



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

**ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE
LIBRE PARA TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP**

Mauricio Gerardo López Maldonado

Asesorado por el Ing. Freddy Manolo Guzmán Orellana

Guatemala, febrero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE
LIBRE PARA TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MAURICIO GERARDO LÓPEZ MALDONADO

ASESORADO POR EL ING. FREDDY MANOLO GUZMÁN ORELLANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

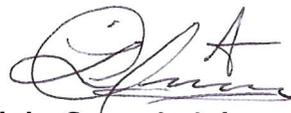
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo.
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Eléctrica, con fecha 3 de agosto del 2012.



Mauricio Gerardo López Maldonado

Guatemala 20 de Noviembre del 2,014

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente:

Por medio de la presente, le informo ser el Asesor para el trabajo de tesis titulada: **ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP**, presentado por el estudiante Mauricio Gerardo López Maldonado, identificado con el No. De carnet 1994-16858, correspondiente a la carrera de Ingeniería Electrónica, durante la etapa de desarrollo del trabajo hasta su presentación y revisión.

Tanto el Autor como el Asesor suscrito se hacen responsables del contenido de la presente tesis.

Atentamente,



Ing. Freddy Manolo Guzmán Orellana

Freddy Manolo Guzmán Orellana
INGENIERO ELECTRÓNICO
Colegiado No 10172



REF. EIME 21. 2015.
Guatemala, 10 de ABRIL 2015.

FACULTAD DE INGENIERIA

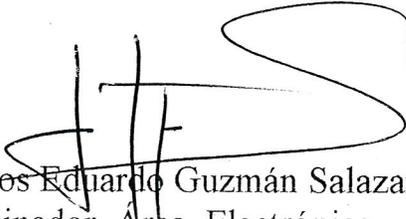
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA
TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP, del estudiante Mauricio Gerardo
López Maldonado, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
DID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



SFO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 21. 2015.

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; MAURICIO GERARDO LÓPEZ MALDONADO Titulado: ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA, SOBRE VOZ IP, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 18 DE MAYO 2015.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.D.080-2016

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: **ASTERISK, COMO SOLUCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA TELEFONÍA SOBRE VOZ IP**, presentado por el estudiante universitario: **Mauricio Gerardo López Maldonado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme en mi camino y permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida.
- Mis padres** Gerardo López y Amarilis Maldonado, por su dedicación, entrega y perseverancia al formarme como la persona que hoy ahora.
- Mis tíos** Estela López y Jorge Paz, por ser dos ángeles en mi vida.
- Mis hermanos** Danilo y Diana López Maldonado, por ser mis primeros amigos y estar allí cuando los he necesitado.
- Señor** Francisco Lemus, por apoyarme siempre en mis estudios.
- Señorita** Regina Chicas, por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de aprender en esta gran casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por ser un ente forjador de nuevas personas.

**Mis amigos de la
Facultad**

Giovanni Ramírez y Luis Girón, por ser parte importante en este logro.

Mis amigos

David Elizondo, Ileana Cano, Verónica Cobar y Ester Ortiz, por estar conmigo y compartir en cada momento de mi vida en tantas aventuras, experiencias y triunfos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. TELEFONÍA CONVENCIONAL.....	1
1.1. Historia de la telefonía	1
1.2. Centrales telefónicas	2
1.2.1. Private branch exchange (PBX).....	2
1.2.2. PSTN-RTB.....	3
1.3. Señalización en telefonía tradicional	5
1.3.1. Señalización analógica	5
1.3.2. Señalización digital	8
2. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA IP.....	11
2.1. ¿Qué es la telefonía IP?	11
2.2. ¿Cómo funciona la telefonía IP?	11
2.3. ¿Qué ofrece la telefonía IP?	12
2.4. Telefonía IP <i>versus</i> telefonía convencional	13
2.5. ¿Por qué es más barata la telefonía IP?	14
2.6. Características principales.....	14
2.7. Introducción voz sobre IP (VoIP, Voz IP, Voice Over IP).....	15
2.8. Integración de servicios y unificación de estructura	17

2.9.	Protocolos de voz sobre IP	18
2.9.1.	H.323.....	19
2.9.1.1.	Señalización de control de llamada (H.225.0)	20
2.9.1.2.	Señalización de control de canal (H.245)	20
2.9.1.3.	Establecimiento de la comunicación	20
2.9.1.4.	Señalización de control	21
2.9.1.5.	Audio	21
2.9.1.6.	Desconexión.....	21
2.9.2.	Session Initiation Protocol (SIP)	23
2.9.3.	Diferencia entre SIP y H.323.....	25
2.9.4.	Inter Asterisk Exchange (IAX2)	25
2.10.	Otros protocolos.....	26
2.10.1.	MGCP (<i>Media Gateway Control Protocol</i>).....	26
2.10.2.	SCCP (<i>Skinny Client Control Protocol</i>)	26
2.11.	Protocolos de transporte	27
2.11.1.	RTP (<i>Real-time transport protocol</i>).....	27
2.11.2.	RTCP (<i>Real-time Transport Control Protocol</i>)	28
2.12.	Codec.....	28
2.12.1.	UIT G.711	29
2.12.2.	UIT G.729.....	30
2.12.3.	GSM (RPE-LTP).....	30
2.12.4.	iLBC	31
2.13.	Infraestructura de voz sobre IP	31
2.13.1.	<i>Gateway</i>	33
2.13.2.	Interfaces.....	33
2.13.3.	<i>Gatekeeper</i>	34
2.13.4.	¿Qué es el <i>routing</i> y <i>switching</i> ?	35

2.14.	Tipos de comunicación		36
2.14.1.	Llamadas teléfono a teléfono.....		36
2.14.2.	Llamadas PC a teléfono o viceversa		37
2.14.3.	Llamadas PC a PC		38
2.15.	Ventajas de la tecnología de voz sobre IP.....		38
2.16.	Proveedores telefonía IP		39
2.16.1.	Proveedores de soluciones a nivel mundial.....		39
2.16.2.	Proveedores de telefonía IP en Guatemala		40
	2.16.2.1.	Continex, S. A.....	40
	2.16.2.2.	Siemens.....	41
	2.16.2.3.	ECSSA	42
	2.16.2.4.	VoIP Guatemala	42
	2.16.2.5.	Servicio de enlaces WAN	43
2.17.	Seguridad		43
2.18.	Desventajas de la telefonía IP		47
3.	SOFTWARE LIBRE PARA LA TELEFONÍA DE VOZ IP		49
3.1.	Historia de Asterisk.....		49
3.2.	¿Qué es Asterisk?		52
3.3.	Asterisk, el futuro de la telefonía		53
3.4.	¿Cuándo usar Asterisk?		55
3.5.	Estado actual de Asterisk		55
	3.5.1.	Ventajas principales.....	55
	3.5.2.	Ventajas competitivas.....	58
3.6.	Desventajas de las centralitas Asterisk		60
3.7.	Estructura de directorios de Asterisk		60
3.8.	Funciones básicas.....		61
3.9.	Funciones de llamada.....		61
3.10.	Funciones avanzadas.....		62

3.11.	Modificación de funciones	64
3.12.	Funcionalidad en servidores SIP	64
3.13.	Arquitectura de Asterisk	65
3.14.	Descripción de las APIs.	66
3.15.	Concepto de canal	67
4.	INSTALACIÓN DE ASTERISK	69
4.1.	Requerimientos	69
4.2.	El Dialplan	70
4.3.	Include.....	72
4.4.	Extensiones.....	73
4.5.	Extension “s”	74
4.6.	Manejo de las entradas no válidas (i) y tiempos (t)	74
4.7.	Prioridades	75
4.8.	No numerar las prioridades	75
4.9.	Prioridades con etiquetas (label)	76
4.10.	Aplicaciones	77
4.11.	Uso de variables	78
4.12.	Tipos de variables	78
4.12.1.	Variables globales	78
4.12.2.	Variables de canal.....	79
4.12.3.	Variables de entorno	80
4.12.4.	Coincidencia de patrones	80
4.12.5.	Usando la variable de canal \$ (EXTEN)	81
4.13.	Manipulación de expresiones y operadores	82
4.13.1.	Expresiones básicas	82
4.13.2.	Operadores	82
4.13.2.1.	Operadores booleanos	82
4.13.2.2.	Operadores matemáticos	83

4.13.2.3.	Operadores de expresión regular	83
4.14.	Funciones del Dialplan	83
4.15.	Configuración para canales de VoIP: SIP e IAX2.....	84
4.16.	Buzones de voz (<i>voicemail</i>).....	87
4.17.	Creación de Mailbox.....	87
4.18.	Añadir el <i>voicemail</i> al Dialplan.....	88
4.19.	Acceso al <i>voicemail</i>	89
4.20.	Marcación por nombre de directorio	89
4.21.	Audio en Asterisk.....	90
4.21.1.	Reproducción.....	90
4.21.2.	Música en espera	90
4.21.3.	Aplicación festival	91
4.21.4.	Codec y carga de CPU	91
5.	EQUIPAMIENTO PARA VOZ IP	93
5.1.	Teléfonos IP	93
5.2.	<i>Softphones</i> (telefonía con software)	95
5.2.1.	<i>Softphone</i> X-Lite	96
5.2.2.	<i>Softphone</i> zoiper.....	97
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tarjeta FXO Digium TDM400P	6
2.	Tarjeta FXS Digium TDM40B.....	6
3.	Conexiones FXS y FXO en una red de internet	7
4.	Tarjeta RDSI: Sangoma A500.....	8
5.	Red privada con voz IP	16
6.	Red WAN con voz IP	18
7.	Protocolos de señalización y transporte	19
8.	Fases de una llamada H.323.	22
9.	Asterisk y el futuro de la telefonía	53
10.	Arquitectura de Asterisk.....	66
11.	Teléfonos de IP	94
12.	<i>Softphones</i>	95
13.	<i>Softphone X-Lite</i>	96
14.	<i>Softphone zoiper</i>	98

TABLAS

I.	Clasificación de protocolos IETF e ITU-T.....	31
II.	Comparación de costos telefonía tradicional y Asterisk	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Bit	Mínima cantidad de información.
Bps	Mínima cantidad de información por segundo.
IAX2	Protocolo de conexión entre sistemas Asterisk.
H.323	Protocolo para voz IP.
Hertz	Un ciclo por cada segundo.

GLOSARIO

ACK	Mensaje para la confirmación de un establecimiento de sesión.
ACD	Sistema de gestión de llamadas por colas y agentes en Asterisk.
ADSL	Línea de suscriptor digital asíncrona.
AGI	Interfaz del sistema Asterisk que permite la comunicación con otras aplicaciones.
AMI	Permite la conexión de un cliente a una instancia de Asterisk para ejecutar comandos o leer eventos.
Ancho de banda	La máxima cantidad de datos que pueden pasar por un camino de comunicación en un momento dado. Se mide en cantidad de bits por segundo.
ATA	Dispositivo que permite conectar un teléfono analógico a una red de voz IP.
API	Conjunto de funciones y procedimientos contenidos en una biblioteca para ser utilizados por otro software.

ARI	Gestiona los buzones de voz y grabaciones de los usuarios en Asterisk.
CDR	Proporciona detalle de las llamadas entrantes y salientes en Asterisk.
CID	Identificador del número llamante.
CTI	Integración computador-telefonía.
DID	Número de teléfono de la red de telefonía conmutada donde cualquier persona puede llamar y se entregan las llamadas a la centralita Asterisk.
DNS	Sistema de nombres de dominio.
DTMF	Sistema de señalización que envía dos tonos de frecuencia distinta a través de la línea telefónica y que identifican claramente cada uno de los números marcados.
Estándar	Norma de referencia que sirve para medir cosas de la misma especie.
FDM	Multiplexado por división de frecuencia.
FXS	Es el que envía la llamada al FXO.

FXO	Manera de designar el punto final de conexión de la llamada. Recibe la llamada.
Gatekeeper	Componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de voz o fax sobre IP, o de aplicaciones multimedia y de videoconferencia.
Gateway	Dispositivo que actúa de puerta de enlace entre la red telefónica y una red IP. Es capaz de convertir las llamadas de voz y fax, en tiempo real, en paquetes IP con destino a una red IP, por ejemplo internet.
GNU/LINUX	Sistema operativo, compatible de Unix y que es libre.
GPL	Licencia pública general.
IETF	Grupo de trabajo de ingeniería de internet
IGMP	Protocolo de gestión de grupos en internet.
IP	Protocolo internet.
IPBX	Centralita privada basada en IP.
ILBC	Codec de voz gratis de banda corta.
ISDN	Red digital de servicios integrados.

ISP	Proveedor de servicios internet.
ITSP	Proveedor de servicios de telefonía internet.
ITU-T	Unión internacional de telecomunicaciones.
IVR	Sistema que reproduce mensajes a los llamantes, permite acceder a menús de voz o aplicaciones mediante la navegación por el teclado del teléfono.
PBX	Centralita telefónica privada.
PCM	Modulación por código de pulso
POTS	Servicio telefónico tradicional
PSTN	Red de telefonía conmutada pública.
RDSI	Red digital de servicios integrados
Redes IP	Medio de transmisión de voz.
RTB	Red telefónica básica.
RTCP	Protocolo de control de tiempo real.
RTP	Protocolo de tiempo real.
RTSP	Protocolo de video en tiempo real.

QoS	Calidad de servicio.
SIP	El protocolo más popular para voz IP.
Softphone	Software que hace una simulación de teléfono convencional por computadora.
TCP	Protocolo de control de transmisión
TDM	Multiplexado por división de tiempo.
Tono	Señalización para telecomunicaciones telefónicas.
UDP	Protocolo de datagramas de usuario.
Usuario	Persona que realiza una llamada telefónica.
Voz IP	Telefonía por internet.

RESUMEN

En este trabajo de graduación se presenta Asterisk como solución de software libre para telefonía, sobre voz IP.

En el primer capítulo se encuentra la historia de la telefonía, las centrales telefónicas PBX, PSN-RTB y la señalización de telefonía tradicional analógica y digital.

En el segundo capítulo se describe la introducción a la telefonía IP, con sus principales características, una comparación entre la telefonía convencional y la telefonía IP, por qué es más barata la telefonía IP, así como los protocolos más utilizados en la telefonía sobre voz IP.

En el tercer capítulo se detalla la historia del software Asterisk, ventajas y desventajas de este software libre, cuándo usar Asterisk, arquitectura de Asterisk, funciones básicas, funciones de llamadas y el concepto de canal.

En el cuarto capítulo se muestra la instalación de Asterisk, requerimientos, dialplan, extensiones, prioridades, buzones de voz y audio.

En el quinto capítulo se presenta el equipamiento para voz IP, teléfonos IP y *softphones*.

OBJETIVOS

General

Proponer Asterisk como solución de software libre para telefonía, sobre voz IP.

Específicos

1. Presentar los antecedentes de la telefonía convencional.
2. Presentar una introducción a la telefonía IP.
3. Presentar Asterisk como herramienta de software libre para la telefonía sobre voz IP.
4. Presentar la instalación de Asterisk.
5. Presentar el equipamiento para voz IP.

INTRODUCCIÓN

Asterisk es una central telefónica de software (PBX) de código abierto. Como cualquier central PBX permite interconectar teléfonos y conectar dichos teléfonos a la red telefónica convencional, red telefónica básica (RTB) su nombre viene del símbolo asterisco (*) en inglés.

El creador original de esta centralita es Mark Spencer de la compañía Digium, que sigue siendo el principal desarrollador de las versiones estables. Pero al ser de código libre, existen multitud de desarrolladores que han aportado funciones y nuevas aplicaciones. Originalmente fue creada para sistemas Linux pero actualmente funciona también en sistemas OpenBSD, FreeBSD, Mac OS X, Solaris Sun y Windows. Pero Linux sigue siendo la que más soporte presenta.

El paquete básico de Asterisk incluye muchas características que antes solo estaban disponibles en caros sistemas propietarios como creación de extensiones, envío de mensajes de voz a *e-mail*, llamadas en conferencia, menús de voz interactivos y distribución automática de llamadas. Además se pueden crear nuevas funcionalidades mediante el propio lenguaje de Asterisk o módulos escritos en C o mediante *scripts* AGI escritos en *perl* o en otros lenguajes.

Para poder utilizar teléfonos convencionales en un servidor Linux corriendo Asterisk o para conectar a una línea de teléfono analógica se suele necesitar hardware especial (no es suficiente con un modem ordinario). Digium y otras compañías venden tarjetas para este fin.

Asterisk soporta numerosos protocolos de voz IP como SIP y H.323, puede operar con muchos teléfonos SIP, actuando como puerta de enlace entre teléfonos IP y la red telefónica convencional.

Al soportar una mezcla de la telefonía tradicional y los servicios de voz IP, Asterisk permite a los desarrolladores construir nuevos sistemas telefónicos de forma eficiente o migrar de manera gradual los sistemas existentes a las nuevas tecnologías. Algunos sitios usan Asterisk para reemplazar a antiguas centralitas propietarias, otros para proveer funcionalidades adicionales y algunas otras para reducir costes en llamadas a larga distancia utilizando internet.

1. TELEFONÍA CONVENCIONAL

1.1. Historia de la telefonía

En 1875, Edison descubrió que las chispas de los interruptores eléctricos producían radiaciones, en 1885 patentó un sistema de comunicaciones utilizando antenas monopolo con carga capacitiva.

1876, 14 de febrero, Alexander Graham Bell patenta el primer teléfono, este sistema estaba compuesto de micrófono y parlante, casi al mismo tiempo Elisa Gray patenta el micrófono.

En 1877, se instala la primera línea telefónica en Boston Somerville. Para comunicarse era necesario tender un cable entre ellos. Los electrones regresaban por tierra, Bell se dio cuenta que con el crecimiento no era factible tender los cables para cada uno de los usuarios en forma completa interconectada, por lo que fundó la Bell Telephone Company, que abrió una oficina de conmutación en 1878.

En 1878 se instala la primera central telefónica en New Haven, EE.UU., constaba de un cuadro controlador manual de 21 abonados. La compañía tendió un cable a la casa de cada cliente. En la oficina un operador espera una solicitud, la cual se atendía conectando manualmente por medio de un cable puenteador a los dos teléfonos. Luego surgieron más oficinas de conmutación y el siguiente paso para Bell fue unir estas oficinas de conmutación. En el principio, la red telefónica básica (RTB) fue creada para transmitir la voz humana. Tanto por la naturaleza de la información a transmitir, como por la tecnología disponible en la

época en que fue creada, es de tipo analógico. Hasta hace poco se denominaba red telefónica conmutada (RTC), pero la aparición del sistema digital, pero basado también en la conmutación de circuitos (RDSI), ha hecho que se prefiera utilizar la terminología RTB para la primitiva red telefónica (analógica), reservando las siglas RTC para las redes conmutadas de cualquier tipo (analógicas y digitales); así pues, la RTC incluye la primitiva RTB y la moderna RDSI.

La conmutación de circuitos telefónicos supone que, en un determinado instante se establecen conexiones entre una serie de líneas que comienzan en el emisor y terminan en el receptor, de tal forma, que mientras dura la llamada hay una continuidad entre ambos puntos, lo que hace posible la comunicación. Cuando esta se termina, los enlaces se rompen, y muchas de estas líneas son utilizadas de nuevo con otro esquema de conexiones para transmitir entre otro par de puntos. El que una misma línea se utilice secuencialmente para muchas llamadas distintas es lo que hace posible la saturación en la línea, cuando demasiadas personas pretenden utilizar los mismos conductores.

1.2. Centrales telefónicas

Existen las centrales PBX y PSTN-RTB que se explica a continuación.

1.2.1. Private branch exchange (PBX)

PBX viene del término inglés Private Branch Exchange. En palabras simples, el uso más común de una PBX es compartir de una a varias líneas telefónicas con un grupo de usuarios. Una PBX se sitúa entre las líneas telefónicas y los teléfonos (terminales de voz).

La PBX tiene la propiedad de ser capaz de redirigir las llamadas entrantes a uno o varios teléfonos. De una manera similar, una PBX permite a un teléfono escoger una de las líneas telefónicas para realizar una llamada telefónica al exterior. De la misma forma, que un enrutador (*router*) en internet es responsable de dirigir los paquetes de un origen a su destino, una PBX es responsable de dirigir llamadas telefónicas.

La palabra *private* en la sigla PBX significa que el dueño del sistema tiene todo el control y decide como compartir las líneas exteriores con los usuarios. Una PBX no solo permite compartir un conjunto de líneas con un grupo de usuarios, sino que también ofrece la posibilidad de crear servicios de valor añadido como transferencia de llamadas, llamadas a tres ,es decir, tener la posibilidad de tener a más de dos personas hablando simultáneamente en la misma conversación, pasarela de voz a correo permitiendo grabar un mensaje de voz en un adjunto de correo electrónico, como si fuera un contestador automático grabando el mensaje en un fichero de audio y se enviándolo a una cuenta de correo o servicios basados en una respuesta de voz interactiva (IVR), etc.

Una PBX puede ser de gran utilidad en múltiples escenarios, en las regiones donde el acceso a la red telefónica implica caminar varias horas (sino días) a una cabina o telecentro. Además, una situación muy común es que solo exista una línea telefónica por edificio o por población. Una PBX o centralita permite compartir esa línea e incluso extender la red telefónica a lugares remotos.

1.2.2. PSTN-RTB

PSTN es la Red pública telefónica conmutada (*Public Switched Telephone Network*), “la red de redes telefónicas” o más conocida como la Red telefónica.

En castellano la PSTN es conocida como la red pública conmutada (RTC) o Red telefónica básica (RTB). De la misma forma, que internet es la red global IP, la RTB es la combinación de todas las redes conmutadas de teléfono.

Una diferencia muy importante entre la RTB e internet es la noción de flujo de información. En telefonía, los flujos de información son cada una de las llamadas o conversaciones, mientras que en internet es cada uno de los paquetes de datos.

Desde el punto de vista conceptual la RTB e internet son muy diferentes y representan dos mundos y filosofías casi antagónicas. Si una conversación se efectúa en una RTB se tiene que reservar un canal (circuito) dedicado de 64 Kbps, pero en internet la misma conversación puede coexistir con otros servicios de manera simultánea. Aunque esta diferencia pueda parecer irrelevante a primera vista, tiene grandes implicaciones de cara a la implementación de las tecnologías de la información tanto en regiones desarrolladas como en desarrollo. En el modelo tradicional, un cable de cobre proporciona acceso a la RTB y ofrece un solo tipo de servicio: un canal analógico. Si ese mismo cable se usa para conectarse a una red conmutada de paquetes como Internet, se puede implementar cualquier tipo de servicio basado en el protocolo IP.

La RTB ha estado históricamente gobernada por estándares creados por la ITU (*International Telecommunication Union*), mientras que internet es gobernada por los estándares del IETF (*Internet Engineering Task Force*). Ambas redes, la RTB e internet usan direcciones para encaminar sus flujos de información. En la primera se usan números telefónicos para conmutar llamadas en las centrales telefónicas, en internet se usan direcciones IP para conmutar paquetes entre los enrutadores (*routers*).

1.3. Señalización en telefonía tradicional

La señalización de telefonía tradicional se explica a continuación.

1.3.1. Señalización analógica

Las centrales telefónicas son los *routers* de la RTB. Un *foreign exchange office* (FXO) es cualquier dispositivo que, desde el punto de vista de la central telefónica, actúa como un teléfono tradicional. Un FXO debe ser capaz de aceptar señales de llamada o *ring*, ponerse en estado de colgado o descolgado, y enviar y recibir señales de voz. Un FXO es como un teléfono o cualquier otro dispositivo que suena (como una máquina de fax o un *modem*).

Un FXS es lo que está situado al otro lado de una línea telefónica tradicional (la estación). Un FXS envía el tono de marcado, la señal de llamada que hace sonar los teléfonos y los alimenta. En líneas analógicas, un FXS alimenta al FXO. El FXS utiliza alrededor de 48 voltios DC para alimentar al teléfono durante la conversación y hasta 80 voltios AC (20 Hz) cuando genera el tono de llamada (*ring*).

Para operar con líneas analógicas, se necesitan tarjetas con interfaces FXO.

Figura 1. **Tarjeta FXO Digium TDM400P**



Fuente: Digium Company. *Hardware para voz IP*. www.digiumcards.com/tdm04b.html. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

Para operar con teléfonos analógicos o centralitas clásicas se requieren interfaces FXS.

Figura 2. **Tarjeta FXS Digium TDM40B**



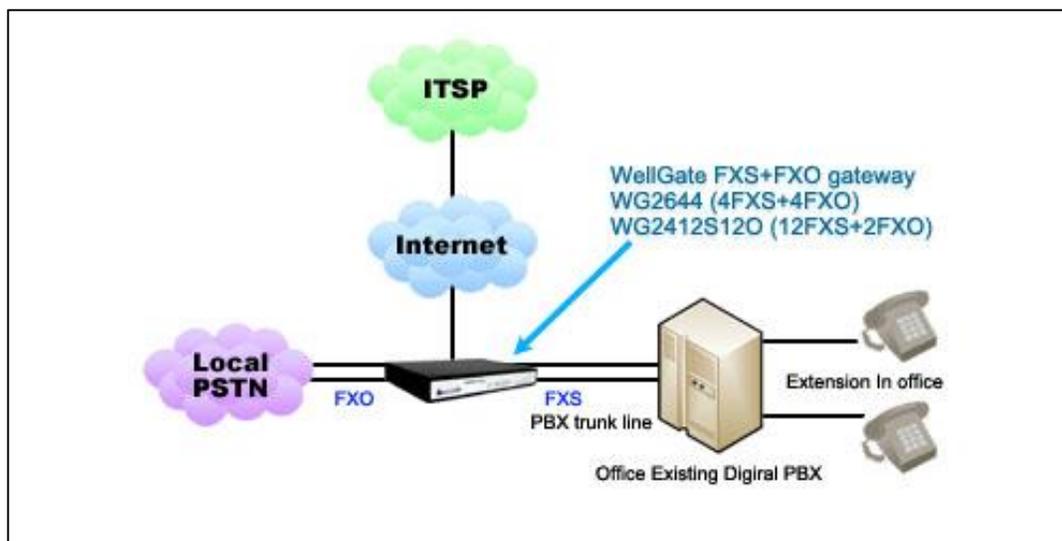
Fuente: Digium Company. *Hardware de voz IP*. www.digiumcards.com/tdm40b.html. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

Una PBX que integra periféricos FXO y FXS puede conectarse a la RTB e incorporar teléfonos analógicos. Las líneas telefónicas que vienen del operador se tienen que conectar a una interfaz FXO. Los teléfonos se deben conectar a las interfaces FXS de la centralita.

En resumen, dos reglas fáciles que hay que recordar son:

- Un FXS necesita estar conectado a un FXO (como una línea telefónica necesita estar conectada a un teléfono) o viceversa.
- Un FXS suministra energía (elemento activo) a un teléfono FXO (elemento pasivo).

Figura 3. **Conexiones FXS y FXO en una red de internet**



Fuente: Welltech Technology Co., Ltd. *Telefonía IP*. www.welltech.com/product_e_0r.htm.

Consulta: 25 de septiembre de 2015.

Cada vez que se utiliza una línea telefónica se intercambian un conjunto de señales. Estas sirven para ofrecer información del estado de la llamada al usuario. Algunas de esas señales son el tono de marcado o el tono de línea ocupada. Estas señales se transmiten entre el FXS y el FXO haciendo uso de un protocolo conocido como señalización. Cada uno de los mecanismos es conocido como método de señalización. Los cuales son diferentes de un lugar a

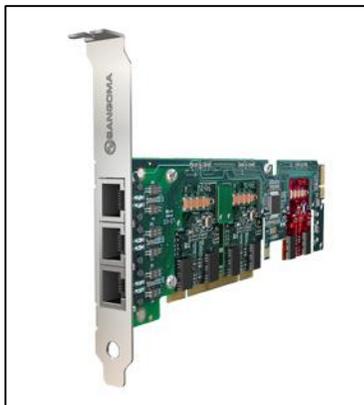
otro, así que se debe conocer de antemano el método de señalización que se usa en las líneas telefónicas. Dos de los métodos de señalización más conocidos son el *loop start* y el *ground start*.

Si se desconoce el método de señalización que se debe usar, se puede empezar probando con *loop start*. Una consecuencia de configurar una PBX con un método de señalización equivocado es que la línea telefónica se cuelga de manera inesperada.

1.3.2. Señalización digital

La Red digital de servicios integrados (RDSI) utiliza, en principio, dos tipos de capacidades de acceso: Acceso básico (2 canales de voz + 1 de señalización) y Acceso primario (30 canales de voz + 1 de señalización).

Figura 4. **Tarjeta RDSI: Sangoma A500**



Fuente: Quarea ITC M&C SL. *Conexión voz IP*.

www.quarea.com/es/tarjeta_bri_rdsi_sangoma_a500. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

Además del tipo de señalización, las interfaces RDSI pueden funcionar en modo NT (*Network Termination*) o TE (*Terminal Equipment*). o modo TE, en este modo, la centralita se puede conectar con interfaces RDSI (BRI o PRI) o con centrales digitales tradicionales que tengan conexión RDSI de forma esclava o modo NT; en este modo la centralita telefónica puede conectarse con centrales digitales tradicionales que tengan conexión RDSI de forma maestro o con extensiones digitales.

2. INTRODUCCIÓN A LA TELEFONÍA IP

2.1. ¿Qué es la telefonía IP?

La telefonía IP (voz transmitida sobre protocolo internet) es una tecnología que deja establecer la comunicación de voz, datos e imágenes a través de redes informáticas e internet, permitiendo servicios como conferencias de audio y video entre múltiples usuarios, mensajería de voz, desvíos de llamadas, escucha y respuesta de correos electrónicos, y centros de contacto de clientes, entre otros. A través de esta tecnología los usuarios pueden establecer llamadas de voz y fax sobre redes de datos, intranets, extranet, internet, entre otros, utilizando una PC, *gateway* y teléfonos estándar.

En una llamada a través de internet se va transformando la voz en paquetes de información manejables por la red IP y reservando ancho de banda dentro de la red con el protocolo RSVP, para garantizar la calidad de la comunicación. Se efectúa una conversión de la señal de voz analógica a formato digital y compresión de la señal a IP para su transmisión y se realiza el proceso inverso para poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica, para la recepción.

2.2. ¿Cómo funciona la telefonía IP?

La telefonía IP transporta las señales de voz en paquetes de datos comprimidos que son transportados en las redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales. La conversión de la voz a datos utiliza una formulación matemática, comprimiendo la voz humana digitalizada en un conjunto de datos más pequeños y manejables. Una fórmula similar descomprime los datos para

devolver la voz a su estado original una vez que llega a su destino. La evolución de la transmisión conmutada por circuitos a la transmisión basada en paquetes toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP, Ethernet, Frame Relay, ATM o SONET. La voz puede ser obtenida desde un micrófono conectado a la tarjeta de sonido de una computadora, o desde un teléfono común, ya que existen Gateways que son los que permiten intercomunicar las redes de telefonía tradicional con las redes de datos.

2.3. ¿Qué ofrece la telefonía IP?

La convergencia de la voz y datos implican la reducción del presupuesto de comunicaciones de una empresa, y este ahorro puede financiar a su vez la migración de una red de solo datos a una que integre voz, video y datos. Las llamadas establecidas entre teléfonos de una misma empresa (aunque no geográficamente en el mismo lugar), por medio de telefonía IP, no generan costo adicional alguno, ya que al estar conectadas las sucursales por redes de datos privadas o públicas, solo se tiene el gasto fijo mensual por el servicio de la interconexión.

La tecnología de telefonía IP ofrece también la facilidad de expansión de oficinas, servicios disponibles en cualquier parte, manteniendo todas las funcionalidades de la red de voz corporativa, sin importar el lugar en donde se encuentre, dándole a la organización mayor movilidad para sus colaboradores.

Telefonía IP ofrece la fácil integración de nuevos estándares y aplicaciones. Permite el control del tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento de las redes de datos. Proporciona el enlace a la red telefónica tradicional. Es independiente del tipo

de red física que lo soporta. Permite la integración con las grandes redes de IP actuales. Es independiente del hardware utilizado. Puede ser implementado tanto en software como en hardware, con la particularidad de que el hardware supondría eliminar el impacto inicial para el usuario común.

Otras ventajas: flexibilidad en la migración de sistemas actuales y crecimiento escalable, retorno de la inversión, seguridad en las comunicaciones, cobertura de modelos distribuidos de empresa y facilidad de desarrollo de aplicaciones acordes a la empresa que apoyen mayor productividad o eficiencia de procesos existentes.

2.4. Telefonía IP *versus* telefonía convencional

Los sistemas de telefonía convencional están guiados por un sistema muy simple, pero ineficiente denominado conmutación de circuitos. Esta ha sido usada por las operadoras tradicionales por más de 100 años. En este sistema cuando una llamada es realizada la conexión es mantenida durante todo el tiempo que dure la comunicación. Este tipo de comunicaciones es denominada circuito porque la conexión está realizada entre 2 puntos hacia ambas direcciones. Estos son los fundamentos del sistema de telefonía convencional.

En una llamada telefónica por IP, los paquetes de datos, que contienen la señal de voz digitalizada y comprimida, se envían a través de internet a la dirección IP del destinatario. Cada paquete puede utilizar un camino para llegar, están compartiendo un medio, una red de datos. Cuando llegan a su destino son ordenados y convertidos de nuevo en señal de voz.

2.5. ¿Por qué es más barata la telefonía IP?

Una llamada telefónica normal requiere una enorme red de centralitas telefónicas conectadas entre sí mediante fibra óptica y satélites de telecomunicación, además de los cables que unen los teléfonos con las centralitas. Las enormes inversiones necesarias para crear y mantener esa infraestructura se tienen que pagar cuando se hacen llamadas, especialmente llamadas de larga distancia. Además, cuando se establece una llamada se tiene un circuito dedicado, con un exceso de capacidad que realmente no se está utilizando.

En una llamada telefónica IP estamos se comprime la señal de voz y se utiliza una red de paquetes sólo cuando es necesario. Los paquetes de datos de diferentes llamadas, e incluso de diferentes tipos de datos, pueden viajar por la misma línea al mismo tiempo. Además, el acceso a internet cada vez es más barato, muchos proveedores de servicio de internet lo ofrecen gratis, solo se debe pagar la llamada, siempre con las tarifas locales más baratas. También se empiezan a extender las tarifas planas, conexiones por cable, ADSL, entre otros.

2.6. Características principales

- Integración de voz, video y datos.
- Escalabilidad y administración: añadir un nuevo teléfono a su solución de telefonía IP puede hacerlo el mismo empleado, sin requerir intervención técnica.
- La productividad: se utiliza la misma red de comunicaciones LAN y WAN y la reducción en costos asociados, para entregar todos los servicios.
- Movilidad.

- Operación: interfaces basadas en web, monitoreo a través de herramientas estándares de datos.
- Disponibilidad.
- Adaptabilidad.
- Fácil integración de nuevos estándares y aplicaciones.
- Ubiquidad: no es necesario tener un PBX por punto, se pueden ofrecer servicios desde cualquier punto.
- Compatibilidad de estándares.
- Menores costos asociados.
- Ahorros en desplazamientos derivados de la convergencia de aplicaciones; voz, datos y video.

2.7. Introducción voz sobre IP (VoIP, Voz IP, Voice Over IP)

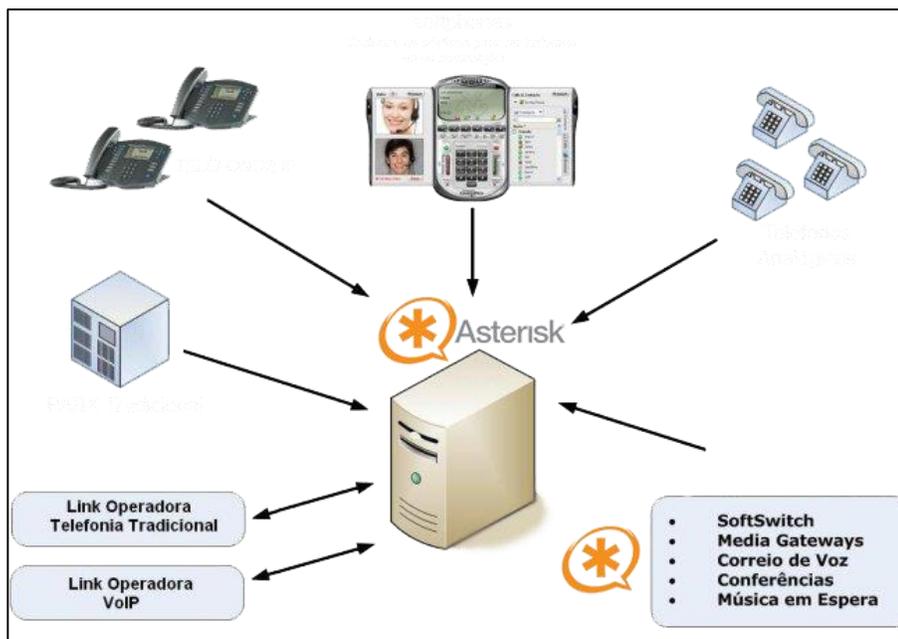
Antes que existiera internet, las comunicaciones se realizaban por medio del teléfono a través de la red telefónica pública conmutada (PSTN), pero con el pasar de los años y el avance tecnológico han ido apareciendo nuevas tecnologías y aparatos bastante útiles que han permitido pensar en nuevas tecnologías de comunicación: PCS, teléfonos celulares y finalmente la popularización de la red internet.

Actualmente es posible ver una gran revolución en comunicaciones: todas las personas usan los computadores e internet en el trabajo y en el tiempo libre para comunicarse con otras personas, para intercambiar datos y a veces para hablar con más personas usando aplicaciones como *NetMeeting* o teléfono IP (*Internet Phone*), el cual particularmente comenzó a difundir en el mundo la idea que en el futuro se podría utilizar una comunicación en tiempo real por medio del PC: VoIP (*Voice Over Internet Protocol*).

Después de haber constatado que desde un PC con elementos multimedia, es posible realizar llamadas telefónicas a través de internet.

Si en una empresa se dispone de una red de datos que tenga un ancho de banda bastante grande, también se podría pensar en la utilización de esta red para el tráfico de voz entre las distintas delegaciones de la empresa. Las ventajas que se tienen al utilizar la red para transmitir tanto la voz como los datos son evidentes, además se obtiene ahorro de costos de comunicaciones, pues las llamadas entre las distintas delegaciones de la empresa saldrían gratis.

Figura 5. Red privada con voz IP



Fuente: SENA. *Internet y telefonía IP*. www.softwarelibresena.blogspot.com/. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

2.8. Integración de servicios y unificación de estructura

Realmente la integración de la voz y los datos en una misma red es una idea antigua, pues desde hace tiempo han surgido soluciones desde distintos fabricantes que, mediante el uso de multiplexores, permiten utilizar las redes WAN de datos de las empresas (típicamente conexiones punto a punto y Frame-Relay) para la transmisión del tráfico de voz, además es importante resaltar, que el paquete de voz es indistinguible del paquete de datos, y por lo tanto puede ser transportado a través de una red que estaría normalmente reservada para transmisión de datos, donde los costos son, frecuentemente, más bajos.

Es innegable la implantación definitiva del protocolo IP desde los ámbitos empresariales a los domésticos y la aparición de un estándar, el VoIP, no podía hacerse esperar. La aparición de VoIP junto con el abaratamiento del procesador digital de señal (DSP), los cuales son claves en la compresión y descompresión de la voz, son los elementos que han hecho posible el despegue de estas tecnologías.

Para este auge existen otros factores, tales como la aparición de nuevas aplicaciones o la apuesta definitiva por VoIP de fabricantes como Cisco Systems o Nortel-bay Networks. Por otro lado los operadores de telefonía están ofreciendo o piensan ofrecer en un futuro cercano, servicios IP de calidad a las empresas.

Figura 6. Red WAN con voz IP



Fuente: Tecnología en Oficinas y Telecomunicaciones. *Voz IP en las redes WAN*.
www.tecnoficom.com/. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

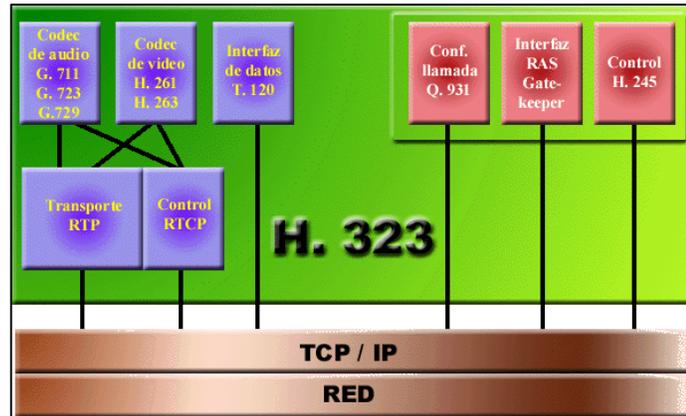
2.9. Protocolos de voz sobre IP

El objetivo de VoIP es dividir en paquetes los flujos de audio para transportarlos sobre redes basadas en IP. Los protocolos de las redes IP originalmente no fueron diseñados para el fluido en tiempo real de audio o cualquier otro tipo de medio de comunicación.

La PSTN está diseñada para la transmisión de voz, sin embargo, tiene sus limitaciones tecnológicas. Es por lo anterior que se crean los protocolos para VoIP, cuyo mecanismo de conexión abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación.

Se puede diferenciar entre los protocolos de señalización (H.323, SIP) y los protocolos de transporte (RTCP, RTP, RTSP).

Figura 7. **Protocolos de señalización y transporte**



Fuente: GÓMEZ, Pedro. *Protocolos de voz IP*.

www.rt00149b.eresmas.net/Otras/VoIP/VoIP.html. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

De acuerdo a la ITU-T, en su recomendación H.323, el protocolo de señalización se encarga de los mensajes y procedimientos utilizados para establecer una comunicación, pedir cambios de tasa de bits de la llamada, obtener el estado de los puntos extremos y desconectar la llamada.

2.9.1. H.323

Es un estándar que norma todos los procedimientos para lograr sistemas audiovisuales y multimedios, por lo que engloba varios protocolos y estándares. Uno de estos procedimientos es la señalización de la llamada.

H.323 propone dos tipos de señalización:

2.9.1.1. Señalización de control de llamada (H.225.0)

Este protocolo tiene dos funcionalidades. Si existe un *gatekeeper* en la red, define como un terminal se registra con él. Este proceso se denomina *Registration, Admission and Status* (RAS) y usa un canal separado (canal RAS). Si no existiese un *gatekeeper*, define la forma cómo dos terminales pueden establecer o terminar llamadas entre sí (señalización de llamada).

2.9.1.2. Señalización de control de canal (H.245)

Una vez que se ha establecido la conexión entre dos terminales usando H.225, por medio del protocolo H.245 para establecer los canales lógicos a través de los cuales se transmite la media. Para ello define el intercambio de capacidades (tasa de bits máxima, *codecs*, entre otros), de los terminales presentes en la comunicación.

El *gatekeeper* es un componente opcional cuya función principal es el control de admisión. Es un intermediario entre los puntos terminales que permite el establecimiento de llamadas entre estos. También puede enrutar la señalización hacia otro dispositivo para implementar funciones como desvío de llamadas.

2.9.1.3. Establecimiento de la comunicación

Primero se tiene que registrar y solicitar admisión al *Gatekeeper*, para lo cual se usan los mensajes RAS. Luego, el usuario que desea establecer la comunicación envía un mensaje de *setup*, el llamado contesta con un mensaje de *call proceeding*. Para poder seguir con el proceso, este terminal también debe

solicitar admisión al *gatekeeper* con los mensajes RAS y, una vez admitido, envía el *alerting* indicando el inicio del establecimiento de la comunicación. Este mensaje *alerting* es similar al *ring back tone* de las redes telefónicas actuales. Cuando el usuario descuelga el teléfono, se envía un mensaje de *connect*.

2.9.1.4. Señalización de control

En esta fase se abre una negociación mediante el protocolo H.245 (control de canal). El intercambio de los mensajes (petición y respuesta) entre los dos terminales establece quién será maestro y quién esclavo, así como también sus capacidades y los *codecs* de audio y video soportados (mensajes TCS, *terminal capability set*). Como punto final de esta negociación se abre el canal de comunicación (direcciones IP, puerto) (mensajes OLC, *open logical channel*).

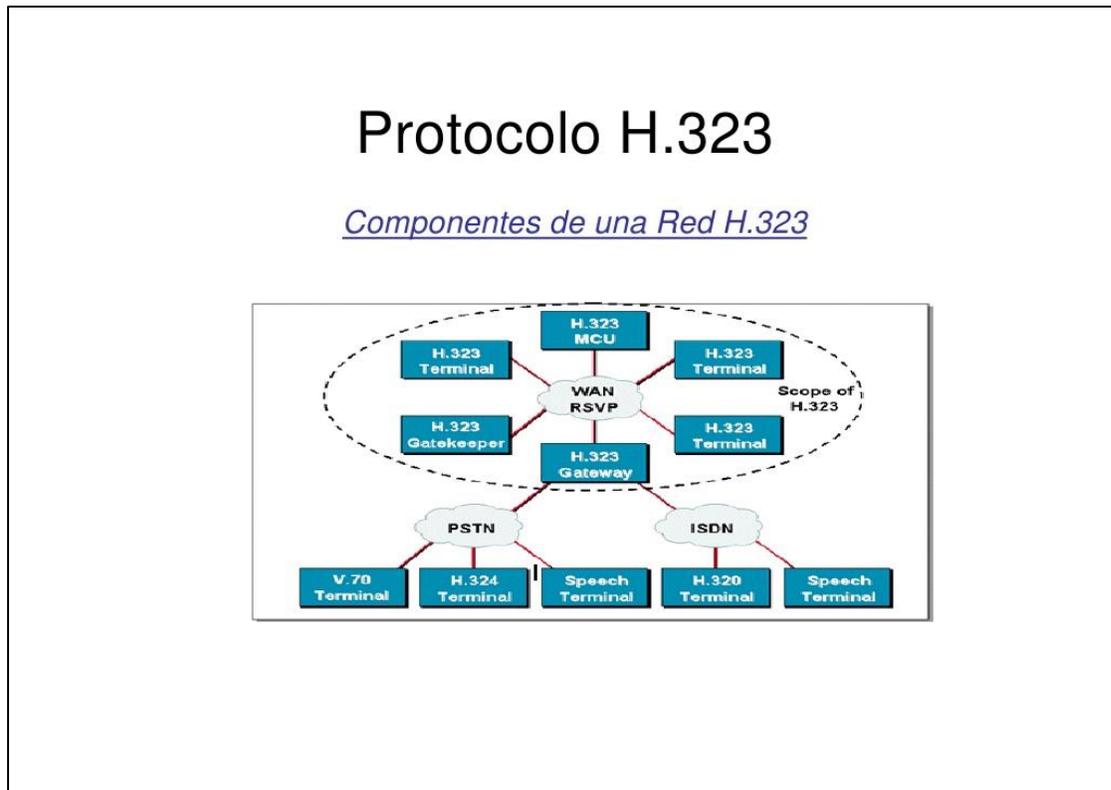
2.9.1.5. Audio

La comunicación de voz se encapsula a través de los protocolos RTP/RTCP para enviar y recibir la información.

2.9.1.6. Desconexión

Por último, cualquiera de los participantes activos en la comunicación puede iniciar el proceso de finalización de llamada mediante los mensajes *close logical channel* (CLC) y *end session command* (ESC). Una vez hecho esto, ambos terminales tienen que informarle al *gatekeeper* sobre el fin de la comunicación. Para ello se usan los mensajes RAS *disengage request* (DRQ) y *disengage confirm* (DCF).

Figura 8. Fases de una llamada H.323.



Fuente: Guimi Company. *Protocolo H.323*. www.guimi.net/monograficos/G-Redes_de_comunicaciones/G-RCnode67.html. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

2.9.2. Session Initiation Protocol (SIP)

A diferencia de H.323, SIP tiene su origen en la comunidad IP, específicamente en la IETF (*Internet Engineering Task Force*); y no en la industria de las telecomunicaciones (ITU).

SIP es similar al HTTP en muchos sentidos, incluso tiene algunos mensajes de error en común, como el 404 no encontrado (404 *not found*) y el 403 servidor ocupado (403 *Server Busy*).

Los componentes presentes en SIP son:

- Agentes de Usuario (*User Agent, UA*): existen dos tipos de agentes de usuario, los cuales están presentes siempre, y permiten la comunicación cliente-servidor:
 - Agente de usuario cliente (UAC): el UAC genera peticiones SIP y recibe respuestas.
 - Agente de usuario servidor (UAS): el UAS responde a las peticiones de SIP.

- Servidores SIP: existen tres clases lógicas de servidores. Un servidor puede tener una o más de estas clases.
 - Servidor de redirección (*Redirect Server*): reencamina las peticiones que recibe hacia el próximo servidor.

- Servidor proxy (*proxy server*): corren un programa intermediario que actúa tanto en servidor como en cliente para poder establecer llamadas entre los usuarios.
 - Servidor de registro (*register server*): hace la correspondencia entre direcciones SIP y direcciones IP, lo que hace. Este servidor solo acepta mensajes Register, lo que hace fácil la localización de los usuarios, pues el usuario donde se encuentre siempre tiene que registrarse en el servidor.
- *Invite*: permite invitar un usuario a participar en una sesión o para modificar parámetros de una sesión ya existente.
 - *Ack*: confirma el establecimiento de la sesión.
 - *Option*: solicita información de algún servidor en particular.
 - *Bye*: indica término de una sesión.
 - *Cancel*: cancela una petición pendiente.
 - *Register*: registra al agente de usuario.
 - 1xx: mensajes provisionales.
 - 2xx: respuestas de éxito.
 - 3xx: respuestas de redirección.
 - 4xx: respuestas de fallas de método.
 - 5xx: respuestas de fallas de servidor.
 - 6xx: respuestas de fallas globales.

Cuando la sesión se ha establecido, entra a funcionar el protocolo de transporte (RTP, *Real-time Transport Protocol*), que es el encargado del transporte de la voz. Cuando alguien quiere terminar la comunicación, manda la petición BYE que el servidor lo redirecciona al otro punto. Luego, este último envía la confirmación, terminando así la sesión. Cualquiera de los participantes puede terminar la conversación en cualquier momento.

2.9.3. Diferencia entre SIP y H.323

La principal diferencia es la velocidad: SIP hace en una sola transacción lo que H.323 hace en varios intercambios de mensajes. Adicionalmente, SIP usa UDP mientras que H.323 debe usar necesariamente TCP para la señalización (H.225 y H.245), lo que origina que una llamada SIP sea atendida más rápido.

Otra diferencia importante es que H.323 define canales lógicos antes de enviar los datos, mientras que una unidad SIP simplemente publicita los *codecs* que soporta, mas no define canales, lo que puede generar saturación de tráfico en casos de muchos usuarios, pues no se separa la tasa de bits necesaria para la comunicación.

2.9.4. Inter Asterisk Exchange (IAX2)

Es el protocolo usado por Asterisk. El objetivo con el que se creó fue minimizar la tasa de bits requerida en las comunicaciones VoIP y tener un soporte nativo para traspasar dispositivos de *Network Address Translation* (NAT).

En otras palabras, provee soluciones a los problemas dados en SIP y H.323. Fue creado por Mark Spencer, quien también participó en la codificación de Asterisk.

IAX2 usa un único puerto UDP (4569) para transmitir tanto señalización como datos. El tráfico de voz es transmitido en banda (*in-band*), es decir, los datos de voz van encapsulados en el protocolo. SIP, en cambio, se basa del protocolo RTP para la transmisión de los datos (su transmisión es *out-band*). Esto le permite al protocolo IAX2 prácticamente transportar cualquier tipo de dato.

Otra característica de IAX2 es que soporta *trunking*; es decir, un solo enlace puede enviar datos y señalización de varios canales. Cuando se hace *trunking*, un solo datagrama IP puede contener información de varias llamadas sin crear latencia adicional. Esto genera una disminución de la tasa de bits y del retraso de los paquetes debido a que ahorra enviar varias veces la cabecera IP.

Todas estas características del IAX2 se deben a que en su diseño se hizo con base en muchos estándares de señalización y de transmisión de datos, quedándose solo con lo mejor de cada uno. Algunos protocolos tomados como base para el IAX2 son: SIP, MGCP y RTP (Real-time Transfer Protocol).

2.10. Otros protocolos

Se explican otros protocolos a continuación.

2.10.1. MGCP (*Media Gateway Control Protocol*)

Este protocolo está basado en un modelo cliente/servidor, mientras que SIP y H.323 están basados en un modelo *peer-to-peer*. MGCP al igual que SIP usa el Protocolo de Descripción de Sesión (SDP) para describir y negociar capacidades de media. Su funcionalidad es similar a la capacidad H.245 de H.323.

2.10.2. SCCP (*Skinny Client Control Protocol*)

Protocolo propietario de Cisco, se basa en un modelo cliente/servidor en el cual toda la inteligencia se deja en manos del servidor (*call manager*). Los clientes son los teléfonos IP, que no necesitan mucha memoria ni procesamiento.

El servidor es el que aprende las capacidades de los clientes, controla el establecimiento de la llamada, envía señales de notificación, reacciona a señales del cliente (por ejemplo cuando se presiona el botón de directorio). El servidor usa SCCP para comunicarse con los clientes, y si la llamada sale por un *gateway*, usa H.323, MGCP o SIP.

2.11. Protocolos de transporte

Los protocolos de transporte se explican a continuación.

2.11.1. RTP (*Real-time transport protocol*)

Este protocolo define un formato de paquete para llevar audio y video a través de internet. Este no usa un puerto UDP determinado, la única regla que sigue es que las comunicaciones UDP se hacen vía un puerto impar y el siguiente puerto par sirve para el protocolo de control RTP (RTCP).

La inicialización de la llamada normalmente se hace por el protocolo SIP o H.323. El hecho de que RTP use un rango dinámico de puertos hace difícil su paso por dispositivos NAT y *firewalls*, por lo que se necesita usar un servidor STUN (*Simple Traversal of UDP over NAT*).

STUN es un protocolo de red que permite a los clientes que estén detrás de un NAT saber su dirección IP pública, el tipo de NAT en el que se encuentran y el puerto público asociado a un puerto particular local por el NAT correspondiente. Esta información se usa para iniciar comunicaciones UDP entre dos *hosts* que están detrás de dispositivos de NAT.

Las aplicaciones que usan RTP son menos sensibles a la pérdida de paquetes, pero son típicamente muy sensibles a retardos, por lo que se usa UDP para esas aplicaciones.

Por otro lado, RTP no proporciona calidad de servicio, pero este problema se resuelve usando otros mecanismos, como el marcado de paquetes o independientemente en cada nodo de la red.

2.11.2. RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*)

El protocolo de control RTP se basa en la transmisión de paquetes de control fuera de banda a todos los nodos participantes en la sesión. Tiene 3 funciones principales:

- Provee realimentación en la calidad de la data.
- Utiliza nombres canónicos (CNAME) para identificar a cada usuario durante una sesión.
- Como cada participante envía sus tramas de control a los demás, cada usuario sabe el número total de participantes. Este número se usa para calcular la tasa a la cual se van a enviar los paquetes. Más usuarios en una sesión significan que una fuente individual podrá enviar paquetes a una menor tasa de bits.

2.12. Codec

Codec viene de codificador-decodificador. Describe una implementación basada en software o hardware para la transmisión correcta de un flujo de datos. Se estudiará solamente los codec de voz.

2.12.1. UIT G.711

G.711 tiene una tasa de transmisión alta (64 kbps). Desarrollado por la UIT, es el *codec* nativo de redes digitales modernas de teléfonos. Formalmente estandarizado en 1988, este *codec*, también llamado PCM, tiene un tasa de muestreo de 8,000 muestras por segundo, lo que permite un ancho de banda total para la voz de 4,000 mil Hz. Cada muestra se codifica en 8 bits, luego la tasa de transmisión total es de 64 kbps.

Existen dos versiones de este *codec*: Ley-A (A-law) y Ley- μ (μ -law). La segunda se usa en Estados Unidos y Japón mientras que la primera se usa en el resto del mundo, incluida Latinoamérica. La diferencia entre ellas es la forma como la señal es muestreada. Los valores de μ y de A están estandarizados por la UIT y son $\mu=255$ para el caso de la ley- μ y de $A=100$ para el caso de la ley-A. La forma logarítmica refuerza las muestras más pequeñas de la entrada con el fin de protegerlas del ruido.

El uso de G.711 para VoIP ofrece la mejor calidad (no realiza compresión en la codificación), por lo que suena igual que un teléfono analógico o RDSI. Esto se comprueba con la medida del MOS. El MOS (*Mean Opinion Score*) es una medida cualitativa de la calidad de la voz. Un MOS de 5 indica una comunicación con calidad excelente, mientras que un MOS de 0 indica una calidad pésima.

G.711 tiene el MOS más alto de todos los *codecs* en condiciones ideales (sin pérdida de paquetes), con un MOS de 4.1. También presenta el menor retardo debido a que no hay un uso extensivo del CPU (no hay compresión de datos).

El inconveniente principal es que necesita mayor tasa de bits que otros codec, aproximadamente 80 kbps incluyendo toda la cabecera TCP/IP. Sin embargo, con un acceso de alta velocidad, esto no debería ser mayor problema.

Este codec es soportado por la mayoría de compañías de VoIP, tales como proveedores de servicio y fabricantes de equipos.

2.12.2. UIT G.729

Este codec comprime la señal en períodos de 10 milisegundos. No puede transportar tonos como DTMF o fax. G.729 se usa principalmente en aplicaciones VoIP por su poca tasa de bits (8 kbps). Existen extensiones de la norma que permiten tasas de 6.4 y 11.8 kbps para peor y mejor calidad de voz, respectivamente. Idealmente presenta un MOS de 3.8. El uso de aplicaciones usando este codec requiere una licencia. Sin embargo, existen implementaciones gratuitas para uso no comercial.

2.12.3. GSM (RPE-LTP)

Este codec se llama oficialmente RPE-LTP (*Regular Pulse Excitation – Long Term Prediction*), pero se conoce mundialmente como GSM debido a que es el codec usado en el estándar GSM de comunicaciones móviles. Tiene una tasa de bits de 13 kbps con un MOS ideal de 3.6 y realiza la codificación generando coeficientes representativos de un intervalo de tiempo determinado. Este intervalo normalmente es de 20 milisegundos de voz.

2.12.4. iLBC

iLBC (Internet Low Bit-Rate Codec) es un codec de voz de banda estrecha libre. La señal de voz es muestreada a 8 kHz., soporta dos tamaños de cuadro: 20 ms a 15.2 kbps y 30 ms a 13.33 kbps.

Tabla I. **Clasificación de protocolos IETF e ITU-T**

DESCRIPCIÓN	SIP	H.323	Megaco/H.248	MGCP
	IETF	ITU-T	IETF/ITU-T	IETF
Señalización de llamada	SIP	H.225/Q.931	Megaco	MGCP
Control de señalización de llamada	SDP	H.245	SDP	SDP
Registración y control	SIP	H.225/RAS	Megaco	MGCP
Transporte de audio	RTP	RTP	RTP	RTP
Control de transporte de audio	RTCP	RTCP	RTCP	RTCP
Softswitch	SIP Server	Gatekeeper	Call Agent MGC	Call Agent o MGC

Fuente: elaboración propia.

2.13. Infraestructura de voz sobre IP

A pesar de que hay diferentes diseños para la tecnología de VoIP, de cada proveedor de telefonía IP, los elementos más comunes a usar dentro de la infraestructura son:

- Terminales o teléfonos IP
- Adaptadores para PC
- Hubs telefónicos
- Gateways (pasarelas RTC / IP)
- Gatekeeper
- Unidades de audio conferencia múltiple. (MCU voz)
- Servicios de directorio

Existen dos tipos de terminales o teléfonos IP:

- Terminales hardware
- Terminales software

Tanto físicamente como funcionalmente los terminales o teléfonos IP son iguales a los teléfonos convencionales con la finalidad de facilitar su uso. Por otro lado, los terminales software ejecutándose en las computadoras tienen capacidades superiores, aunque pueden ser incómodos para el usuario. Un terminal software, sin un incremento de costes importante, puede ofrecer al usuario las siguientes características:

- Agenda compartida y personal enlazada a sistemas estándar.
- Buzón de voz con características de programación muy superiores a las actuales.
- Manejo remoto del propio equipo con realización de tareas automáticas.
- Organizador de llamadas.
- Re llamada automática.
- Funciones de reconocimiento de voz.
- El funcionamiento de todo terminal debe incluir el tratamiento necesario de la señal para su envío por la red de datos. Deben realizar la captación,

digitalización, y compresión de la señal de forma que la carga a soportar por toda comunicación esté repartida entre los diversos terminales.

2.13.1. Gateway

Técnicamente, los *gateway* son dispositivos repetidores electrónicos que interceptan y adecuan señales eléctricas de una red a otra. El *gateway* es un elemento esencial en la mayoría de las redes, pues su misión es la de conectar la red VoIP con la red telefónica analógica o RDSI.

Los *gateway* de VoIP proveen un acceso ininterrumpido a la red IP. Las llamadas de voz se digitalizan, codifican, comprimen y empaquetan en un *gateway* origen y luego, se descomprimen, decodifican y rearman en el *gateway* destino. Cuando un teléfono convencional hace una llamada IP, el que se encarga de convertir la señal analógica en paquetes IP, y viceversa, es el *gateway*, que también ofrece una manera de que un dispositivo no IP pueda comunicarse con otro IP. Por una parte se conecta a una central telefónica, y por la otra a una red IP, los *gateway* gestionan el acceso a los terminales IP desde la RTC siempre que la PBX-IP lo autorice. Estos permiten que toda llamada dirigida a la red telefónica conmutada pueda establecerse sin intervención directa del usuario.

2.13.2. Interfaces

El *gateway* se considera como una caja que por un lado tiene un interfaz LAN, y por el otro dispone de uno o varios de los siguientes interfaces:

- FXO: para conexión a extensiones de centralitas o a la red telefónica básica.

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

2.13.3. *Gatekeeper*

Es un componente del estándar ITU H.323. Es la unidad central de control que gestiona las prestaciones en una red de voz o fax sobre IP, de aplicaciones multimedia y de videoconferencia. Es un elemento opcional en la red, pero cuando está presente, todos los demás elementos que contacten dicha red deben hacer uso de aquel. Los *gatekeepers* actúan como controladores del sistema y cumplen con el segundo nivel de funciones esenciales en el sistema de VoIP de clase carrier, es decir, autenticación, enrutamiento del servidor de directorios, contabilidad de llamadas y determinación de tarifas. Los *gatekeepers* utilizan la interfaz estándar de la industria ODBC-32 (Open Data Base Connectivity - conectividad abierta de bases de datos) para acceder a los servidores de back end en el centro de cómputos del carrier y así autenticar a las personas que llaman como abonados válidos al servicio, optimizar la selección del *gateway* de destino y sus alternativas, hacer un seguimiento y una actualización de los registros de llamadas y la información de facturación, y guardar detalles del plan de facturación de la persona que efectúa la llamada.

Otro aspecto importante que debe manejar el *gatekeeper* es el enrutamiento de las llamadas. Este redirecciona las llamadas al *gateway* más indicado o elegir un nuevo destino si el original no está disponible. El *gatekeeper* actúa en conjunción con varios *gateway*, y se encarga de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de ancho de banda y encaminamiento IP.

Proporcionan la inteligencia de red, incluyendo servicios de resolución de direcciones, autorización, autenticación, y comunicación con el sistema de gestión de la red, para que no se produzcan situaciones de saturación de la misma. También monitorizan la red para permitir su gestión en tiempo real, el balanceo de carga y el control del ancho de banda utilizado.

2.13.4. ¿Qué es el *routing* y *switching*?

El funcionamiento de una red consiste en conectar los ordenadores y periféricos utilizando dos tipos de equipos: *routers* y *switches*. Estos permiten a los dispositivos que están conectados a la red comunicarse unos con otros, así como con otras redes. Aunque son muy parecidos, los *switches* y *routers* realizan funciones muy diferentes en la red:

Los *switches* se utilizan para conectar múltiples dispositivos de la misma red dentro de un edificio o campus. Por ejemplo, un *switch* puede conectar sus ordenadores, impresoras y servidores, creando una red de recursos compartidos. El *switch* actuará como un controlador, permitiendo a los diferentes dispositivos compartir información y comunicarse entre sí. Mediante el uso compartido de información y la asignación de recursos, los *switches* permiten ahorrar dinero y aumentar la productividad.

Los *routers* se utilizan para conectar múltiples redes. Por ejemplo, usted utilizará un router para conectar los ordenadores de su red a internet y de esta forma compartirá una conexión a internet entre muchos usuarios. El *router* actuará como distribuidor, seleccionando la mejor ruta de desplazamiento de la información para que la reciba rápidamente.

Los *routers* analizan los datos que se van a enviar a través de una red, los empaquetan de forma diferente y los envían a otra red o a través de un tipo de red distinto. Conectan su negocio con el mundo exterior, protegen la información de las amenazas de seguridad, e incluso deciden qué ordenadores tienen prioridad sobre otros.

Los *routers* y *switches* son los pilares de toda comunicación empresarial, desde datos hasta voz y vídeo, y hasta acceso inalámbrico. Pueden mejorar la base de la empresa, permitiendo aumentar la productividad de la empresa, recortar costes y mejorar la seguridad y el servicio al cliente. Específicamente, los *routers* y *switches* soportan uso compartido de aplicaciones.

El uso de las tecnologías de *routing* y *switching* permite a su personal, incluso a aquéllos que se encuentren en diferentes ubicaciones, obtener el mismo tipo de acceso a todas sus aplicaciones empresariales, información y herramientas. Mantener a todo el mundo conectado a las mismas herramientas puede aumentar la productividad de los empleados. *Routing* y *switching* pueden proporcionar también acceso a aplicaciones avanzadas y activar servicios, como voz IP, videoconferencias y redes inalámbricas.

2.14. Tipos de comunicación

A continuación se explican los tipos de comunicación.

2.14.1. Llamadas teléfono a teléfono

Las llamadas telefónicas convencionales por medio de telefonía IP resultan con un menor costo que si se realizara de forma tradicional. Lo que se tiene son dos teléfonos y una comunicación IP. La comunicación telefónica se realiza por

medio de *gateway*, sería entonces el teléfono A, el *gateway* A, el teléfono B y el *gateway* B. Una comunicación de datos a través de una red IP, tanto el origen como el destino necesitan ponerse en contacto con un *gateway*. El teléfono A descuelga y solicita efectuar una llamada a B. El *gateway* A solicita información al *gatekeeper* sobre cómo llegar a B, el *gatekeeper* le devuelve al *gateway* A la dirección IP del *gateway* B, luego el *gateway* A convierte la señal analógica del teléfono A en paquetes IP que encamina hacia el *gateway* B, posteriormente el *gateway* B regenera la señal analógica de los paquetes IP que recibe con destino al teléfono B y, por último, el *gateway* de B se encarga de enviar la señal analógica al teléfono B.

2.14.2. Llamadas PC a teléfono o viceversa

Una llamada telefónica convencional, y una comunicación IP, es una comunicación de datos a través de una red IP, entre la PC A y el *gateway* B, y una comunicación telefónica convencional entre el *gateway* B y el teléfono B. Solamente un extremo necesita ponerse en contacto con un *gateway*. El computador debe contar con una aplicación que sea capaz de establecer y mantener una llamada telefónica. El computador A trata de llamar a un teléfono B. En primer lugar la aplicación telefónica de A ha de solicitar información al *gatekeeper*, que le proporcionará la dirección IP del *gateway* B. Entonces la aplicación telefónica de A establece una conexión de datos, a través de la Red IP, con el *gateway* B, que regenera la señal analógica a partir de paquetes IP que recibe con destino al teléfono B y luego el *gateway* B se encarga de enviar la señal analógica al teléfono B.

2.14.3. Llamadas PC a PC

Las dos PC que se quieren comunicar deben tener instalado un programa o aplicación para realizar la llamada telefónica, también deben estar conectados a la Red IP, para poder efectuar la llamada IP, luego puede entablar la comunicación.

2.15. Ventajas de la tecnología de voz sobre IP

- Reducción de costos de comunicación.
- Ahorro en infraestructuras.
- Equipamiento de datos más barato que el de voz.
- Reducción de inversiones en equipos.
- Disminución de costes de gestión y mantenimiento.
- Reducción de costos de viajes y mantenimiento.
- Un mismo personal para la administración de la red (había personal para administrar PBX y red, se convierten en uno solo).
- Menores costos que tecnologías alternativas (voz sobre TDM, ATM, *Frame Relay*).
- No paga larga distancia en sus llamadas sobre IP.
- Reducción de llamadas telefónicas entre oficinas de una misma firma, debido a que se utiliza la misma red para transmitir la voz.
- Optimización del coste de las llamadas a la RTC.
- Convergencia de las redes de datos y voz a una sola red.
- La facilidad de integración con aplicaciones actuales.
- Integración con la red tradicional que permite una migración progresiva.
- Uso de las redes de datos existentes.
- Interoperabilidad de diversos proveedores.
- Un solo cableado.

- Ventajas de la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos.
- Continuo desarrollo de la tecnología de datos: redes con mayor capacidad y más universales.
- Madurez de las tecnologías de voz IP.
- Calidad similar a la telefonía tradicional.
- Desarrollo rápido de nuevos servicios.
- Servicios más atractivos.
- Existencia de recomendaciones internacionales que han permitido la rápida estandarización en la VoIP.
- Funcionalidad.
- Centralización de operaciones.
- Interconexión.
- Facilidad de manejo del sistema.
- Actualización transparente para el usuario final.
- Aumento de productividad del empleado.
- Optimización del aprovechamiento del ancho de banda de la red.
- Sistema escalable.

2.16. Proveedores telefonía IP

Se explican los proveedores de telefonía IP a continuación.

2.16.1. Proveedores de soluciones a nivel mundial

Entre algunos de los proveedores de soluciones para migración a telefonía IP a nivel mundial, más conocidos están:

- Alcatel (no atiende a medianas, ni pequeñas empresas en Guatemala).

- Avaya (distribuido por ECSSA en Guatemala).
- CISCO (distribuido por GBM en Guatemala).
- Ericsson (no hay distribuidor en Guatemala).
- Lucent (no hay distribuidor en Guatemala).
- Mitel (no hay distribuidor en Guatemala).
- Motorola (no hay distribuidor en Guatemala).
- Nortel Networks (distribuido por Continex en Guatemala).
- Panasonic (no hay distribuidor en Guatemala).
- Siemens.
- 3COM Corporation (no atiende a medianas, ni pequeñas empresas en Guatemala)

2.16.2. Proveedores de telefonía IP en Guatemala

A continuación se muestra una descripción breve de los proveedores de telefonía IP en Guatemala, con el nivel de experiencia que tienen en el servicio, así como el nivel competitivo entre ellos, para poder decidir la mejor opción según las necesidades para los usuarios.

2.16.2.1. Continex, S. A.

Es una empresa fundada en 1972, de origen costarricense, especializada en brindar soluciones tecnológicas de comunicaciones. Es un socio de Nortel Networks desde hace más de 25 años, con cobertura en toda la región de Centroamérica, oficinas centrales Costa Rica, oficinas regionales en Panamá y Guatemala.

Portafolio de soluciones Continex:

- Centrales telefónicas
- Key System
- Aplicaciones CTI
- Redes LAN
- Redes WAN
- Soluciones para extranet
- Soluciones para Carrier
- Redes unificadas telefonía IP
- Soluciones QoS
- Solución completa para pequeña y mediana empresa

2.16.2.2. Siemens

Hace más de 150 años se fundó Siemens en Alemania, se comprueba el prestigio y calidad en sus productos por la aceptación en más de 190 países del mundo. Siemens ofrece productos y servicios de telecomunicaciones. El año 1894 es el inicio de Siemens en Guatemala, fecha en la cual se suministró y se instaló dos generadores de 366 KW cada uno, pedido por parte de la Empresa Eléctrica de Guatemala e instaladas en la localidad de Palín, departamento de Escuintla, como la primera fuente de energía para la capital del país.

Los sistemas de transmisión digital PDH y SDH, tanto en aplicaciones para fibra óptica como microonda, permiten a los operadores obtener todas las capacidades en velocidad y ancho de banda. En sistemas inalámbricos Siemens ofrece el sistema punto a multipunto, el WALKAIR, permitiendo la transmisión de 2 Mbps en cada enlace. Pone a los operadores de redes públicas de telecomunicaciones los productos que hacen converger las redes de voz con las redes de datos sobre una misma plataforma llamada SURPASS, permitiendo

que ATM, ADSL, Voz IP e internet sean parte de la misma red con las ventajas de operación y gestión inherentes a esta condición.

Las soluciones de comunicación que ofrece Siemens son para:

- Residencial/pequeña oficina
- Empresarial/corporativa
- Sector hotelero
- Centros de atención de llamadas
- Teléfonos
- Telefonía inalámbrica
- Soluciones hechas a la medida
- *Website* mundial (inglés)

2.16.2.3. ECSSA

Es una empresa fundada hace 23 años que pertenece al grupo de Electrónica Panamericana. En ECSSA se dedican al asesoramiento especializado en sistemas de telecomunicaciones a todo nivel.

Son la representación en Guatemala de Avaya; dentro de la línea de telefonía ofreciendo soluciones avanzadas como: telefonía IP y *call center* (IVR, Sistema Interactivo de Respuesta de Voz, Sistemas de Grabación, entre otros).

2.16.2.4. VoIP Guatemala

VoIP Guatemala es una empresa de Cne Mart, S. A. con amplia experiencia en la implementación de soluciones de voz sobre IP. Mediante la telefonía de voz sobre IP se logra obtener ahorros importantes en comunicación local y de larga

distancia internacional. Números DID Guatemala es un servicio con el que se puede contar con un número telefónico local de Guatemala por medio del cual puede recibir y hacer llamadas con tarifas muy favorables.

2.16.2.5. Servicio de enlaces WAN

- Claro S. A.
- Telefónica S. A.
- Tigo S. A.

2.17. Seguridad

Desafortunadamente, las nuevas tecnologías traen también consigo detalles a tener en cuenta respecto a la seguridad. De pronto, se presenta la necesidad de tener que proteger dos infraestructuras diferentes: voz y datos.

Los dispositivos de redes, los servidores y sus sistemas operativos, los protocolos, los teléfonos y su software, todos son vulnerables. La información sobre una llamada es tan valiosa como el contenido de la voz. Por ejemplo, una señal comprometida en un servidor puede ser usada para configurar y dirigir llamadas, del siguiente modo: una lista de entradas y salidas de llamadas, su duración y sus parámetros. Usando esta información, un atacante puede obtener un mapa detallado de todas las llamadas realizadas en una determinada red, creando grabaciones completas de conversaciones y datos de usuario y poder retransmitir todas las conversaciones sucedidas en la red.

La conversación es en sí misma un riesgo y el objetivo más obvio de una red VoIP. Consiguiendo una entrada en una parte clave de la infraestructura,

como una puerta de enlace de VoIP, se pueden capturar y volver a montar paquetes con el objetivo de escuchar una conversación.

Las llamadas son también vulnerables al secuestro. En este escenario, un atacante puede interceptar una conexión y modificar los parámetros de la llamada. Se trata de un ataque que puede causar bastante pavor, ya que las víctimas no notan ningún tipo de cambio. Las posibilidades incluyen diversas técnicas como robo de identidad, y redireccionamiento de llamada, haciendo que la integridad de los datos estén bajo un gran riesgo.

La enorme disponibilidad de las redes VoIP es otro punto sensible. En PSTN, la disponibilidad era raramente un problema. Una pérdida de potencia puede provocar que la red se caiga por lo que es mucho más sencillo *hackear* una red VoIP. Los efectos demoledores de los ataques traen como consecuencia la denegación de servicio. Si se dirigen a puntos clave de la red, podrían incluso destruir la posibilidad de comunicación vía voz o datos.

Los teléfonos y servidores son blancos por sí mismos, aunque sean de menor tamaño o parezcan elementos simples, son con base a ordenadores con software. Obviamente, este software es vulnerable con los mismos tipos de falencias de seguridad que pueden hacer que un sistema operativo pueda estar a plena disposición del intruso. El código puede ser insertado para configurar cualquier tipo de acción maliciosa.

En resumidas cuentas, los riesgos que comporta usar el protocolo VoIP no son muy diferentes de los que se pueden encontrar en las redes habituales de IP. Desafortunadamente, en los esquemas iniciales y en diseños de hardware para voz, software y protocolos, la seguridad no es su punto fuerte.

Internet, generalmente, es poco confiable para transportar voz de alta calidad telefónica, porque los actuales protocolos TCP/IP no proveen reservas de ancho de banda ni garantizan la calidad del servicio. Por consiguiente, la calidad de las llamadas sobre IP serán adversamente afectadas por la congestión de la red que origina que los paquetes se tarden o se pierdan. Un ambiente como una red pública internet, está marcada por una incontrollable y dramática fluctuación de carga, razón por la cual no puede garantizar una conexión de voz aceptable.

La encriptación es la única manera de prevenirse de un ataque, lamentablemente se consume ancho de banda. Existen múltiples métodos de encriptación: VPN (*virtual personal network*), SRTP (*secure RTP*). La clave, de cualquier forma, es elegir un algoritmo de encriptación rápido, eficiente, y emplear un procesador dedicado de encriptación. Otra opción podría ser QoS (*quality of service*); los requerimientos para QoS asegurarán que la voz se maneja siempre de manera oportuna, reduciendo la pérdida de calidad.

Estas limitaciones de los servicios de voz basados en IP, están siendo solucionadas por nuevos protocolos que proveen diferentes clases de servicios o prioridades de paquetes y la habilidad de reservar ancho de banda a través de la red para la duración de una llamada telefónica. Nuevos protocolos para tráfico, otorgan la habilidad, no solo de destinar ancho de banda por prioridad de paquetes, sino que también dan preferencia al procesamiento de los mismos dentro de los límites del enrutador, de manera que los paquetes de alta prioridad son procesados primero. Estas mejoras a los algoritmos y protocolos en los enrutadores y conmutadores están reduciendo la tenencia y la pérdida de paquetes para lograr una mejor calidad de servicio, y estos avances han comenzado a permitir a los proveedores de servicios de voz IP encontrar los estándares necesarios para servicios de voz.

Es preciso tener en cuenta la certeza de todos los elementos que componen la red voz IP: servidores de llamadas, enrutador, *switches*, centros de trabajo y teléfonos. Se necesita configurar cada uno de esos dispositivos para asegurarse que están en línea con las demandas en términos de seguridad. Los servidores pueden tener pequeñas funciones trabajando y solo abiertos los puertos que sean realmente necesarios. Los enrutadores y *switches* deben estar configurados adecuadamente, con acceso a las listas de control y a los filtros. Todos los dispositivos deben estar actualizados. Se trata del mismo tipo de precauciones que es necesario tomar cuando se añaden nuevos elementos a la red de datos; únicamente habrá que extender este proceso a la porción que le compete a la red VoIP.

Es posible emplear un firewall y un IDS (*Intrusion Detection System*) para ayudar a proteger la red de voz. Los firewalls de VoIP son complicados de manejar y tienen múltiples requerimientos.

Los servidores de llamada están constantemente abriendo y cerrando puertos para las nuevas conexiones. Este elemento dinámico hace que su manejo sea más complicado. No obstante, el costo es equiparable la cantidad de beneficios. Se debe prestar especial atención al perfeccionamiento de los controles de acceso. Un IDS puede monitorizar la red para detectar cualquier anomalía en el servicio o un abuso potencial. Las advertencias son una clave para prevenir los ataques posteriores.

Sin embargo, las redes privadas basadas en IP ya pueden proporcionar alta calidad de servicios de voz. Adicionalmente al uso de las capacidades de la red, planeando y activando el manejo de las cargas para evitar la congestión, estas redes pueden aprovechar las ventajas de las mejoras realizadas a los protocolos

TCP/IP, que permiten asignar altas prioridades para tráfico en tiempo real (como la voz) a diferencia de la rata tradicional.

Las redes de conmutación por paquetes pueden transportar llamadas de voz eficientemente, utilizando un ancho de banda de 8 kbps que provee de alta calidad telefónica, comparadas a las redes de conmutación de circuitos (tradicionales) que hacen uso de un ancho de banda de 64 kbps. Además, los costos de infraestructura, asociados a la implementación de redes de conmutación por paquetes, son mucho más bajos que las alternativas tradicionales. Como resultado, nuevos proveedores de servicios telefónicos, están utilizando cada vez más este tipo de arquitecturas.

2.18. Desventajas de la telefonía IP

- Transporta la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de más de un paquete. estos paquetes pueden perderse, y además no hay una garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación.
- El aspecto de seguridad es muy relevante, como ya se explicó anteriormente.
- Se cambia confiabilidad por velocidad.
- Finalmente, es importante resaltar que, así como PSTN, VoIP no puede prestar servicio a todos sus clientes. (por ejemplo, una llamada GSM, no puede manejar más de algunos cientos o un par de miles de clientes).
- Por ahora, el servicio está restringido a redes privadas (y en consecuencia a pocos usuarios), ya que en un ambiente como una red pública internet, los niveles de calidad telefónica son bajos pues tal red no puede proveer anchos de banda reservados ni controlar la dramática fluctuación de carga que se presenta.

- El control de congestión de TCP hace reducir la ventana de transmisión cuando detecta pérdida de paquetes, y el audio y el video son aplicaciones cuya rata de transferencia no permite disminuciones de este tipo en la ventana de transmisión.

3. SOFTWARE LIBRE PARA LA TELEFONÍA DE VOZ IP

3.1. Historia de Asterisk

Mark Spencer empezó en el mundo Linux con Slackware en 1994 (kernel versión 1.09). Uno de los pocos en Auburn, Alabama, por aquellos tiempos que conocía cualquier cosa sobre Linux. Después de una temporada con Adtran (un proveedor global de equipos de telecomunicaciones) creó su propia compañía *Linux Support Services* con el objetivo de dar soporte a usuarios de Linux. Para ello necesitaba una centralita telefónica, pero ante la imposibilidad de adquirirla dados sus elevados precios, decidió construir una con un PC bajo Linux, utilizando el lenguaje C. Este fue el principio del fenómeno mundialmente conocido como Asterisk, la centralita telefónica construida por Mark, después de su experiencia desarrollando GAIM (ahora llamado Pidgin), entre otros proyectos de software libre, después de explicarles sus necesidades de capital a sus amigos en Adtran, ellos se ofrecieron a invertir en su compañía. Se dio cuenta que se tenía más interés en Asterisk que en sus servicios generales de consultoría Linux. Entonces se reunió con Jim Dixon que estaba construyendo Hardware Open Source. Su primer proyecto fue construir una tarjeta T1 Open Source. Estos ingresos les mantenían a flote, pero no recibían contribuciones de nadie y el resto tan solo tomaban sus diseños y manufacturaban tarjetas que competían con las suyas.

Posteriormente Linux Support Services se convertiría en el 2002, en Digium, redirigiendo sus objetivos al desarrollo y soporte de Asterisk. El dinero era escaso en Digium hasta que un día un vendedor de DeltaCom (una competitiva compañía de comercio local) con la intención de venderles una T1, tras entender

lo que Mark y Jim habían hecho se ofreció a ayudarles. A partir de este punto empezaron a ver un incremento en las ventas, y acabaron el año con beneficios. Después de grandes ingresos durante largo tiempo Mark fue capaz de hacer crecer el negocio sin recabar mucho en los beneficios. Cuando Mark empezó con Asterisk hizo una cosa muy inteligente, cada desarrollador que contribuía en el código debería firmar un acuerdo para que el Copyright se asignará a Asterisk y el compromiso de que no hubiera encumbramientos, gracias a dicho código. Esto le permitió sentirse comfortable con su proyecto que era completamente Open Source y le permitía a su compañía relicenciar el código a vendedores como 3COM y NTT.

Digium, también ha hecho las cosas bien al mantener la versión de la comunidad con la funcionalidad completa y no crear una escisión entre ellos y los que les apoyan. La primera *release* fue Asterisk 0.1 (diciembre de 1999), y el tarball ocupaba tan solo 124,3 KB, que una vez descomprimido venían a ser unos 506 KB en 96 archivos. Para correr Asterisk era necesario, básicamente Linux y libaudiofile. Esta primera release fue liberada en 1999, bajo licencia GPL2 pero tenía cláusulas adicionales que indicaban que en todos los productos derivados debía constar el nombre de Linux Support Services, LLC o Adtran Inc., también advertían sobre *codecs* cubiertos por patentes de Software, y la más curiosa es que se emprendían acciones legales por infringir patentes en referencia a algún Software Open Source, el derecho a usar o distribuir el Software se terminaba de inmediato.

De todos modos estas cláusulas duraron bien poco, ya que en los primeros cambios que se hicieron para la *release* 0.1.1 aparte de arreglar numerosos *bugs* se revisó la licencia que paso a ser GPL pura.

Asterisk está formado por varios paquetes:

- Asterisk: ficheros base del proyecto.
- Zaptel: soporte para hardware. Drivers de tarjetas. En versiones altas de Asterisk este paquete se sustituye por Dahdi_Linux y Dahdi_Tools.
- Addons: complementos y añadidos del paquete Asterisk. Opcional.
- Libpri: soporte para conexiones digitales. Opcional.
- Sounds: aporta sonidos y frases en diferentes idiomas.

El lanzamiento de Asterisk 1.0 (septiembre 2004) fue anunciado por Mark durante la Astricon. El tarball de Asterisk 1.0.0 pesaba unos 9 MB, y ya varias compañías daban soporte al desarrollo de Asterisk. Un año más tarde (noviembre, 2005) se anunciaba el lanzamiento de la versión 1.0.10 de Asterisk y Zaptel. En agosto de 2007, la rama 1.2 paso al estado de mantenimiento de seguridad, y solo se corregían bugs relativos a la seguridad. El 25 de diciembre de 2006 apareció Asterisk 1.4.

Entre las principales novedades están:

- Mejora de las funcionalidades de voicemail.
- Añadido protocolo DUNDi (Distributed Universal Number Discovery)
- Configuración de Asterisk más sencilla.
- Creación de un motor de almacenamiento de configuración en tiempo real sobre una base de datos.
- Un Asterisk dialplan más potente.
- Introducción de Asterisk Extension Logic, un nuevo método flexible para configurar el Dialplan.
- Nueva interfaz para flujos de llamada IVR dinámicos.
- Acceso configurable a funcionalidades de llamada generales.

- Mejoras en el protocolo SIP.
- Nuevas funcionalidades para el protocolo IAX (Inter-Asterisk Exchange).
- Uso de ficheros de sonido para la musica en espera nativa.
- Soporte CDR customizable.
- Mejoras en el soporte PRI.

En octubre de 2008 aparece la primera *release* de Asterisk 1.6, bastante esperada y pese a que Asterisk 1.4 traía notables ventajas con respecto a la versión 1.2, en Asterisk 1.6 siguen apareciendo nuevas ventajas.

- Realtime LDAP: este es un sistema de directorios que permite mantener perfectamente clasificado y ordenado cualquier tipo de datos correspondientes a personas, recursos, empresas, entre otros, es un directorio especialmente creado para este tipo de información y son muchos los sistemas operativos y sus aplicaciones los que suelen utilizar este tipo de servicio de forma transparente para el usuario.
- SIP bajo TCP: es otro de los añadidos, tras 3 años de pruebas (el *bug* comenzó en 2005).
- SIP bajo TLS: otro de los grandes avances en cuanto a seguridad en el protocolo SIP.
- DAHDI, en vez de Zaptel.
- Mejorado el soporte NAT en el protocolo SIP.

3.2. ¿Qué es Asterisk?

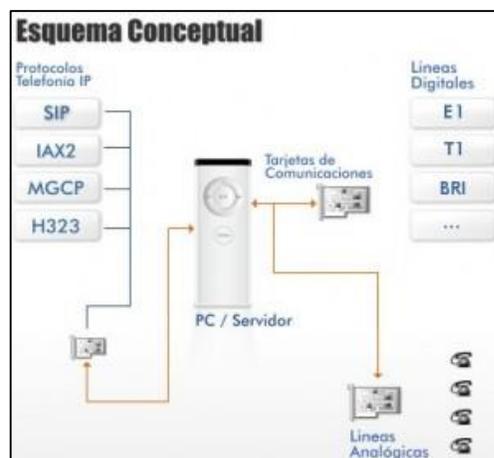
Es una centralita digital diseñada en software libre que integra las funcionalidades de telefonía clásica con nuevas capacidades derivadas de su flexible y potente arquitectura. Su nombre viene del símbolo asterisco (*) en inglés. Asterisk se creó, originariamente, para funcionar sobre el sistema

operativo GNU/Linux. Y actualmente puede funcionar en toda una variedad de sistemas como: OpenBSD, FreeBSD, MacOSX, Windows, Solaris, pero Linux sigue siendo el que más soporte presenta.

3.3. Asterisk, el futuro de la telefonía

Asterisk permite conectividad en tiempo real entre las redes PSTN y redes VoIP. Para poder utilizar teléfonos convencionales en un servidor Linux o para conectar la central a una línea de teléfono analógica se suele necesitar hardware especial, como adaptadores analógicos de telefonía (ATA's) o tarjetas de telefonía. Como se ha comentado, es una PBX híbrida (TDM y VoIP). Por una parte apoya una amplia gama de protocolos TMD para el manejo y transmisión de interfaces de telefonía tradicional. Por otra parte soporta y traduce distintos protocolos de señalización de voz IP como SIP, IAX2, MGCP o H.323.

Figura 9. Asterisk y el futuro de la telefonía



Fuente: Soluciones en Tecnologías de la Información. *Características de Asterisk*.
www.solutecperu.com/spsac/asterisk-central-telefonica-pbx. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

Al mezclar telefonía tradicional y servicios de voz IP, Asterisk permite construir arquitecturas de telefonía avanzadas y soluciones CTI (Computer Telephony Integration), y facilita la migración gradual de los sistemas existentes en las empresas a las nuevas tecnologías. Asterisk cuenta con un esquema de doble licencia, la licencia de Software libre GNU (*GNU General Public License*, GPL) y otra licencia propietaria para permitir código propietario como el del *codec* G.729. Gracias a la licencia GPL cuenta con una gran comunidad de programadores que han contribuido a añadirle multitud de características.

Esto permite:

- Ejecutar el programa con cualquier propósito
- Modificar el programa, accediendo al código fuente
- Redistribuir copias
- Mejorar el programa y publicar estas mejoras (junto al código fuente)

Los añadidos de terceros al código de Asterisk implican la cesión de los derechos comerciales a Digium, pero se conserva el *copyright* del desarrollador. La potencia de esta PBX aumenta al ser posible desarrollar nuevas funcionalidades con lenguajes estándar de programación y utilidades propias de Asterisk.

Digium es la creadora y desarrolladora primaria de Asterisk, el primer PBX de código abierto de la industria. Usado en conjunto con las placas de telefonía PCI, ellas ofrecen un manejo estratégico con excelente relación costo/beneficio para el transporte de voz y datos sobre arquitecturas TDM, conmutadas y redes Ethernet. Digium es hoy el principal patrocinador de Asterisk y uno de los líderes de la industria de PBX en código abierto, siendo Mark Spencer el creador y

principal soporte de Asterisk, él es hoy admirado por el gran trabajo que realizó y por la responsabilidad que supo acarrear.

3.4. ¿Cuándo usar Asterisk?

Asterisk se encuentra avalado por los principales proveedores de VoIP, que lo utilizan para la interconexión de sus redes con las redes de telefonía tradicional, encaminando tal cantidad de tráfico que solo un sistema tan estable, seguro y eficaz como este puede soportar. Y como solución para empresas, desde Pymes a grandes corporaciones, va ampliando su mercado impulsado por el auge del Software libre, la reducción de costes que supone y las posibilidades de adaptación a las necesidades empresariales. Por tanto, Asterisk es recomendable para las comunicaciones de voz en cualquier organización donde se requieran desde las necesidades más básicas a las más altas prestaciones y funcionalidades. Pero sobre todo en aquellos entornos con expectativas de crecimiento y deseos de integrar las nuevas tecnologías (como la VoIP) en su modelo de negocio.

3.5. Estado actual de Asterisk

A continuación se detallan las ventajas de Asterisk.

3.5.1. Ventajas principales

Utilizando Asterisk en su entorno es posible olvidar las limitaciones tradicionales de las centralitas telefónicas: no más problemas de alcanzar el máximo de extensiones posibles, dejar de pagar cantidades exorbitantes por módulos propietarios para ampliar la capacidad de la centralita. Algunos de los motivos de la elección de Asterisk son:

- Personalización de su sistema: Asterisk permite diseñar su sistema de telefonía a su medida, en vez de tener que adecuar su empresa a la telefonía. Podrá implementar una solución que responda a las necesidades de su negocio, mejorando sus tiempos de respuesta y optimizando sus recursos.
- Puede crecer sin límite: puede crecer con el negocio. Desde un entorno pequeño es posible aumentar la capacidad y posibilidades sin límite. Se acabó el cambiar de centralita cada pocos años.
- Interconexión de sedes: permite enlazar, con costes muy ajustados, sedes remotas e incluso ubicar terminales telefónicos remotos. Puede usar su conexión a internet como puerta de enlace entre sedes, reduciendo sus costes de telefonía interna de forma espectacular.
- Ahorro de costos: único cableado para toda su empresa evitando tener cableados separados para voz y datos. Una única red de datos puede gestionar sus teléfonos y sus ordenadores. Simplificar infraestructuras es un modo inteligente de reducir costes.
- Reduce la factura telefónica: el uso de proveedores de VoIP para permitir el envío o la recepción de llamadas a través de internet puede significar un ahorro en la factura telefónica superior al 40 %. Las soluciones de telecomunicaciones basadas en Asterisk son económicas, robustas, flexibles y protegen la inversión.
- Económico: es más económico principalmente por dos motivos: porque utiliza equipos estándar y está basado en código abierto. Los servidores y los teléfonos usados son estándar, los producen multitud de fabricantes,

que compiten entre ellos en prestaciones y precio. En el caso de una centralita IP propietaria, la empresa está obligada a adquirir un hardware concreto a un precio establecido a un solo fabricante. Los teléfonos estándar no funcionan o lo hacen parcialmente, y únicamente se pueden comprar al fabricante de la centralita. Un ejemplo son las centralitas Cisco. Asterisk es de código abierto, por lo que se obtienen gratuitamente el código fuente y todas las futuras actualizaciones. Todas las prestaciones que en otra centralita son de pago, en Asterisk vienen incorporadas, solo hay que configurarlas y ponerlas en producción. A Asterisk puede conectar cuantos teléfonos se quiera mientras el servidor tenga potencia para gestionarlos, no pagará ninguna licencia por cada extensión, ni por cada buzón de voz asociado a la extensión, entre otros.

- Robusto: se ejecuta sobre servidores Linux, sistema operativo de gran robustez y estabilidad.
- Flexible: se configura y adapta a la medida de cada organización como ninguna otra centralita del mercado como se ha comentado. Debido a su sistema de configuración a bajo nivel, la centralita prácticamente se programa a medida para cada cliente, permitiendo adaptarla para cubrir prácticamente todas las necesidades de su empresa, hasta el mínimo detalle. Gran capacidad de integración con el resto de sistemas y de aplicaciones de su organización, sobre el núcleo de conmutación de Asterisk se pueden conectar diferentes interfaces de programación que pueden desarrollar aplicaciones a medida, integrarlo con sus sistemas, bases de datos, o integrar aplicaciones comerciales como *call centers*.

- Protege la inversión: la elección de una centralita IP basada en Asterisk tiene una ventaja importante más, protege la inversión. La inversión en software y equipos que se realiza por parte de la empresa no depende de la continuidad que un fabricante quiera dar al producto que ha comprado. Utilizando Asterisk la empresa puede aprovechar de nuevo los servidores.

3.5.2. Ventajas competitivas

- Posibilidad de uso de sintetizadores de voz y técnicas de reconocimiento del lenguaje.
- Integración de servidor fax con centralita y correo electrónico.
- Integración de buzón de voz con centralita y correo electrónico.
- Información pormenorizada del volumen de llamadas mediante web.
- Posibilidad de contratar servicios con uno o varios operadores diferentes.
- Integración de varias empresas en una sola centralita.
- Control de calidad mediante grabación total o parcial de llamadas.
- Otro de los beneficios que en las empresas con sedes internacionales más acusado, es el ahorro que se puede obtener al utilizar VoIP, ya que de esta manera al transportarse las llamadas por internet hasta el destino, donde se conecta con el operador local, todas las llamadas se convierten en locales, por lo que el costo de este tipo de llamadas disminuye drásticamente.
- Además, la elección de operador no se limita a los operadores del país de residencia, sino que se puede contratar cualquier operador de VoIP que preste servicios en los países que sea necesario, por lo que al haber mayor oferta, los precios son más bajos, y al tener estos operadores grandes volúmenes, muchas veces ofrecen precios inferiores a los que es posible conseguir con el operador nacional.

En la tabla II, se puede apreciar un ejemplo realizado en un caso en el que la empresa tenga tres sedes: España, UK (Inglaterra) y EE.UU. En este caso, además de las comunicaciones entre las sedes, es también necesario comunicarse desde las sedes con clientes de otros países. Se hará una comparativa de costes, esta comparativa es una aproximación ya que es posible que si el volumen de llamadas es muy grande se pueda acoger a bonos o descuentos ofrecidos por el operador local, además de que existen muchos planes de precios distintos y no se han tenido en cuenta otros muchos factores que intervienen en la estimación de los costos reales, pero se va a realizar la comparación con los precios base que ofrece Telefónica de España.

Tabla II. **Comparación de costos telefonía tradicional y Asterisk**

COMPARATIVA COSTOS OPERADOR NACIONAL – OPERADOR VoIP					
	Telefónica	VoIPCheap	Min/Mes	Coste Telefónica	Coste Voipcheap
España	0,00 €	0,00 €	600	0,00 €	0,00 €
España móvil	0,20 €	0,10 €	600	120,0 €	60,00 €
UK fijo*	0,06 €	0,00 €	100	6,00 €	0,00 €
UK movil*	0,20 €	0,08 €	100	20,00 €	8,00 €
EE.UU. fijo *	0,05 €	0,00 €	200	10,00 €	0,00 €
EEUU móvil *	0,05 €	0,00 €	200	10,00 €	0,00 €
Sede UK***	0,06 €	0,00 €	120	7,20 €	0,00 €
Sede EE.UU.***	0,05 €	0,00 €	120	6,00 €	0,00 €
Cuota de línea	13,97 + 3 €	0,00 €			
			TOTAL	196,17 €	68,00 €
<small>*Se aplica la Tarifa Mini Internacional de Telefónica que tiene un coste de 3 € mensuales. Voipcheap incluye 300 minutos gratis por semana, a diferentes destinos y se pueden tener varias cuentas para tener más minutos gratis, por lo que podríamos cubrir casi todo el consumo a 0 € ** Se entiende que tenemos contratada una ADSL con telefónica que incluye las llamadas locales *** La comunicación entre sedes se hace directamente a través internet y nuestra centralita, no es necesario abonar nada con VoIP</small>					

Fuente: NOVELL, Harris. *Costos económicos de Asterisk*. www.voipcheap.com/calling_rates/.

Consulta: 25 de septiembre 2015.

3.6. Desventajas de las centralitas Asterisk

- Desconocimiento y desconfianza en la telefonía VoIP (miedo a cambios).
- Si no hay internet, no permite realizar comunicaciones.
- Si no hay corriente eléctrica, no funciona.
- Uso obligatorio de teléfonos especiales (teléfonos IP) o adaptadores/tarjetas de telefonía para usar los teléfonos analógicos.
- Posibles fallos de programación e implementación por errores humanos.
- Riesgos de seguridad aún desconocidos del SO.
- Integración de Asterisk en la empresa: Asterisk no es un sistema fácil de configurar y poner en producción debido precisamente a su enorme flexibilidad y potencia. Cuando hay miles de maneras de conseguir el mismo resultado, el proceso requiere un esfuerzo extra. Por eso es tan importante la figura del integrador.

3.7. Estructura de directorios de Asterisk

- `/etc/asterisk`: contiene los ficheros de configuración. Si al compilar ejecutamos *make samples*, tendremos ejemplos en este directorio.
- `/usr/lib/asterisk/modules`: Contiene los módulos de Asterisk que se han compilado.
- `/var/lib/asterisk`: contiene diferentes librerías de Asterisk.
- `/var/lib/asterisk/agi-bin`: directorio para contener los AGI.
- `/var/spool/asterisk`: directorio para archivos que genera Asterisk (voicemail, etc.).
- `/var/log/asterisk`: aquí se guardan los *log* de Asterisk.

3.8. Funciones básicas

- Conexión con líneas de telefonía tradicional, mediante interfaces tipo analógico (FXO) para líneas de teléfono fijo o bien móvil y RDSI (BRI o PRI).
- Soporte de extensiones analógicas, bien para terminales telefónicos analógicos, terminales DECT o bien equipos de fax.
- Soporte de líneas (*trunks*) IP: SIP, H323 o IAX.
- Soporte de extensiones IP: SIP, SCCP, MGCP, H323 o IAX.

3.9. Funciones de llamada

- Reglas de salida (OutBound Rules): definen las rutas que tomará una llamada saliente
- DiD (Direct In Dial): son reglas que definen a donde irá una llamada de un determinado número telefónico.
- Transferencia (a cualquiera) y transferencia atendida (a alguien determinado).
- Musica en espera y en transferencia (ficheros MP3 actualizables por el usuario).
- Desvío de llamadas si está ocupado (*Busy*) o no contesta (*no answer*).
- Llamada en espera (*Hold*).
- Identificador de llamante (*CallerID*).
- Bloqueo de llamante según identificador (*CallerID*).
- Opción No molestar (*do not disturb / DND*).
- Retro llamada (*Callback*): llamada automática cuando esté disponible.
- Grupo de timbrado (*Ring group o call group*): permite llamar al mismo tiempo a todos los teléfonos de un grupo. Los teléfonos del grupo también pueden consistir en números telefónicos externos como teléfonos móviles.

- *Call pickup*: es el hecho de poder descolgar y responder a la llamada entrante a un teléfono o grupo de teléfonos determinado desde un tercer teléfono que no está sonando.
- *Remote pickup*: permite coger llamadas de forma remota.
- Colas (*Queue*): almacenes de llamadas entrantes. Así, las personas que llaman pueden esperar la respuesta de alguien en lugar de obtener una señal de ocupado o ser forzadas a dejar un mensaje. Esta extensión también puede decir a la persona que llama su lugar en la cola y el tiempo estimado de espera. Es posible establecer prioridades de forma que ciertas personas no esperen tanto.
- *Parking* de llamadas (*call parking*): permite transferir la llamada a un *parking* virtual. Pudiendo colgar sin que la llamada origen sea desconectada de Asterisk, ya que se encontrará aparcada.
- Megafonía a través del altavoz del teléfono (*paging*).
- Espiar llamadas (*call snooping*): permite escuchar una llamada, sin que la persona que ha llamado se dé cuenta.
- *Call whisper*: permite intervenir en una llamada de forma que la persona que ha llamado no escucha nada.

3.10. Funciones avanzadas

- Buzón de voz (*voicemail*): sistema de contestador automático personalizado por usuario. Se integra con el sistema de directorio (LDAP) y con el email. Los buzones pueden ser individuales o para todo un grupo de personas.
- Gestión del buzón de voz mediante el terminal telefónico y pagina web.
- Sistema de audio conferencias (*Web meetMe*): sistema que permite la conexión remota de 2 o más usuarios que quieren mantener una reunión

virtual y suministra la correcta gestión y control de los usuarios que se incorporan a ella.

- IVR (*interactive voice response*): operadora automática. Sistema automatizado de respuesta que permite redirigir las llamadas entrantes en función de las opciones seleccionadas por el llamante.
- Informes detallados de llamadas (CDR): detalle de llamadas realizadas o recibidas por extensión, para imputación de costes departamentales, por cliente o incluso para facturación.
- ACD: sistema automático de distribución de llamadas entrantes. Pensado para Centros de Llamadas, para atención comercial o soporte técnico.
- CTI: integración con sistemas de gestión comercial o de atención al cliente (CRM).
- Extensiones remotas: para poder aceptar un usuario remoto teniendo en cuenta el funcionamiento de NAT con los protocolos utilizados por Asterisk (IAX y SIP).
- Sistema DISA. (método por el cual una persona externa a la oficina puede realizar llamadas a través de la centralita).
- Grabación de llamadas entrantes y salientes.
- AMI (*Asterisk management interface*): gestión y control remoto de Asterisk.
- Monitorización de llamadas en curso.
- Gestión de listas negras (numeros telefónicos con acceso prohibido).
- LCR (*Least cost routing*): encaminamiento de llamadas por el proveedor VoIP más económico.
- AGI (*Asterisk gateway interface*): integración con todo tipo de aplicaciones externas.
- Configuración en base de datos: usuarios, extensiones, proveedores, entre otros.
- Interfaz gráfica de administración (GUI).

- Acciones a realizar según horarios y fechas (horario laboral, días festivos). Posibilidad de integración con Google Calendar.
- Posibilidad de integrar un sistema de llamadas pre pago (solución para locutorios telefónicos).
- Detección automática de faxes y recepción de fax desde el propio sistema y posterior envío por *e-mail*.
- Almacenamiento y recuperación en base de datos.
- Integración de *festival*: aplicación que pasa de texto a voz.
- Soporte de video.

3.11. Modificación de funciones

En el caso de que se desee cambiar horarios o mensajes, añadir nuevas extensiones, modificar los desvíos, cambiar los buzones de correo para los mensajes de voz, o cualquier otra funcionalidad, solamente habría que modificar los archivos de configuración (*extensions.conf*, *sip.conf*, *features.conf*, *meetme.conf*, *manager.conf* e *iax.conf*) y hacer las pruebas necesarias.

3.12. Funcionalidad en servidores SIP

Desde el punto de vista de la clasificación funcional de servidores SIP, las funcionalidades de Asterisk son varias: por una parte, hace función de registro y localización de servidor, ya que acepta peticiones de registro de los usuarios y suministra un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.

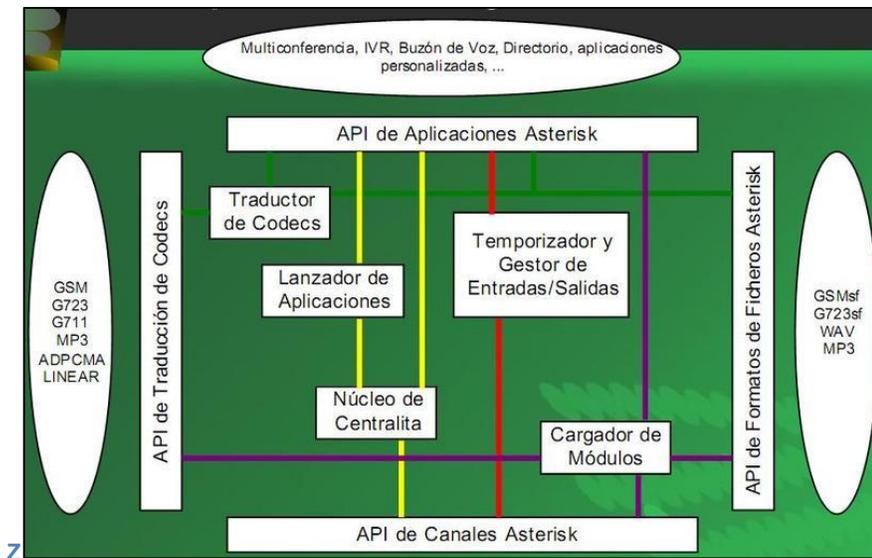
Por otro lado, también hace función de *Proxy server* con estado (*Stateful Proxy*), ya que conoce en todo momento el estado de la llamada y posee funcionalidades que dependen del estado de la llamada como servicios de

respuesta automática (*interactive voice response, IVR*), que le permiten actuar sobre el flujo RTP (*Real Time Protocol*), que es el que contiene la comunicación de voz. En contraste con este tipo de *Proxy* se encuentran los *Proxy server* sin estado (*Stateless Proxy*) como SER (*SIP Express Router*), que no tienen sentido más que para redes completamente SIP, ya que solo conocen y actúan sobre los paquetes SIP que negocian las direcciones IP, los puertos a utilizar, el *codec* a utilizar, pero no sobre el flujo RTP.

3.13. Arquitectura de Asterisk

Está formada por cuatro APIs: API de canales, de aplicaciones, de traducción de *codecs* y de formatos de ficheros. Un API es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro Software como una capa de abstracción. Usando este sistema basado en APIs, la base del Asterisk no debe preocuparse por detalles como, qué llamada está entrando, que *codec* se está utilizando, entre otros.

Figura 10. **Arquitectura de Asterisk**



Fuente: RODRÍGUEZ, Felipe. *Asterisk y su arquitectura*.

www.servincolombia.wikispaces.com/E-P-S. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

3.14. Descripción de las APIs.

API de canales Asterisk: maneja el tipo de conexión al cual el cliente está llegando, sea una conexión VoIP, ISDN, PRI, o alguna de otro tipo de tecnología. Módulos dinámicos son cargados para manejar los detalles más bajos de la capa de estas conexiones.

API de aplicaciones Asterisk: permite a varios módulos de tareas cumplir varias funciones, multiconferencias, lista de directorios, buzones de voz, aplicaciones personalizadas, etc.

API de traducción de *codecs*: carga módulos, *codec*, para apoyar varios tipos de audio, codificando y decodificando formatos tales como G711, G729, GSM23, entre otros.

API de formato de ficheros Asterisk: maneja la lectura y escritura de varios formatos de archivos para el almacenaje de datos en el sistema de archivos.

Usando estas APIs, Asterisk alcanza una completa abstracción entre sus funciones básicas y las diferentes tecnologías y aplicaciones relacionadas. La fórmula modular es lo que le permite al Asterisk integrar hardware de telefonía implementado y tecnología de paquetes de voz emergentes.

La aplicación API provee el flexible uso de aplicaciones modulares para realizar cualquier acción flexible en demanda, también permite un desarrollo abierto de nuevas aplicaciones para satisfacer necesidades o situaciones únicas. En conclusión, cargar todo el uso como módulos permite un sistema flexible, permitiéndole al administrador diseñar la mejor y más satisfactoria trayectoria para los usuarios en el sistema PBX y también modificar la trayectoria de llamadas para satisfacer las distintas necesidades.

3.15. Concepto de canal

Es una conexión que conduce una llamada entrante o saliente en el sistema Asterisk. La conexión puede venir o salir hacia telefonía tradicional analógica o digital o VoIP. Asterisk soporta una serie de canales, los más importantes son los siguientes:

- H323, IAX2, SIP, MGCP (Protocolos de VoIP).
- Zap: líneas analógicas y digitales.
- Misdn: RDSI.

4. INSTALACIÓN DE ASTERISK

4.1. Requerimientos

La selección del servidor es sencilla y complicada al mismo tiempo, esto sucede porque cualquier sistema x86 que hay en el mercado puede suplir las necesidades básicas del sistema, pero es complicado, ya que el rendimiento del sistema está directamente relacionado a la selección del mismo, y es parte vital del diseño de la plataforma. Para la selección del servidor es necesario considerar de manera cuidadosa los requerimientos y las funcionalidades del sistema a implementar y las necesidades que soporta. La cantidad de servicios, usuarios, el número de terminales, el ancho de banda y la calidad del servicio ayudan a determinar los requerimientos de procesamiento, de memoria RAM, de energía, entre otros. Disco duro de 100 gigabytes disponibles, memoria RAM de 4 gigabytes, microprocesador de 3,2 GHz. en adelante.

La cantidad de requerimientos que tiene un sistema de voz sobre IP, generalmente involucra un gran número de cálculos matemáticos, es por esto que es esencial que el procesador que se elija tenga gran poder de procesamiento de coma flotante. El procesamiento de las señales exige de manera directa una gran cantidad de cómputos matemáticos complejos desde la CPU, es por esto que la eficiencia del mismo está directamente relacionada con su coma flotante.

Actualmente, nombrar un procesador ideal para un sistema de voz sobre IP o su velocidad sería inapropiada, ya que la industria de la computación cambia de manera vertiginosa. Obviamente entre más rápido sea el procesador, más

procesamiento concurrente se podrá tener, pero la velocidad de reloj es solo una parte de la ecuación, porque se puede tener un procesador muy veloz, como un auto de fórmula 1, pero a la hora de cargar tráfico puede quedar colgado, necesitando más bien un camión y no un fórmula 1. El manejo de la coma flotante es la llave que realmente diferencia en este caso al procesador a elegir, ya que el DSP de un sistema de voz sobre IP se radicará básicamente en este componente.

Ambos, Intel y AMD tienen un control y manejo poderoso de la coma flotante. Ambos sistemas vienen ahora para manejo de 64-bit, aún así no es necesario ir a comprar el procesador más costoso que haya en el mercado para tener un sistema eficiente, es por esto que, de acuerdo al tamaño se puede determinar el procesador adecuado.

4.2. El Dialplan

Es realmente el corazón de cualquier sistema Asterisk, ya que define de la configuración de la centralita indicando el itinerario que sigue una llamada desde que entra o sale del sistema hasta que llega a su punto final. En pocas palabras, consiste en una lista de instrucciones o pasos que componen el comportamiento lógico de la centralita. A diferencia de los sistemas de teléfono tradicionales, el Dialplan de Asterisk es plenamente personalizable. Para poder crear el sistema de Asterisk, se necesita entender el Dialplan.

El dialplan de Asterisk se especifica en el archivo de configuración `extensions.conf` que reside en el directorio `/etc/asterisk/`, pero su ubicación puede variar dependiendo de la instalación de Asterisk.

Otros lugares comunes para incluir este archivo:

- /usr/local/asterisk/etc/.
- /opt/asterisk/etc/.

Puede encontrar los archivos de configuración de ejemplo (*extensions.conf.sample*), en el fichero *config* de la carpeta */usr/src/asterisk/asterisk*.

El dialplan se compone de cuatro conceptos principales:

- Contextos
- Extensiones
- Prioridades
- Aplicaciones

El dialplan se divide en uno o varios contextos. Un contexto es una colección de extensiones. Estos existen para poder diferenciar el lugar donde se encuentra una llamada, por ejemplo, para aplicar políticas de seguridad; y es que Asterisk no se comporta igual cuando llama un usuario y marca el 1 que cuando un usuario local marca el 1. En general, es una forma de diferenciación.

Una extensión definida en un contexto está completamente aislada de las extensiones de cualquier otro contexto. Es posible una iteración entre contextos a través de la palabra *include*.

Los contextos se caracterizan por colocar el nombre del contexto dentro de corchetes ([]), el nombre puede estar formado por las letras desde la A hasta la Z (mayúsculas y minúsculas), los números del 0 al 9, el guion de subrayado (_) y el punto (.) (No usar espacios en los nombres de su contexto).

La longitud máxima es de 79 caracteres (80 caracteres – 1 de terminación nula). Por ejemplo: [*incoming*] Todas las instrucciones después de la definición de un contexto son parte de ese contexto, hasta que el siguiente contexto se define.

Al comienzo del Dialplan hay dos contextos especiales: el [*general*] que contiene una lista de ajustes generales del Dialplan (que probablemente no tenga que preocuparse por él). El [*globals*], la sección de variables globales por ahora es importante saber que estos dos contextos son especiales. Se deben evitar nombrar a los contextos con esos nombres. Cuando se define un canal, uno de los parámetros que se define en el canal es el contexto. En otras palabras, el contexto es el punto donde las conexiones de canal van a comenzar. Otro uso importante de los contextos (quizás el más importante) es para garantizar la seguridad. Mediante el uso correcto de contextos, puede tener acceso a ciertas características que no están a disposición de los demás. Si su Dialplan no ha sido diseñado cuidadosamente, puede permitir que otras personas inadvertidamente utilicen fraudulentamente el sistema.

4.3. Include

Asterisk tiene una característica que permite utilizar las extensiones de un contexto dentro de otro contexto, a través de la directiva *include*. Este es usado para controlar el acceso a diferentes secciones del Dialplan.

include => contexto

Cuando se incluyen otros contextos dentro de nuestro contexto actual, se tiene que ser conscientes del orden en el que se están incluyéndolos.

[empleados]

include => context1

4.4. Extensiones

En el mundo de las telecomunicaciones, la palabra extensión se refiere, generalmente, a un número identificador que posibilita que un teléfono particular suene en una línea. En Asterisk, una extensión es una lista de comandos a ejecutar. Dentro de cada contexto, se puede definir muchas (o pocas) extensiones, según sea necesario. Se accede a las extensiones cuando:

- Se recibe una llamada entrante por un canal dado.
- El usuario que ha llamado marca la extensión.
- Se ejecuta un salto de extensiones desde el Dialplan de Asterisk.

La sintaxis: *exten =>*, seguido de esto se pone el nombre (o número) de la extensión. Cuando se trata de sistemas de telefonía tradicional, se tiende a pensar en los números que se marcan para que otro teléfono suene. En Asterisk se utilizan nombres de extensión que pueden ser cualquier combinación de números y letras. La asignación de nombres a las extensiones puede parecer un concepto revolucionario, la marcación por nombre o dirección de correo electrónico en lugar de solo marcación de un número, tiene un perfecto sentido. Esta es una de las características de Asterisk que lo hace tan flexible y potente. Una extensión se compone de tres componentes:

- El nombre (o número) de la prórroga.

- La prioridad (cada extensión puede incluir varios pasos, el número del paso se llama prioridad).
- La aplicación (o comando) que lleva a cabo.

Estos tres componentes están separados por comas, de esta forma:

exten => nombre, prioridad, aplicación ()

exten => 123,1, *answer* ()

4.5. Extension “s”

Cuando pide entrar en un contexto sin un destino de extensión específico (por ejemplo, una señal de línea FXO), se pasa a la extensión “s”. (La “s” significa comienzo).

[*incoming*]

exten => s, 1, aplicación ()

exten => s, 2, aplicación ()

exten => s, 3, aplicación ()

4.6. Manejo de las entradas no válidas (i) y tiempos (t)

En primer lugar, es necesaria una extensión de las entradas no válidas, cuando se pulsa una tecla no válida, la llamada se envía a la extensión “i”.

En segundo lugar, se necesita una extensión para manejar situaciones cuando la persona que llama no pulsa a tiempo, (el tiempo de espera predeterminado es de 10 segundos) la llamada se envía a la extensión “t”:

[*incoming*]

exten => 123, 1, *Answer* ()

exten => 123, 2, *Background* (entrar-ext-de-persona)

exten => 123, 3, *WaitExten* ()

exten => i, 1, *Playback* (pbx-invalid)

exten => i, 2, *Goto* (*incoming*, 123,1)

exten => t, 1, *Playback* (vm-adios)

exten => t, 2, *Hangup* ()

El uso de la “i” y la “t” hace el Dialplan sea un poco más robusto y fácil de usar.

4.7. Prioridades

Cada extensión puede tener varias etapas, llamadas prioridades. Cada prioridad está numerada empezando con 1, y ejecuta una aplicación específica. Por ejemplo, la prórroga *Answer* (de prioridad 1) y, a continuación, *Hangup* (de prioridad 2):

```
exten => 123,1, Answer ( )
```

```
exten => 123,2, Hangup ( )
```

El punto clave a recordar aquí es que una extensión de Asterisk sigue las prioridades en orden.

4.8. No numerar las prioridades

En emisiones mayores de Asterisk, la numeración de las prioridades ha causado muchos problemas. Imagine tener una extensión que tenía 15

prioridades, y luego tener que añadir algo en la 8. Todas las prioridades desde la posterior tendrían que ser modificadas manualmente.

Asterisk no maneja los pasos que faltan o renombra prioridades, y la depuración de estos tipos de errores es inútil y frustrante. A partir de la versión 1.2, en Asterisk se aborda este problema introduciendo el uso de la prioridad “n”, que significa próximo. Cada vez que encuentra una prioridad n, Asterisk calculará el próximo número de prioridad aumentando 1 la prioridad anterior. Esto hace que sea más fácil hacer cambios en su Dialplan, al no tener que reenumerar en sus cambios. Tener en cuenta que la prioridad 1 sí que es necesaria poner.

exten => 123,1, *Answer*()

exten => 123, n, *Hangup*()

4.9. Prioridades con etiquetas (label)

Una práctica común es asignar etiquetas de texto a las prioridades. Esto es para asegurar que se puede hacer referencia a una de las prioridades sin saber su número, ya que se ha utilizado la numeración con “n”.

Para asignar una etiqueta de texto a una prioridad, solo se tiene que añadir la etiqueta entre paréntesis después de la prioridad, de esta forma:

exten => 123, n(label), *aplicación*()

Un error muy común al escribir las etiquetas es insertar una coma entre n y el paréntesis de esta forma:

exten => 123, n(etiqueta), *aplicación*()

4.10. Aplicaciones

Son las acciones del Dialplan. Cada aplicación realiza una acción sobre el canal actual, tales como: la reproducción de un sonido, la aceptación de tonos de entrada, marcar un canal, colgar la llamada, y así sucesivamente. En el ejemplo se presentaron dos aplicaciones sencillas: `Answer ()` y `Hangup ()`.

Algunas aplicaciones, como `Answer ()` y `Hangup ()`, no necesitan instrucciones para hacer su trabajo. Otras aplicaciones requieren información adicional. Estas piezas de información, llamadas argumentos, pueden ser transmitidas a las aplicaciones para afectar la forma en que realizan sus acciones. Para pasar argumentos a una aplicación, entre paréntesis y separados por comas. Ocasionalmente, también puede aparecer el carácter tubería (`|`) que se utiliza como un separador entre argumentos, en lugar de una coma.

Algunas aplicaciones básicas son:

- `Wait (n)`: espera n segundos, ignorando los dígitos marcados durante.
- `WaitExten (n)`: espera n segundos, pero gestionando los dígitos marcados.
- `WaitMusicOnHold(n)`: reproduce música en espera durante n segundos.
- `Answer ()`: acepta la llamada entrante por el canal.
- `Busy ()`: envía la señal de ocupado al origen.
- `Hangup ()`: cuelga la llamada.
- `Ringin ()`: envía la señal de tono de llamada.
- `Dial (tipo/identificador, timeout, opciones, url)`: aplicación para llamar.
- `Goto (contexto, extension, prioridad)`: salta al contexto, extensión y prioridad del argumento.
- `GotoIf (condición? prioridad1 : prioridad2)`: salta a la prioridad1 si la condición se cumple. Salta a la prioridad2 si la condición no se cumple.

- *GotolfTime*(*<times>*|*<weekdays>*|*<mdays>*|*<months>*?[[*context*]]*exten*[[*priority*]): igual que *gotolf* teniendo en cuenta la fecha y hora actual.
- *PlayBack* (fichero): reproduce el fichero, continúa la ejecución cuando finaliza.
- *Background* (fichero): reproduce el fichero, pero continúa la ejecución inmediatamente.
- *SayDigits* (dígitos): reproduce los dígitos.

4.11. Uso de variables

Estas pueden ser utilizadas en el Dialplan de Asterisk para ayudar a reducir la mecanografía, añadir claridad, o añadir características adicionales a la lógica de Dialplan. Para hacer referencia a la variable, simplemente se escribe el nombre de ella, si lo que desea hacer es referencia a su valor, usted debe escribir un signo de dólar.

exten => 555,1, Dial (\$ {JUAN}): al marcar 555 se llamaría por el canal y al número establecido en esa variable.

4.12. Tipos de variables

A continuación se explican los tipos de variables.

4.12.1. Variables globales

Como su nombre indica, las variables globales se aplican a todas las extensiones en todos los contextos. Las variables globales deben ser declaradas

en el contexto [globales], en el inicio del archivo extensions.conf, aunque también pueden ser definidas mediante programación, utilizando la global ().

[globals]

JUAN = Zap / 1

[empleados]

exten => 124,1, set (global (George) = SIP /George)

4.12.2. Variables de canal

Es una variable que se asocia solo con una llamada en particular. Hay muchas variables predefinidas de canal disponibles para su uso en el Dialplan, se definen a través de la aplicación *SET* ():

exten => 125,1, Set (*MAGICNUMBER* = 42)

Algunas de las variables más importantes son:

\${CALLERID}: caller ID actual, nombre y número.

\${CONTEXT}: contexto actual.

\${EXTEN}: extension actual.

\${CHANNEL}: canal actual.

\${DIALSTATUS}: estado de la llamada: *UNAVAILABLE*, *CONGESTION*, *BUSY*, *NOANSWER*, *ANSWERED*, *CANCEL* o *HANGUP*.

\${DATETIME}: hora actual.

4.12.3. Variables de entorno

Variables de entorno son una forma de acceder a variables de entorno Unix en Asterisk. Estas son referenciadas mediante la aplicación ENV(). La sintaxis:

ENV {\$ (var)}, donde var es la variable de entorno Unix que desee referenciar. Las variables de entorno no son comúnmente utilizadas en Dialplan de Asterisk, pero están disponibles si son necesarias.

4.12.4. Coincidencia de patrones

Los patrones permiten crear una extensión en Dialplan que coincide con muchos números diferentes.

Sintaxis: los patrones siempre empiezan con un guion bajo (_).

Después puede utilizar uno o más de los siguientes caracteres:

X: coincide con cualquier dígito del 0 al 9.

Z: coincide con cualquier dígito del 1 al 9.

N: coincide con cualquier dígito del 2 al 9.

[1,5-7]: coincide con un solo dígito a partir de la serie de dígitos especificado. En este caso, el patrón coincide con 1, 5,6, o 7.

. (punto): comodín, coincide con uno o más caracteres, no importa lo que son.

! (*bang*): comodín, coincide con cero o más caracteres, no importa lo que son.

Otra cosa importante a saber acerca de patrones de Asterisk es que si se encuentra más de un patrón que coincida con lo pulsado, se utilizará el más específico.

Supongamos que ha definido los siguientes dos modelos, y marca 555-1212.

exten => _555XXXX, 1, Playback (dígitos / 1)

exten => _55512XX, 1, Playback (dígitos / 2)

En este caso, la segunda prórroga, porque es más específica.

4.12.5. Usando la variable de canal \$ (EXTEN)

exten => _XXX, 1, SayDigits (\$ {EXTEN});

la aplicación SayDigits () muestra los 3; últimos dígitos marcados.

#{EXTEN: x} x es el lugar donde se desea que la cadena vuelva a empezar, de izquierda a derecha.

EXTEN es 95551212

#{EXTEN:1} = 5.551.212

#{EXTEN: x: y}

x es el inicio, e y es el número de dígitos a regresar.

EXTEN es 94169671111

\$ {EXTEN:1:3} = 416.

\$ {EXTEN:4:7} = 9671111.

\$ {EXTEN:-4:4} = 1111 (comenzaría cuatro dígitos desde el final).

Esta es una construcción muy potente, pero la mayoría de estas variaciones no son muy comunes en uso normal.

4.13. Manipulación de expresiones y operadores

A continuación se detalla la manipulación de expresiones y operadores.

4.13.1. Expresiones básicas

Las expresiones son combinaciones de variables, operadores, y cadenas de valores para producir un resultado. Una expresión puede mostrar valores, alterar las cadenas, o realizar cálculos matemáticos. Cada una de estas expresiones tiene un resultado o valor, dependiendo del valor de las variables o las cadenas.

Sintaxis: \$ [expresión]

Ejemplos:

\$ [\$ {COUNT}+ 1]

\$ [\$ {COUNT} / 2]

4.13.2. Operadores

Símbolos que permiten manipular las variables.

4.13.2.1. Operadores booleanos

Estos operadores evalúan si la expresión es cierta o no.

- `expr1 | expr2`: este operador (llamado "or" o "pipe") devuelve 1 si la `expr1` es verdadera (no es una cadena vacía ni cero). De lo contrario, devuelve la valuación de `expr2`.
- `expr1 & expr2`: este operador (llamado "and") devuelve 1 si las dos expresiones son verdaderas (es decir, ninguna expresión es cadena vacía o cero). De lo contrario, devuelve 0.
- `expr1 {=,>,>=,<,<=,! =} expr2`: estos operadores retornan el resultado de la comparación de las dos expresiones sean enteros o cadenas .El resultado de cada comparación es 1 si la relación es cierta , o 0 si la relación es falsa.

4.13.2.2. Operadores matemáticos

`expr1 (+, -) expr2`

`expr1 (*, /, %) expr2`

4.13.2.3. Operadores de expresión regular

`expr1: expr2`: siendo `expr2` una expresión regular comprueba si `expr1` es una expresión o subexpresion regular de `expr2`, si lo es la devuelve, si no devuelve 0.

4.14. Funciones del Dialplan

Las funciones le permiten calcular la longitud de cadena, fechas y horas, todo dentro de una expresión. Sintaxis: `Function_name (argumento)`.

Al igual que las variables, para referenciar el valor de la función se usan argumentos:

`{Function_name (argument)}`

Las funciones tambien pueden encapsular otras funciones:

`{FUNCTION_NAME({FUNCTION_NAME(argument)})}`

Para obtener una lista completa de funciones disponibles:

`*CLI> core show functions`

4.15. Configuración para canales de VoIP: SIP e IAX2

Los ficheros a manipular son sip.conf e iax.conf, la instalación crea ficheros de ejemplo con la sintaxis bastante comentada a modo de guía. En sip.conf se definen:

- Variables generales de SIP
- Clientes SIP
- Servidores SIP

En sip.conf, también se definen tanto los clientes que se conectarán a Asterisk, como los proveedores que se utilizarán para encaminar llamadas, conceptualmente, se distinguen:

- User: envía llamadas a Asterisk.
- Peer: recibe llamadas de Asterisk (proveedor).
- Friend: recibe y envía llamadas (usuario).

Un ejemplo básico del archivo sip.conf:

```
[general]
context=default
port=5060; puerto UDP en el que responderá el Asterisk.
bindaddr=0.0.0.0;
```

Si se quiere especificar que Asterisk esté en una IP (si un equipo tiene 3 direcciones de IP, por ejemplo) 0.0.0.0 vale para cualquiera.

```
srvlookup=yes: Habilita servidor DNS SRV
[ david ]
type=friend: puede recibir y hacer llamadas
secret=1234
qualify=yes: tiempo de latencia no superior a 2 000 ms
nat=no
host=dynamic: el dispositivo se registra con una IP variante
canreinvite=no: Asterisk por defecto trata de redirigir
context=internal: el contexto que controla todo esto
```

Igual que se tiene para el protocolo SIP el fichero sip.conf, también tenemos el fichero:

iax.conf para el protocolo IAX2.

En este fichero se definen:

- Variables generales de IAX
- Clientes IAX

- Servidores IAX

Un ejemplo básico del archivo iax.conf:

```
[general]
```

```
bindport = 4 569; puerto de IAX
```

```
bindaddr = 0.0.0.0
```

```
disallow=all; para permitir la utilización de codec primero hay que deshabilitar todos.
```

```
allow=ulaw
```

```
allow=alaw
```

```
allow=gsm
```

```
[david]
```

```
type=friend
```

```
username=david
```

```
secret=1234
```

```
host=192.168.1.30
```

```
context=fromiax
```

```
qualify=yes
```

Verificación de la configuración con el CLI.

Para ver los usuarios sip e iax:

- CLI>sip show peers
- CLI>iax show peers

4.16. Buzones de voz (*Voicemail*)

Uno de los servicios más interesantes de las PBX, Asterisk implementa un sistema de buzones de voz bastante flexible.

Algunas características de este servicio son las siguientes:

- Ilimitados contenedores *voicemail* con protección de *password*, contenidos en carpetas.
- Saludos diferentes para los estados *busy* y *unavailable*.
- Saludos configurables.
- Habilidad de asociar un teléfono con varios buzones de voz y buzón de voz con varios teléfonos.
- Posibilidad de envió al correo electrónico con el archivo de sonido como adjunto. La configuración se hará en el archivo *voicemail.conf* (en */etc/asterisk/*).

4.17. Creación de Mailbox

En el contexto de *voicemail* definimos diferentes mailbox cuya sintaxis es:
mailbox => password, name [email[pager_email[options]]]

En la que:

mailbox: este es el número de buzón. Por lo general, se corresponde con una extensión.

password: esta es la contraseña numérica que el propietario del buzón usará para acceder a su buzón de voz.

name: este es el nombre del propietario del buzón.

e-mail: esta es la dirección de correo electrónico del propietario del buzón.

Asterisk puede enviar notificaciones de voz a la casilla de correo.

pager_email: esta es la dirección de correo electrónico del *pager* o teléfono celular. Asterisk puede enviar un breve mensaje de notificación de voz a la dirección de correo electrónico especificada.

Options: este campo es una lista de opciones que establece el propietario del buzón de la zona horaria y redefiniciones de configuración de voz. Hay nueve opciones validas: *attach*, *serveremail*, *tz*, *ssaycid*, *review*, *operator*, *callback*, *dialout* y *exitcontext*. Estas opciones deben estar en pares option = value, separados por el carácter tubería (|).

Tz: establece la zona horaria del usuario a una zona horaria previamente definida en el contexto [zonemesages] en voicemail.conf, y las otras ocho opciones son sobre el voicemail.

Un ejemplo de mailbox podría ser algo como esto:

```
101 => 1234,David,davidin073@gmail.com,tz=central|attach=yes
```

4.18. Añadir el *voicemail* al Dialplan

Voicemail (): aplicación que envía al llamante un mensaje. El buzón debe ser especificado como mailbox@context (el contexto por defecto es default). Si se utiliza la letra b, la persona que llama escuchará el mensaje de ocupado. Si se usa la letra u, la persona que llama escuchará el mensaje de no disponible (si existe).

exten => 101,1,Dial (\${JOHN},10); después de 10 segundos pasa al voicemail
exten => 101,n,VoiceMail(101@default,u)

4.19. Acceso al voicemail

Los usuarios pueden recuperar sus mensajes de correo de voz, cambiar sus opciones de voz, y grabar sus saludos de voz utilizando el voicemailmain.

exten => 700,1, voicemailmain (): acceso al buzón de voz del llamante.

4.20. Marcación por nombre de directorio

Una última característica del sistema de correo de voz de Asterisk es la de marcación por nombre de directorio. Esto se crea con `directory ()`. Esta aplicación utiliza los nombres definidos en los mailbox de `voicemail.conf`.

Sintaxis: `directory (voicemailcontext,context,options)`

voicemailcontext: el contexto voicemail para leer los nombres

context: el contexto opcional del dialplan para llamar al usuario

options: por defecto se busca el usuario por apellido

Con la opción "f" se busca por nombre

Con la opción "e" se busca por extensión

Se solicita al usuario que introduzca por teclado las 3 primeras letras del nombre/apellido/extension del empleado.

4.21. Audio en Asterisk

A continuación se explica el audio en Asterisk.

4.21.1. Reproducción

El audio en Asterisk juega un papel importante. En el mundo de las PBX tradicionales es habitual que mientras el llamante no llega a su destino se le entretenga con música en espera. Además la reproducción de audio es necesaria para la construcción de sistemas IVR. Asterisk, en su instalación, facilita algunos sonidos comunes para, por ejemplo, el buzón de voz, o para notificar fallos de la red (el usuario no se encuentra, entre otros), aunque es posible llevar esto mucho más allá, mediante *festival* y otras aplicaciones.

4.21.2. Música en espera

Asterisk puede poner un canal dado en espera (HOLD), principalmente en las siguientes situaciones:

- Durante una transferencia.
- Durante una llamada, si se ha especificado el parámetro 'm', que indica que no se oirá tono de llamada sino música en espera.
- Durante una espera en el *parking*.
- Si la aplicación MusicOnHold o WaitMusicOnHold ha sido llamada desde el Dialplan.
- Si el destino de la llamada ha solicitado explícitamente que la llamada sea puesta en espera. Es posible tener distintos tipos de música en espera.
- La música en espera se configura en *musiconhold.conf* en */etc/asterisk/*.

4.21.3. Aplicación festival

La aplicación festival en un TTS, es decir, un sistema de síntesis de voz. Si se quiere crear un menú de voz, saludos de bienvenida, leer archivos de texto, entonces es necesario. Para que festival se integre en Asterisk, antes de compilar la centralita hay que instalar dos paquetes: *yum install festival festival-devel*.

Para averiguar que el módulo de festival esté correctamente cargado en Asterisk, desde la consola de la centralita:

- *CLI> module unload app_festival.
- == unregistered application 'festival'.
- *CLI> module load app_festival.
- == parsing '/etc/asterisk/festival.conf': == found.
- == registered application 'festival'.
- loaded app_festival => (simple festival interface).

Si aparece algún tipo de error significa que el módulo no ha sido compilado y se tiene que volver a la compilación de Asterisk. Festival tiene como idioma predefinido el inglés.

4.21.4. Codec y carga de CPU

En principio Asterisk puede reproducir de muchísimos codec (GSM, G711, G729, MP3) y de archivos de audio sin codificar (WAV), siempre que sea posible se debe pasar cualquier archivo que se quiera reproducir a WAV, pues decodificar es un trabajo que puede cargar mucho a la CPU con cada reproducción. Aunque también es cierto que un archivo codificado ocupa

bastante menos espacio que uno que no lo está, pero se sacrifica el espacio por cantidad de llamadas que pueden ser atendidas.

En Asterisk, los codec se utilizan para digitalizar la voz humana, cuando dos dispositivos van a establecer una comunicación, acuerdan el codec a utilizar.

Factores importantes a la hora de seleccionar un codec, pueden ser: la calidad de audio, costo computacional y el gasto de ancho de banda.

5. EQUIPAMIENTO PARA VOZ IP

5.1. Teléfonos IP

Un teléfono de VoIP o teléfono IP es un aparato telefónico con la misma apariencia física que los teléfonos tradicionales especialmente diseñado para conectarse a una red de telefonía IP.

Características principales:

- Normalmente soportan un único protocolo de VoIP (SIP, IAX2, H323) aunque pueden soportar varios.
- Soportan una serie de codecs, el G.729 casi siempre está entre ellos.
- Se conectan directamente a la Red IP.
- Se configuran desde los menús del propio teléfono o por interfaz web.

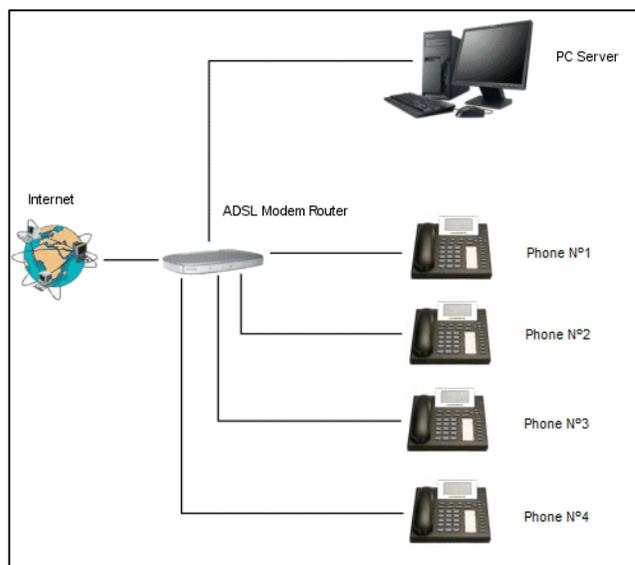
Características avanzadas:

- *Dual LAN*: algunos teléfonos disponen de dos conectores RJ45 e implementan funciones de *switch*, de esta forma no es necesario tirar cableado nuevo para los nuevos dispositivos IP.
- Manos libres.
- Conector auriculares/micrófono.
- *Display LCD*: *caller ID* / agenda.
- *Autoprovisioning*: autoconfiguración automática de los parámetros de configuración desde un servidor remoto.

Hay todo tipo de terminales normales o inalámbricos en gamas baja, media y alta. La principal ventaja de un teléfono IP es la movilidad, es decir, se puede mover el equipo en cualquier punto de la red y se mantiene su mismo número de extensión, esto no es posible con los teléfonos analógicos, donde cada ranura identifica a un número. Esto conlleva un reuso de la infraestructura de datos para pasar voz, abaratando costos a largo plazo.

Sin embargo, también existen desventajas. La principal es el retardo producido por el proceso de codificación –transporte– decodificación en la comunicación entre la red pública y cualquier extensión IP, el cual produce eco en los teléfonos al oírse los usuarios a sí mismos luego de cierto período de tiempo. Esto se soluciona eficazmente con canceladores de eco.

Figura 11. **Teléfonos de IP**



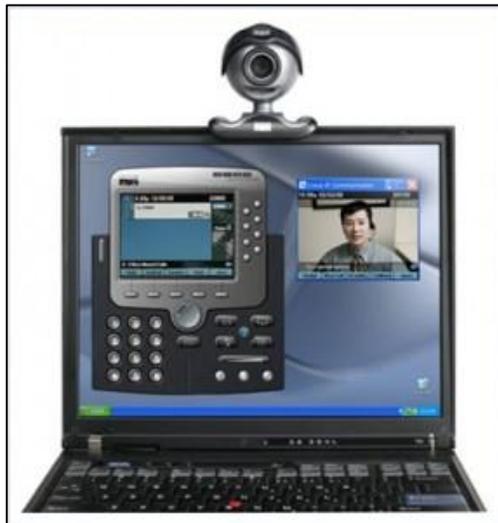
Fuente: Softvisión S.R.L. *Características teléfonos IP*. www.cyber-cafe-software.com/spa/Call-Shop/Instalaci%C3%B3n-Configuraci%C3%B3n-Call-Shop.asp. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

5.2. **Softphones (telefonía con software)**

Una alternativa al uso de equipos dedicados (físicos) de VoIP es el uso de programas para emularlos. Estos programas se conocen como *softphone* y funcionan en cualquier ordenador personal. El único requerimiento es tener una tarjeta de sonido en funcionamiento y estar seguro de que el cortafuegos instalado en la máquina no está bloqueando la aplicación.

Si se quiere reducir el ancho de banda usado por conversaciones, se elige un *softphone* que tenga soporte para el protocolo IAX2 y activa un codec de alta compresión.

Figura 12. **Softphones**

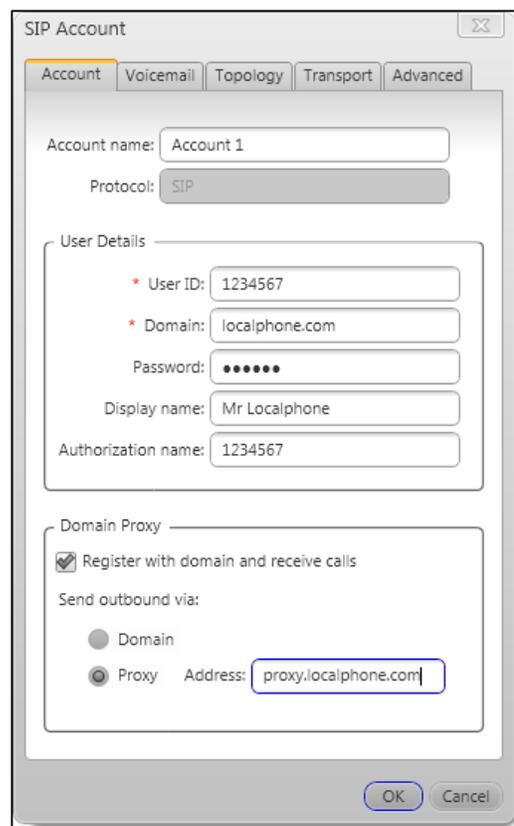


Fuente: Global Asset Support. *Características de los softphones*.
www.globalassetsupport.com/unified-communications/solutions/softphones/. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

5.2.1. **Softphone X-Lite**

Es un *softphone* basado en protocolo SIP gratuito que le permite hacer y recibir llamadas. La configuración no es complicada, las aplicaciones tienen menús con una guía fácil para programar los parámetros principales del equipo de cómputo en la red.

Figura 13. **Softphone X-Lite**



The image shows a screenshot of the 'SIP Account' configuration window. The window has a title bar with a close button and a tabbed interface with 'Account', 'Voicemail', 'Topology', 'Transport', and 'Advanced' tabs. The 'Account' tab is selected. The configuration fields are as follows:

- Account name: Account 1
- Protocol: SIP
- User Details section:
 - User ID: 1234567
 - Domain: localphone.com
 - Password: [masked with dots]
 - Display name: Mr Localphone
 - Authorization name: 1234567
- Domain Proxy section:
 - Register with domain and receive calls
 - Send outbound via:
 - Domain
 - Proxy Address: proxy.localphone.com

At the bottom of the window are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Fuente: Localphone Support. *Configuración de softphone.*

www.localphone.com/es/ayuda/voip/guias_de_dispositivos/softphone/x-lite. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

5.2.2. **Softphone zoiper**

Es uno de los mejores en su tipo, por su fácil manejo, poco peso y excelente calidad técnica.

Una vez bajada a un computador la versión correspondiente, e instalada, los pasos de configuración son sencillos. Es un software multiplataforma (funciona en escritorios, *tablets* y *smartphones* con Windows, Linux o MAC OS X), diseñado para trabajar con sus sistemas de comunicación IP. El cliente puede elegir cualquier otro programa que sea compatible con el protocolo SIP. Este software es de la compañía ZoIPer y tiene una versión no comercial, de la misma manera, también tiene las versiones comerciales con soporte del software y más características habilitadas.

Con la versión Free de Zoiper Classic se pueden realizar las siguientes funciones:

- Hacer o recibir llamadas.
- Grabar las llamadas.
- Iniciar y manejar conferencias.
- Si tiene la posibilidad de diseñar y programar su CRM, con la API puede integrar varias funciones con zoiper.
- Transferencias de llamadas.
- Llamadas en espera.
- Puede registrar una cuenta SIP y una cuenta IAX.
- Puede utilizar simultáneamente 2 líneas (1 SIP y 1 IAX).

Figura 14. **Softphone zoiper**



Fuente: Camundanet Inc. *Configuración de extensiones en Zoiper.*
www.camundanet.com/attachments/article/83/manualzoiper.pdf. Consulta: 25 de septiembre de 2015.

CONCLUSIONES

1. La telefonía convencional posee características como: transferencia automática de llamadas, llamada en espera, contestador automático, teleconferencia: cuando se realiza una conexión vía internet; es posible enviar fotos y documentos a través de una computadora, inclusive manteniendo una conversación en ese mismo instante.
2. Una llamada mediante telefonía voz IP es mucho más barata que su equivalente en telefonía convencional.
3. EL software libre de Asterisk proporciona control de un sistema de telefonía, con abundantes recursos y servicios.
4. Asterisk permite hacer y recibir llamadas de telefonía IP donde exista una conexión rápida de internet, simplemente entrando a una cuenta de voz IP.
5. Los teléfonos voz IP pueden ayudar a las empresas a reducir costos, mejorar la colaboración y aumentar la productividad en mayor medida que los teléfonos empresariales tradicionales.

RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al trabajo de graduación presentado, tomar en cuenta que la telefonía de voz IP constituye la base de unas comunicaciones telefónicas económicas y más avanzadas que pueden transformar la forma de hacer negocios.
2. A las empresas que desean gestionar su propia central telefónica, tomar en cuenta la confiabilidad de un servidor Asterisk para la gestión de voz IP, por su estabilidad, interface efectiva y aplicaciones que contiene.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRYANT, Russell; MANDSEN, Leif; MEGGELEN, Jim Van. *Asterisk the definitive guide. 4ta. ed.* EE.UU.: O'Really Media Inc., 2013. 845 p. ISBN: 978-1-449-33242-6.
2. GONÇALVEZ, Flavio E. *Asterisk PBX, guía de la configuración.* Brasil: Florianópolis, 2007. 362 p. ISBN: 978-85-906904-3-6.
3. GÓMEZ LÓPEZ, Julio. *Voz IP y Asterisk, redescubriendo la telefonía.* España: RA-MA, 2012. 348 p. ISBN: 9788478979028.
4. GOMILLION, David. *Construyendo sistemas telefónicos con Asterisk.* EEUU.: Pack Publishing, 2007. 208 p. ISBN: 978-1904811725.
5. LAFFEY, John. *Asterisk PBX.* EE.UU.: Digium. [en línea] www.asterisk.org [Consulta: agosto de 2014].
6. PEREZ, Bernard. *Asterisk; instalación, implementación y puesta en marcha.* República Dominicana: SNC IT, 2014. 247 p. ISBN: 9781310436239.
7. RÍOS PEÑA, Alejandro. *Guía de Asterisk; hacia la nueva tecnología.* EE.UU.: Ríos Peña, 2012. 250 p. ISBN: 9789584612830.
8. SELLES ROSA, Manuel. *Manual de Asterisk y otras hierbas.* España: Universidad de Cádiz, 2009. 61 p.

9. SPENCER, Mark. *Telefonía IP, voz IP. Asterisk software y hardware de implementación*. EE.UU.: Digium. [en línea] www.digium.com
[Consulta: agosto de 2014].

10. ROJANO, Elio. *Implementación de Asterisk en todo tipo de infraestructuras*. EE.UU.: Sinologic. [en línea] www.sinologic.net
[Consulta: agosto de 2014].

ANEXOS

Anexo 1. Configuración de Asterisk.

Asterisk se configure editando una serie de ficheros de texto que están en el directorio `/etc/asterisk` y acaban en la extensión `.conf`

Los ficheros más importantes son `sip.conf` y `extensions.conf`



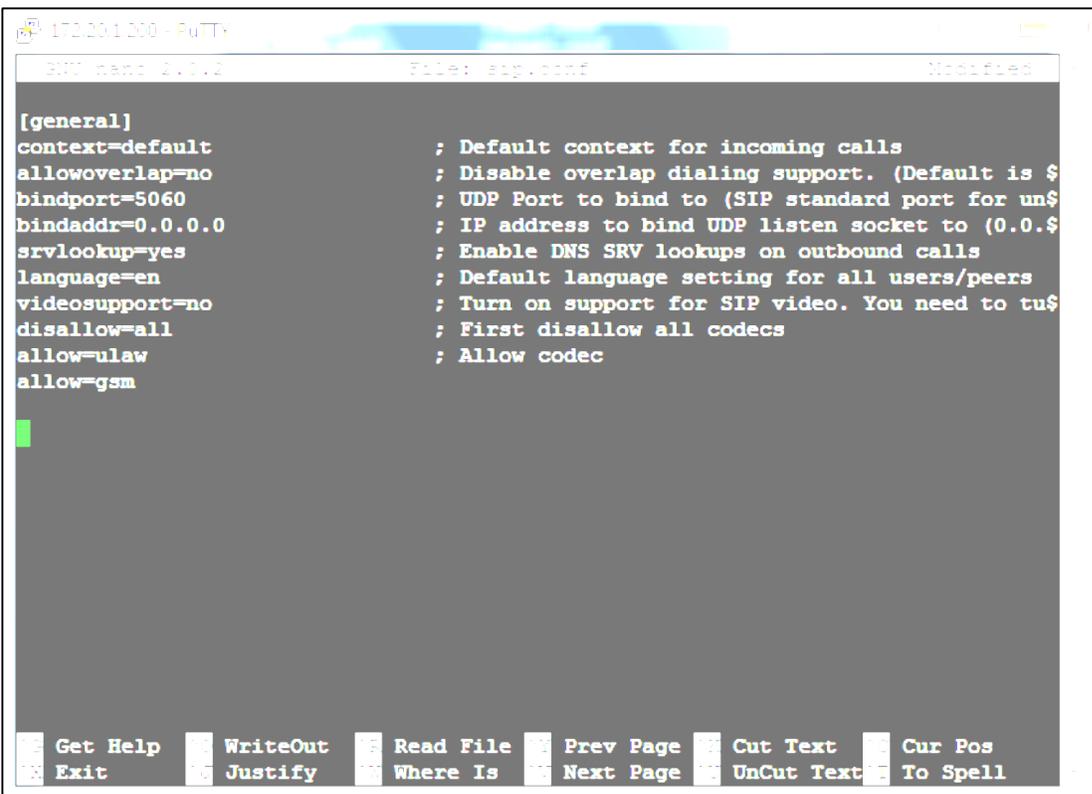
```
173.201.1200 - PuTTY
asterisk1:~# cd /etc/asterisk/
asterisk1:/etc/asterisk# ls
adsi.conf                extensions.conf          oss.conf
adtranvoivr.conf        extensions.lua           phone.conf
agents.conf             extensions_minivm.conf  phoneprov.conf
alarmreceiver.conf      features.conf           queuerules.conf
alsa.conf               festival.conf           queues.conf
amd.conf                followme.conf           res_ldap.conf
asterisk.adsi           func_odbc.conf          res_odbc.conf
asterisk.conf           gtalk.conf              res_pgsql.conf
cdr_adaptive_odbc.conf  h323.conf               res_snmp.conf
cdr.conf                http.conf                rpt.conf
cdr_custom.conf         iax.conf                rtp.conf
cdr_manager.conf        iaxprov.conf            say.conf
cdr_odbc.conf           indications.conf        sip.conf
cdr_pgsql.conf          jabber.conf             sip_notify.conf
cdr_sqlite3_custom.conf jingle.conf             skinny.conf
cdr_tds.conf            logger.conf             sla.conf
chan_dahdi.conf         manager.conf            smdi.conf
cli.conf                meetme.conf             telcordia-1.adsi
codecs.conf             mgcp.conf               udptl.conf
console.conf           minivm.conf             unistim.conf
dnsmgr.conf            misdns.conf             usbradio.conf
dundi.conf             modules.conf            users.conf
enum.conf              musiconhold.conf        voicemail.conf
extconfig.conf          muted.conf              vpb.conf
extensions.ael          osp.conf
asterisk1:/etc/asterisk#
```

RODRIGUEZ PASCUA, Javier. *Asterisk y su configuración.*
www.rodriuezpascua.com/manuales-software-libre-hardware/ma. Consulta: 25 de septiembre 2015.

Anexo 2. Creación de extensiones.

Las extensiones de tipo SIP se crean en el fichero sip.conf, y las de tipo IAX se crean en el fichero iax.conf. En los ejercicios de este curso se crearán solo extensiones SIP.

Si editamos este fichero, veremos todas las posibles opciones que se pueden configurar



```
172.20.1.200 - PuTTY
SNU nano 2.9.2      File: sip.conf      Modified

[general]
context=default           ; Default context for incoming calls
allowoverlap=no          ; Disable overlap dialing support. (Default is $
bindport=5060            ; UDP Port to bind to (SIP standard port for un$
bindaddr=0.0.0.0         ; IP address to bind UDP listen socket to (0.0.$
srvlookup=yes           ; Enable DNS SRV lookups on outbound calls
language=en              ; Default language setting for all users/peers
videosupport=no          ; Turn on support for SIP video. You need to tu$
disallow=all             ; First disallow all codecs
allow=ulaw                ; Allow codec
allow=gsm
```

Get Help WriteOut Read File Prev Page Cut Text Cur Pos
Exit Justify Where Is Next Page UnCut Text To Spell

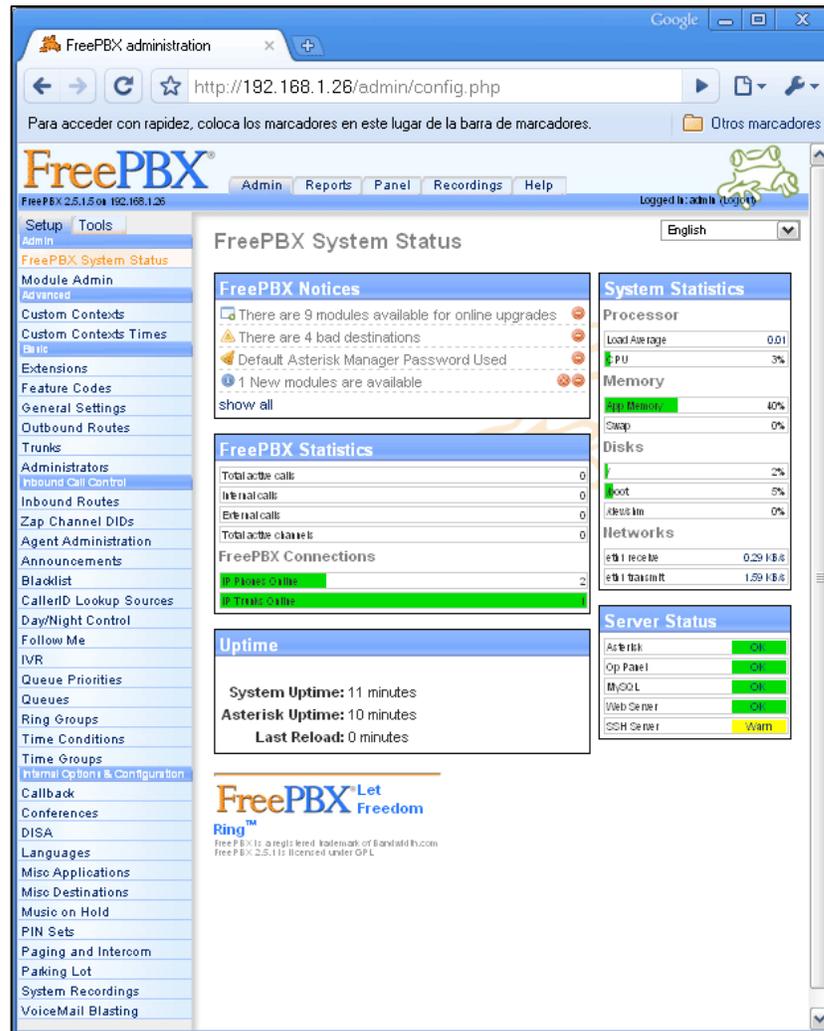
RODRIGUEZ PASCUA, Javier. Asterisk y su configuración. www.rodriuezpascua.com/manuales-software-libre-hardware/ma. Consulta: 25 de septiembre 2015.

Anexo 4. Extensiones activas en Free PBX Asterisk



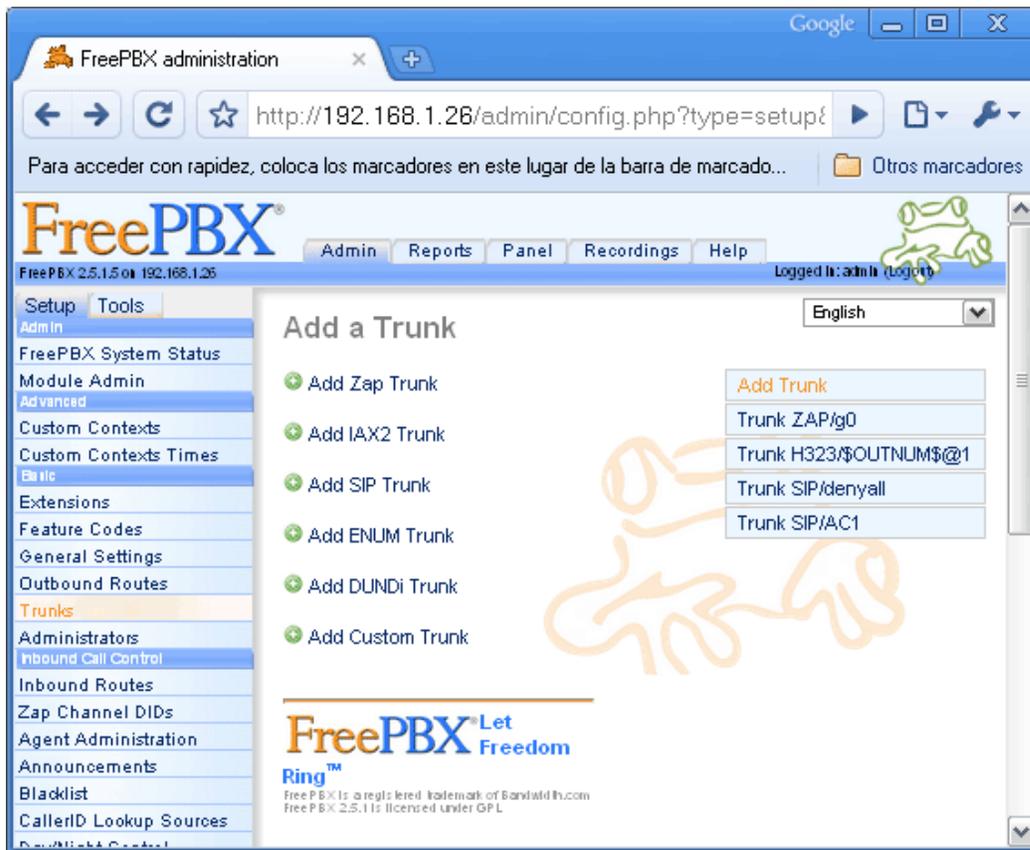
Canaritek Consultoría y Sistemas S.I. *Configuración PBX de Asterisk.*
<http://www.canarytek.com/tutoriales/configuracionextensiones>. Consulta: 25 de septiembre del 2015.

Anexo 5. Visualización de parámetros generales de funcionamiento FreePBX Asterisk



Canaritek Consultoría y Sistemas S.I. Configuración PBX de Asterisk.
<http://www.canarytek.com/tutoriales/configuracionextensiones>. Consulta: 25 de septiembre del 2015.

Anexo 6. Configuración de enlaces troncales en FreePBX Asterisk



Canaritek Consultoría y Sistemas S.I. *Configuración PBX de Asterisk*.
<http://www.canarytek.com/tutoriales/configuracionextensiones>. Consulta: 25 de septiembre del 2015.