERA RODRÍGUEZ, Raúl; CASTAÑEDA SEGURA, Rodolfo; BOJÓRQUEZ LUGO, Ariel. *Consideraciones en la implementación de servicios de voz y video ip*. Dirección de telemática CICESE. [en línea]  
[http://www.cudi.mx/primavera\\_2005/presentaciones/raul\\_rivera.pdf](http://www.cudi.mx/primavera_2005/presentaciones/raul_rivera.pdf)  
[Consulta: 01 de marzo de 2010].
  
20. ROMÁN LOIS, Felipe Arturo. *Plan de negocios para una empresa que ofrece servicios de telefonía por internet*. Santiago de Chile, enero 2007. [en línea]  
[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/roman\\_f/sources/roman\\_f.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/roman_f/sources/roman_f.pdf)  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].
  
21. ROMERO MACÍAS, Cristina. *Introducción del codec melp en la plataforma ip pbx asterisk®*. Universidad autónoma de Madrid, junio 2008. [en línea]  
<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080623CristinaRomero.pdf>  
[Consulta: 30 de mayo de 2010].

22. *Seguridad en el protocolo voip*. [en línea]  
<http://www.laflecha.net/articulos/seguridad/voip/>  
[Consulta: 29 de noviembre de 2010].
23. SIEMENS. [en línea]  
<http://www.siemens-enterprise.com/us/> [Consulta: 15 de marzo de 2010].
24. Sistemas IVR basados en Asterisk: Recomendaciones de diseño para una mejor atención al cliente. [en línea]  
<http://www.voxdata.com.ar/voxivr.html> [Consulta: 30 de mayo de 2010].
25. TCHERNITCHIN LAPIN, Nikolai. *Diseño e implementación de una ip-contact center distribuida económicamente con fines docentes*. Universidad de Chile, abril 2007. [en línea]  
[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/tchernitchin\\_nl/sources/tchernitchin\\_nl.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/tchernitchin_nl/sources/tchernitchin_nl.pdf) [Consulta: 05 de mayo de 2010].
26. *Todo sobre voip*. [en línea]  
<http://voip.bankoi.com/articulos/todosobrevoip.htm>  
[Consulta: 13 de mayo de 2010].
27. VALLADARES GONZÁLEZ, Elías Gamaliel. *Análisis de costos, seguridad y desempeño de la implantación de la telefonía ip en llamadas a larga distancia en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 2006.  
[en línea] [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_7712.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7712.pdf)  
[Consulta: 11 de noviembre de 2009].

28. VILLATORO MILIÁN, Emy Marisol. *Telefonía ip, como solución con grandes ventajas para share de Guatemala*, abril 2007. [en línea]  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_7971.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7971.pdf)  
[Consulta: 20 de mayo de 2009].