



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA VOZ
SOBRE IP DENTRO DE UNA RED”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A :
ELIZABETH PÉREZ PALMA**

DIRECTORA DE TESIS:

ING. GLORIA GUADALUPE MARTÍNEZ ROSAS



MÉXICO, D.F. Octubre de 2014

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Agustín y Patricia que siempre creyeron en mí, que con su cariño y dedicación hicieron de mí una persona con principios forjando sueños y metas en mi vida. Muchas gracias por todo su apoyo, trabajo y sacrificios en estos años, ahora es mi turno de regresar un poco de todo lo inmenso que me han otorgado.

Para ustedes, con cariño.

A mi fiel amigo, compañero de lágrimas y risas, guardo como mi mayor tesoro todos los momentos vividos, muchas gracias por enseñarme a ser una mejor persona.

Para ti, con cariño.

ÍNDICE

ÍNDICE

Capítulo 1.- La telefonía en México

1.1. Historia de la Telefonía convencional.....	2
1.2. Evolución del teléfono	3
1.3. Características de la Red de Telefonía Básica.....	5
1.3.1. Funcionamiento del Teléfono	6
1.3.2. Funcionamiento del Servicio PSTN	8
1.3.3. Elementos de la PSTN	9
1.3.3.1. Conmutadores Telefónicos Automáticos	10
1.3.3.2. Troncales.....	13
1.3.4. Desventajas del Servicio PSTN.....	15
1.4. El Papel que Desempeña la Telefonía en México.....	15
1.4.1. Principales Compañías en México y su Impacto Económico	19
1.5. Reforma en Telecomunicaciones 2013. ¿Quiénes son Beneficiados?	23
1.6. Planteamiento del problema.....	25
1.7. Propuesta de Solución a Desarrollar	26

Capítulo 2.- Voz sobre IP (VoIP)

2.1. Definición de Voz sobre IP	28
2.1.1. Diferencia entre Telefonía IP y VoIP	29
2.2. Funcionamiento General de Voz sobre IP	29
2.3. Códecs	30
2.4. Protocolos y Estándares VoIP	32
2.4.1. Protocolo IP	32
2.4.2. Protocolo UDP	33
2.4.3. Protocolo TCP	34
2.4.4. Protocolo RTP	35
2.4.5. Estándar H.323.....	35
2.4.5.1. Arquitectura de H.323.....	36
2.4.5.2. Proceso de llamada en H.323	41
2.4.6. Protocolo SIP.....	45
2.4.6.1. Arquitectura de SIP	45
2.4.6.2. Principales Componentes de SIP	47
2.4.6.3. Proceso de Llamada en SIP	51
2.4.7. Comparaciones entre H.323 y SIP	53
2.4.8. H.248 (Megaco).....	54
2.4.9. Protocolo MGCP.....	55
2.5. Calidad de Servicio (QoS) en VoIP	57
2.5.1. Factores de Calidad en VoIP.....	57
2.5.2. Modelos de Servicio en QoS	60
2.5.3. Mecanismos de QoS	61

2.6. Topología general de VoIP dentro de una Red	62
2.6.1. Esquema general de VoIP.....	64
2.7. Seguridad en VoIP	66
2.7.1. Clasificación de Ataques	69
2.7.2. Recomendaciones de Seguridad en VoIP.....	73

Capítulo 3.- Aplicaciones de VoIP

3.1. Telefonía IP (ToIP)	76
3.2. Componentes de ToIP.....	77
3.3. Funcionamiento general de la telefonía IP	81
3.3.1. Tipos de llamadas en ToIP.....	81
3.4. Medición de parámetros QoS en ToIP	84
3.5. Escalabilidad del servicio de telefonía IP	85
3.6. Asterisk.....	86
3.6.1. Arquitectura de Asterisk	87
3.6.2. Características de Asterisk.....	89
3.6.3. Ventajas y desventajas de Asterisk.....	92
3.7. Top de aplicaciones VoIP.....	93
3.8. Ventajas y desventajas de VoIP y ToIP.....	97
3.9. Futuro en VoIP	99

Capítulo 4.- Aplicación de VoIP

4.1. Herramientas utilizadas para la aplicación	101
4.2. Descarga e instalación de AsteriskNow	102
4.2.1. Creación de máquina virtual	102
4.2.2. Instalación de AsteriskNow	105
4.3. Administración de AsteriskNow	108
4.3.1. Creación de Extensiones SIP	110
4.4. Instalación y configuración del cliente	112
4.4.1. Configuración de softphone X-Lite	113
Conclusiones.....	116
Referencias	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Evolución del teléfono	3
Figura 1.2.	Telefonía manual.....	4
Figura 1.3.	Clasificación del teléfono.....	5
Figura 1.4.	Partes del teléfono	6
Figura 1.5.	Diagrama básico de la PSTN	8
Figura 1.6.	Interfaz FXS	9
Figura 1.7.	Dispositivo FXO.....	10
Figura 1.8.	Funcionamiento de un PBX.....	11
Figura 1.9.	Estructura de la PSTN.....	14
Figura 1.10.	Inversiones en las telecomunicaciones	16
Figura 1.11.	Índice de producción del sector de telecomunicaciones	17
Figura 1.12.	Número de usuarios de telefonía fija (Cofetel, 2013)	18
Figura 1.13.	Hogares con teléfono	19
Figura 1.14.	Listado de empresas del IPC de la BMV	20
Figura 1.15.	Participación en el mercado	21
Figura 1.16.	Participación en el mercado de telefonía móvil (2011-2013).....	21
Figura 1.17.	Participación de operadores de comunicaciones en México	22
Figura 2.1.	Funcionamiento de VoIP	29
Figura 2.2.	Componentes de la cabecera IP	33
Figura 2.3.	Funcionamiento de un gateway H.323	37
Figura 2.4.	Arquitectura del estándar H.323.....	39
Figura 2.5.	Pila de protocolos de H.323	39
Figura 2.6.	Etapas del proceso de llamada	41
Figura 2.7.	Proceso de una llamada en H.323	44
Figura 2.8.	Formato de mensajes SIP	48
Figura 2.9.	Métodos de SIP.....	49
Figura 2.10.	Principales campos de la cabecera general	50
Figura 2.11.	Ejemplos de mensajes SIP	51
Figura 2.12.	Sesiones en SIP	52
Figura 2.13.	Arquitectura de Megaco	55
Figura 2.14.	Arquitectura de MGCP	56
Figura 2.15.	Esquema con VPN.....	63
Figura 2.16.	Esquema general de conexión para VoIP en una red LAN	65
Figura 2.17.	Topología general de VoIP (elaboración propia, 2014)	66
Figura 2.18.	Capas de seguridad de la información	67
Figura 3.1.	Terminales de telefonía IP	80
Figura 3.2.	Llamada pc o softphone - teléfono analógico	82
Figura 3.3.	Llamada teléfono analógico a teléfono analógico	83
Figura 3.4.	Arquitectura de Asterisk	88
Figura 4.1.	Descarga de Asterisk	102

Figura 4.2. Creación de máquina virtual 1	102
Figura 4.3. Creación de máquina virtual 2	103
Figura 4.4. Configuración de máquina virtual 1	103
Figura 4.5. Configuración de máquina virtual 2	104
Figura 4.6. Configuración de máquina virtual 3	104
Figura 4.7. Instalación de AsteriskNow 1	105
Figura 4.8. Instalación de AsteriskNow 2	105
Figura 4.9. Instalación de AsteriskNow 3	106
Figura 4.10. Instalación de AsteriskNow 4	106
Figura 4.11. Instalación de AsteriskNow 5	107
Figura 4.12. Instalación de AsteriskNow 6	107
Figura 4.13. Instalación de AsteriskNow 7	108
Figura 4.14. Administración de AsteriskNow	110
Figura 4.15. Creación de extensiones en AsteriskNow 1	110
Figura 4.16. Creación de extensiones en AsteriskNow 2	111
Figura 4.17. Creación de extensiones en AsteriskNow 3	111
Figura 4.18. Creación de extensiones en AsteriskNow 4	112
Figura 4.19. Descarga de softphone	112
Figura 4.20. Configuración de softphone 1	114
Figura 4.21. Configuración de softphone 2	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Método dial Pad	7
Tabla 2.1. Características de los códecs	31
Tabla 2.2. Requerimientos de QoS en aplicaciones	59
Tabla 2.3. Tipos de ataques en capas de seguridad de la información	68
Tabla 3.1. Opciones de hardware ATA	77
Tabla 3.2. Opciones de teléfonos IP	78
Tabla 3.3. Opciones de softphone	79
Tabla 3.4. Compatibilidad de Asterisk	89
Tabla 3.5. Ventajas y desventajas de Asterisk	92
Tabla 3.6. Ventajas y desventajas de Line	93
Tabla 3.7. Ventajas y desventajas de Skype	94
Tabla 3.8. Ventajas y desventajas de Viber	95
Tabla 3.9. Ventajas y desventajas de Fring	96
Tabla 3.10. Opciones de aplicaciones VoIP	96

CAPÍTULO 1

La telefonía en México

1. LA TELEFONÍA EN MÉXICO

En este primer capítulo definiré el concepto de telefonía, y sus respectivos elementos, desde su invención hasta los principales componentes que lo caracterizan y logran su correcto funcionamiento.

Los conceptos retomados en este tema, serán relevantes para comprender la importancia de este servicio en la sociedad y cómo su introducción en el mercado vino a revolucionar toda una nueva era de la comunicación, para dar paso a la nueva tecnología llamada VoIP.¹

1.1. HISTORIA DE LA TELEFONÍA CONVENCIONAL

La palabra telefonía se deriva de *tele* (lejos) y *fonía* (sonidos). La historia de la telefonía ha sido alterada recientemente, ya que durante mucho tiempo se creyó que el inventor del teléfono era Alexander Graham Bell, pero este sólo fue el primero en patentarlo, posteriormente el 11 de junio del 2002 el congreso de Estados Unidos aprobó la resolución 269, en la cual se reconocía como único inventor del teléfono al estadounidense Antonio Meucci.

Éste último fue quien descubrió en el año 1860, que convirtiendo las vibraciones sonoras en impulsos electrónicos daba como resultado la transmisión de voz a través de un cable, para el año de 1871 solicitó la patente por su invento en Nueva York, al cual llamo “teletrofono” pero debido a la falta de dinero no logró renovar su solicitud de patente.

Empezaremos por decir que el teléfono se ha convertido en uno de los elementos más indispensables del ser humano, pues ha cumplido con la difícil tarea de comunicar al mundo desde hace más de 100 años, convirtiéndose quizá en el principal medio de comunicación entre las personas de todo el mundo.

Sin lugar a dudas, este invento llegó como resultado de la necesidad de los seres humanos por comunicarnos, y también es éste el que ha tenido un mayor avance tecnológico, dando como resultado una tecnología que ha cubierto satisfactoriamente las necesidades del ser humano.

¹ Voz sobre IP (VoIP)

Fuente: http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf

1.2. EVOLUCIÓN DEL TELÉFONO

En términos generales se puede decir que el teléfono es un aparato encargado de transmitir sonidos a distancia mediante señales eléctricas, está formado por dos circuitos que funcionan juntos: el circuito de conversación que es su parte analógica y el circuito de marcación, a continuación analizaremos los cambios que ha sufrido este dispositivo a lo largo del tiempo hasta llegar a nuestros días y la forma cómo funciona.

A finales del siglo XVIII el telégrafo ya podía mandar mensajes a larga distancia asociando impulsos eléctricos y letras, pero dejó de ser suficiente para nuestra necesidad de comunicarnos, entonces surgió un dispositivo que era capaz de convertir señales eléctricas en ondas de sonido. En 1877 Alexander Graham Bell construye un teléfono que era capaz de transmitir y recibir con buena calidad la voz humana, éste consistía en una bobina, un brazo magnético y una membrana tensada, véase figura 1.1. Pero éste tenía limitantes, pues entre ellos se podían comunicar a determinada hora, con un máximo de 2 a 3 km.

Desde entonces surgieron los primeros avances para este invento, el primer paso fue el 9 de julio de 1877 cuando se fundó la primera compañía telefónica llamada "Bell Telephone Company", para el año de 1877 ésta última dio 5 licencias a distintas compañías para que produjeran el aparato. Empezaron a realizarse implementaciones al teléfono, incorporándole el timbre y magneto, este último encargado de producir corriente para poder llamar, éstos utilizaban únicamente un solo dispositivo como transmisor y receptor y aunque lograban transmitir la voz lo hacían con mala calidad.

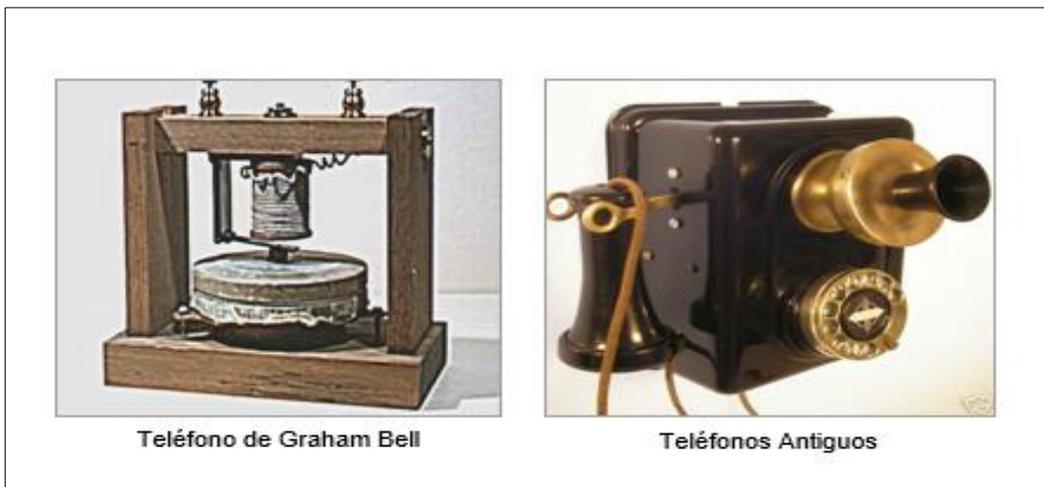


Figura 1.1. Evolución del teléfono (Fuente: <http://4.bp.blogspot.com>, 2013)

Pasando el tiempo fueron evolucionando hasta llegar a la separación del receptor y transmisor, véase figura 1.1. Con esta adaptación se logró mayor comodidad permitiendo colocar su transmisor cerca de la boca para recoger el máximo de energía sonora posible, con esto se generaba menos ruido en la voz. Para 1963 surgen los primeros prototipos de teléfono equipados con pulsadores para discado de tonos.

Con estos avances el siguiente paso era el de ampliar el número de interlocutores, esta nueva necesidad dio origen a la creación de la Central Telefónica Elemental (Centralita), en la cual todas las líneas telefónicas paraban en un mismo punto equidistante a los demás teléfonos y una operadora era la encargada de enlazar las comunicaciones.

La operadora primero atendía la llamada de uno de los usuarios detectando con quien quería hablar para posteriormente llamar al destinatario, una vez en comunicación los ponía en conversación mediante unos circuitos de cordón y cuando finalizaba la conversación uno de los usuarios llamaba a la operadora para finalizar la comunicación, a esto se le conocía como telefonía manual, véase figura 1.2.²



Figura 1.2. Telefonía manual. (Fuente: <http://4.bp.blogspot.com>, 2013)

² Fuente: http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf

Conforme aumentó el número de teléfonos, aumentaron también las operadoras y por consecuencia los costos, para solucionar esto, empezaron a cambiar al factor humano por dispositivos electromecánicos y se creó el concepto de llamada telefónica y conmutador telefónico, de este modo se marcaba un identificador numérico y se enviaba la voz a un switch automatizado que era el encargado de conmutar la llamada a su destino y así se lograba brindar el servicio con mayor rapidez.

Todo lo anterior nos lleva a lo que conocemos como Red Telefónica Básica o mejor conocido por sus siglas en inglés PSTN³ (Public Switching Telephone Network) que es la red de telefonía que actualmente llega hasta nuestras casa.

1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE TELEFONÍA BÁSICA

Como en la actualidad muy pocas personas conocen la manera en que funciona la telefonía convencional (PSTN) que hasta el día de hoy llega hasta nuestras casas y nos permite realizar llamadas con otros usuarios incluso fuera del país, para entender cómo funciona este servicio primero hay que abordar el funcionamiento del teléfono, empezaremos con la clasificación general de este, véase figura 1.3.

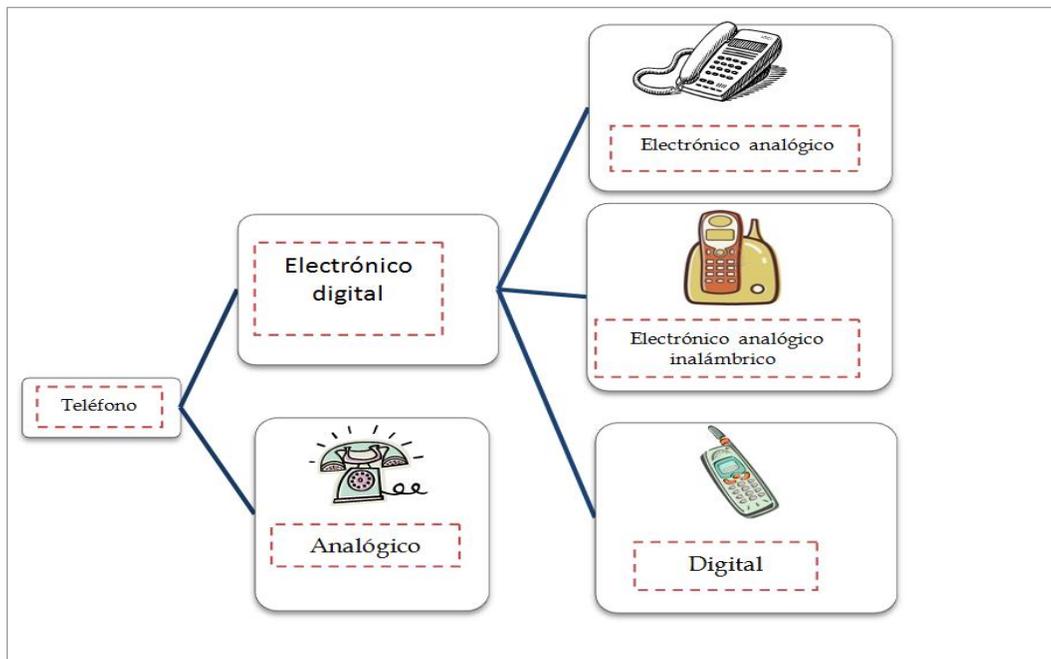


Figura 1.3. Clasificación del teléfono (Elaboración propia, 2013)

³ Red Pública de Telefonía Conmutada

Fuente: http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf

Es importante saber las partes internas del teléfono que se muestran a continuación en la figura 1.4.



Figura 1.4. Partes del teléfono (Elaboración propia, 2013)

1.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL TELÉFONO

El teléfono tiene dos funciones principales, la primera es la de establecer una comunicación entre los 2 usuarios, y la segunda es realizar la comunicación de voz entre las dos partes. Para que el transmisor pueda escuchar la voz del receptor y viceversa el teléfono realiza todo un proceso que a continuación explicaremos de manera muy básica:

- Etapa1. El usuario levanta el microteléfono

Cuando se levanta el microteléfono, el circuito eléctrico que estaba apagado se enciende y la corriente eléctrica circula por dicho circuito, el aparato recibe de la central una señal que le indica al usuario que puede marcar el número. En este momento se inicia el proceso de comunicación entre el dispositivo y la central telefónica a la que se encuentra conectado este.

- Etapa 2. El usuario marca el número

Al escuchar el tono, el usuario empieza a marcar el número, la marcación del teclado se lleva a cabo por medio de la suma de frecuencias, donde de acuerdo a la Tabla 1 a cada número le corresponde una frecuencia distinta, a este método se le conoce como *Dial Pad*.

Hz	1 209	1 336	1 477
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

Tabla 1. Método dial pad (Elaboración propia, 2013)

Por ejemplo si el usuario marca el número 5, la señal que procesará el teléfono al equipo conmutador de la central telefónica será la suma de las frecuencias 1336 Hz (vertical) y 770 Hz (horizontal), la transmisión de esta señal tarda solo 0.7s.⁴

➤ Etapa 3. Timbrado de aviso de llamada

Una vez que el conmutador recibe la señal que procede del equipo que inició la comunicación, la central telefónica genera una señal auditiva fuerte (timbrado) que se activa con corriente alterna, misma que envía al teléfono destinatario para avisar al usuario que hay una llamada entrante. Hay que mencionar que una central telefónica debe de proveer 48 volts de corriente directa al aparato telefónico para generar el *ring* del teléfono.

➤ Etapa 4. El usuario contesta la llamada

Cuando suena el timbre del teléfono, el usuario contesta, al empezarse la conversación ocurre lo siguiente en el microteléfono:

- Transmisor: convierte la energía acústica de la voz en señales eléctricas, esta señal es enviada a la Central Telefónica, que a su vez la envía al teléfono del destinatario y cuando este responde repite con su voz el mismo proceso acabado de mencionar y al primer aparato llegará la señal originada por el destinatario.
- Receptor: convierte la señal eléctrica que recibe del destinatario en ondas acústicas, es decir se produce la voz, cabe mencionar que esta señal varía en intensidad y frecuencia según la voz.

⁴ Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf

➤ Etapa 5. Final de la llamada

Cuando una de las dos partes cuelga se corta la comunicación, dando fin a esta, entonces se factura la llamada y se liberan los recursos utilizados.

1.3.2. FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO PSTN

PSTN o Red Pública de Telefonía Conmutada, en castellano es conocida como la red pública conmutada (RTC) o red telefónica básica (RTB), es una red global que está diseñada para transmitir voz en tiempo real mediante un conjunto de dispositivos físicos. Actualmente el servicio de telefonía debe ser capaz de conectar los dispositivos telefónicos al inicio de una llamada y desconectarlos cuando esta acabe.⁵

La infraestructura básica del servicio PSTN, véase figura 1.5, contiene varios elementos necesarios:

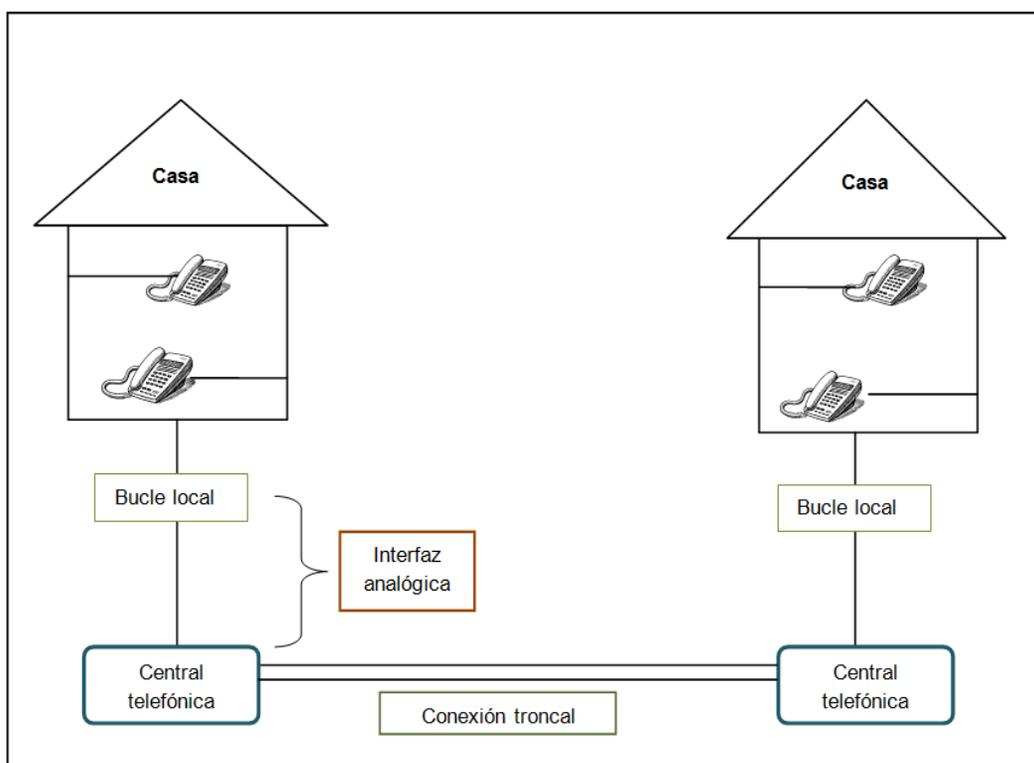


Figura 1.5. Diagrama básico de la PSTN (Elaboración propia, 2013)

⁵ Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf

1.3.3. ELEMENTOS DE LA PSTN

➤ Bucle Local (Local Loop)

También llamado línea telefónica o línea de abonado, es un *Circuito de Acceso Dedicado*⁶ de 5 [Km] encargado de conectar el teléfono del usuario con la central telefónica más cercana, es decir, es la estructura del cableado entre la casa del usuario a la primera central telefónica.

➤ Interfaz Analógica

Es el medio por el cual el bucle local se conecta con la central telefónica, existen dos tipos de estas, las interfaces FXS y FXO las cuales describiremos a continuación:

- FXS (Foreign Exchange Station Interface)

Utilizada por el abonado para acceder a la línea telefónica, este se conecta directamente a una terminal analógica (teléfono analógico, fax, etc.) por medio del puerto RJ-11 (véase figura 1.6). FXS es el que provee el servicio al usuario final proporcionando tono de marcado, además de suministrar corriente al dispositivo final.

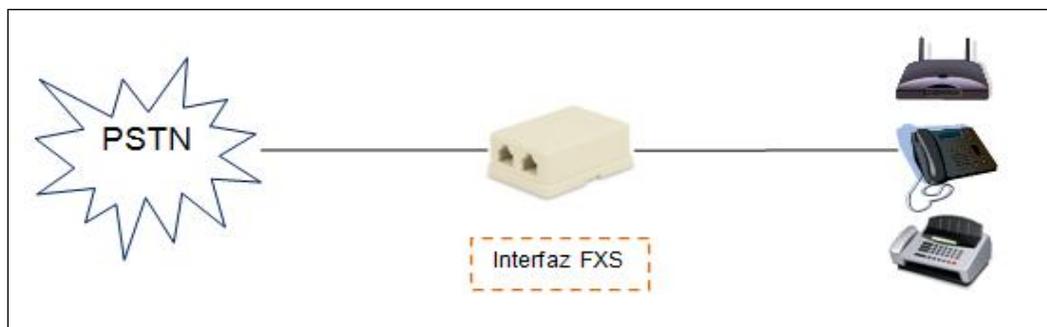


Figura 1.6. Interfaz FXS (Elaboración propia, 2013)

- FXO (Foreign Exchange Office Interface)

Es el puerto por el cual se recibe la línea telefónica, este está conectado directamente a la PSTN, estos cumplen con la funcionalidad de enviar una indicación de colgado o descolgado conocida como *cierre de bucle*. En el hogar un ejemplo de esta interfaz son las conexiones telefónicas de los teléfonos analógicos, como se muestra en la figura 1.7.

⁶ Conexión permanente entre 2 puntos, se alquila en compañías telefónicas

Hay que mencionar que dos puertos se pueden conectar entre sí mientras cumplan con la condición que sean de distinto tipo (igual a los enchufes macho/hembra).⁷

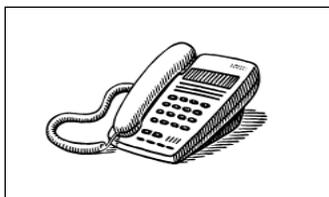


Figura 1.7. Dispositivo FXO

➤ Central Telefónica

También llamado *centrales locales*, aquí es donde se encuentran los conmutadores telefónicos y son las encargadas de proporcionar caminos individuales de conversación entre dos teléfonos cualesquiera, o entre un teléfono y una central, del mismo modo completa vías de comunicación a través de otros centros conmutadores y centrales.

Por lo regular las centrales no realizan las conexiones simultáneas de todas las líneas de abonado al mismo tiempo, ya que sería una demanda muy alta del servicio. Por suerte solo del 10 al 14 % de los abonados realiza llamadas simultáneas, de este modo la red solo tiene que manipular al mismo tiempo un porcentaje pequeño de abonados.

1.3.3.1. CONMUTADORES TELEFÓNICOS AUTOMÁTICOS

Su función principal es establecer un camino de comunicación entre dos teléfonos cualesquiera, o entre un teléfono y una central. Estos contienen un centro de transmisión, primero el conmutador realiza la función de entablar las conexiones apropiadas para dirigir o enrutar la comunicación a través de la red telefónica para que llegue a su destino por la vía más adecuada, después el equipo de transmisión es el encargado de enviar las señales de control, supervisión y mensaje asignándole a toda esta información un canal de comunicación.

Un conmutador central da servicio a todas las líneas que se conectan a él, pero debido a la gran demanda de clientes se agregaron más centrales de conmutación en varias zonas, posteriormente se agregó otro conmutador que uniera las centrales de varias zonas, con el tiempo se llegó a una gran red de conmutadores que en la actualidad nos permite realizar desde llamadas locales hasta internacionales.

⁷ Fuente: http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf

Hay varios tipos de conmutación:

- a) Electromecánica: esta era muy difícil de programar por eso se emigró a nuevos sistemas electrónicos de tecnología computacional.
- b) Electrónica (Electronic Switching System número 1 (1ESS)): estos utilizan Switch o programas de almacenamiento según el tipo de servicio que preste la red.
- c) PBX (Private Branch Exchange): también conocidos como Conmutadores Automáticos Privados, este es de uso exclusivo para compañías, empresas, universidades e instituciones privadas, es la red de telefonía privada utilizada dentro de una empresa, el uso más común que se le da a una PBX es compartir de una a varias líneas telefónicas con un grupo de usuarios. Dichos usuarios comparten un número definido de líneas telefónicas para la realización de llamadas externas.

Cada PBX varía según las necesidades de la empresa, el PBX es conectado a la red PSTN mediante el puerto FXO y utilizaba los puertos FXS para comunicar varios teléfonos analógicos con la PSTN a través de una o más líneas telefónicas analógicas, véase figura 1.8.

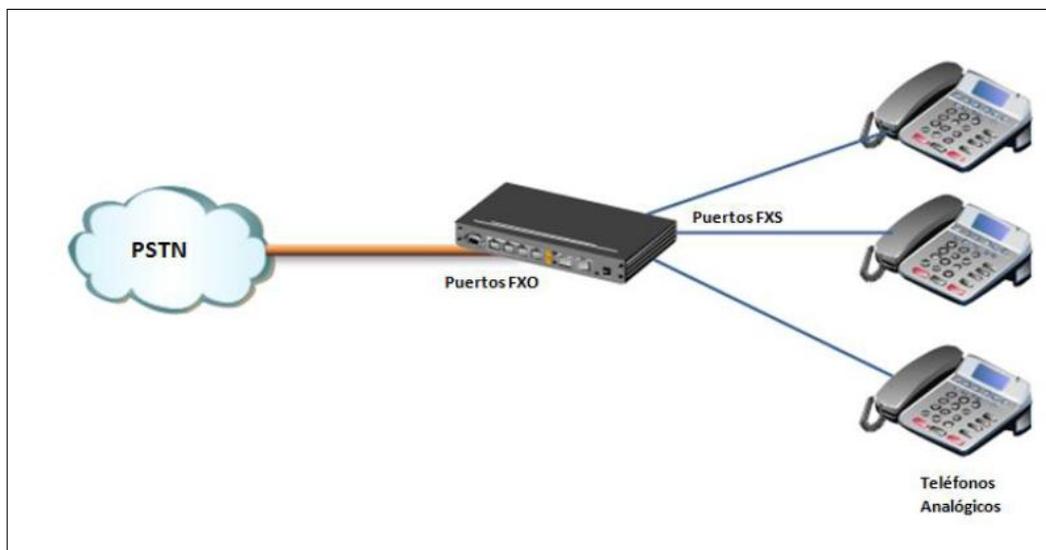


Figura 1.8. Funcionamiento de un PBX (Elaboración propia, 2013)

Una PBX tiene la propiedad de ser capaz de redirigir las llamadas entrantes a uno o varios teléfonos, de la misma manera en la que un router en internet es responsable de dirigir los paquetes del origen a su destino, el PBX es responsable de dirigir las llamadas telefónicas, ya que permite a un teléfono escoger una de las líneas telefónicas para la realización de una llamada al exterior. Una central privada realiza como mínimo tres funcionalidades básicas:

- Establecer conexiones entre dos teléfonos.- Esto implica establecer la relación entre un número y una línea, asegurarse de que la línea no esté ocupada, etc.
- Mantener esas conexiones activas durante el tiempo que los usuarios lo deseen.
- Proveer información para contabilidad, como medición de las llamadas y tarificación.

Además el PBX ofrece otros servicios de valor añadido como transferencia de llamadas, llamadas a tres, pasarela de voz⁸ a correo o servicios basados en una respuesta de voz interactiva (IVR), etc. Básicamente hay tres tipos de PBX, las cuales explicaremos a continuación.

1. PBX: Centralita telefónica conectada directamente a la red pública de telefonía por medio de líneas troncales que gestiona de forma autónoma tanto las llamadas internas como las externas (entrantes y salientes). Generalmente pertenece a la empresa que lo tiene instalado y no a la compañía telefónica.
2. IP PBX (también llamada VoIP PBX).- Una centralita telefónica IP es un equipo telefónico diseñado para ofrecer servicios de comunicación a través de las redes de datos vía Internet, utilizando tecnología VoIP (Voice Over IP, Voz sobre IP).
3. PBX Virtuales.- Existe la posibilidad de contratar con la compañía telefónica un servicio de emulación de centralita telefónica PBX o IP PBX:
 - a) Centrex (Virtual PBX o Hosted PBX): servicio equivalente a centralita telefónica PBX.
 - b) IP Centrex (Virtual IP PBX o Hosted IP PBX): Tiene una funcionalidad equivalente a una centralita telefónica IP PBX.

⁸ Pasarela de voz.- Dispositivo que convierte el tráfico de telefonía IP para ser transmitido en una red de datos.

Actualmente hay varias empresas que ofrecen este servicio, en la figura mostramos algunas:

- Panasonic de México.
- Telecomunicaciones RPP.
- Realcom de México.
- Industrias Kirkwood.
- Construcciones para Macroentornos.
- Telefonía y Redes del golfo.
- Aastra.
- ECI.

Una de las ventajas de estos, es que al ser propiedad de la empresa, no necesitan pagar renta a la compañía del teléfono con la que tuvieron el trato, es decir, no se tiene que contratar una línea telefónica por cada terminal analógica, en vez de eso solo se contrata una para comunicar varias terminales analógicas con la PSTN, esto sin dudas reduce considerablemente los costos.

Como ya se mencionó un PBX es en realidad cualquier *central telefónica* conectada directamente a la red pública de telefonía por medio de *líneas troncales* para gestionar además de las llamadas internas, las entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Este dispositivo generalmente pertenece a la empresa que lo tiene instalado y no a la compañía telefónica, de aquí el adjetivo Privado a su denominación.

En la actualidad cualquier conmutador debe de tener la capacidad de brindar un buen servicio sin bloquearse, es decir, que cualquier abonado pueda conectarse con otro sin importar el número de conexiones que existan. Hay que mencionar que estas centrales están conectadas por medio de *troncales*.

1.3.3.2. TRONCALES

Son circuitos conmutados, es decir, un conjunto de enlaces que sirven para establecer llamadas entre diferentes zonas. Para poder interconectar centrales telefónicas se emplean distintos tipos de troncales:

- Troncal Urbana.- Conecta 2 centrales locales.
- Troncal Tándem.- Conecta a una central local con un centro Tándem.
- Troncal Interurbana.- Conecta una central local con el primer centro de larga distancia.⁹

⁹ Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf
http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf

Entre ciudades las rutas para comunicarse son por medio de un sistema de onda portadora por microondas, o por un sistema de onda portadora por cable. Para poder comprender mejor todo lo explicado anteriormente veamos la figura 1.9 donde podemos apreciar cómo funciona de manera muy sencilla la estructura de la red PSTN.¹⁰

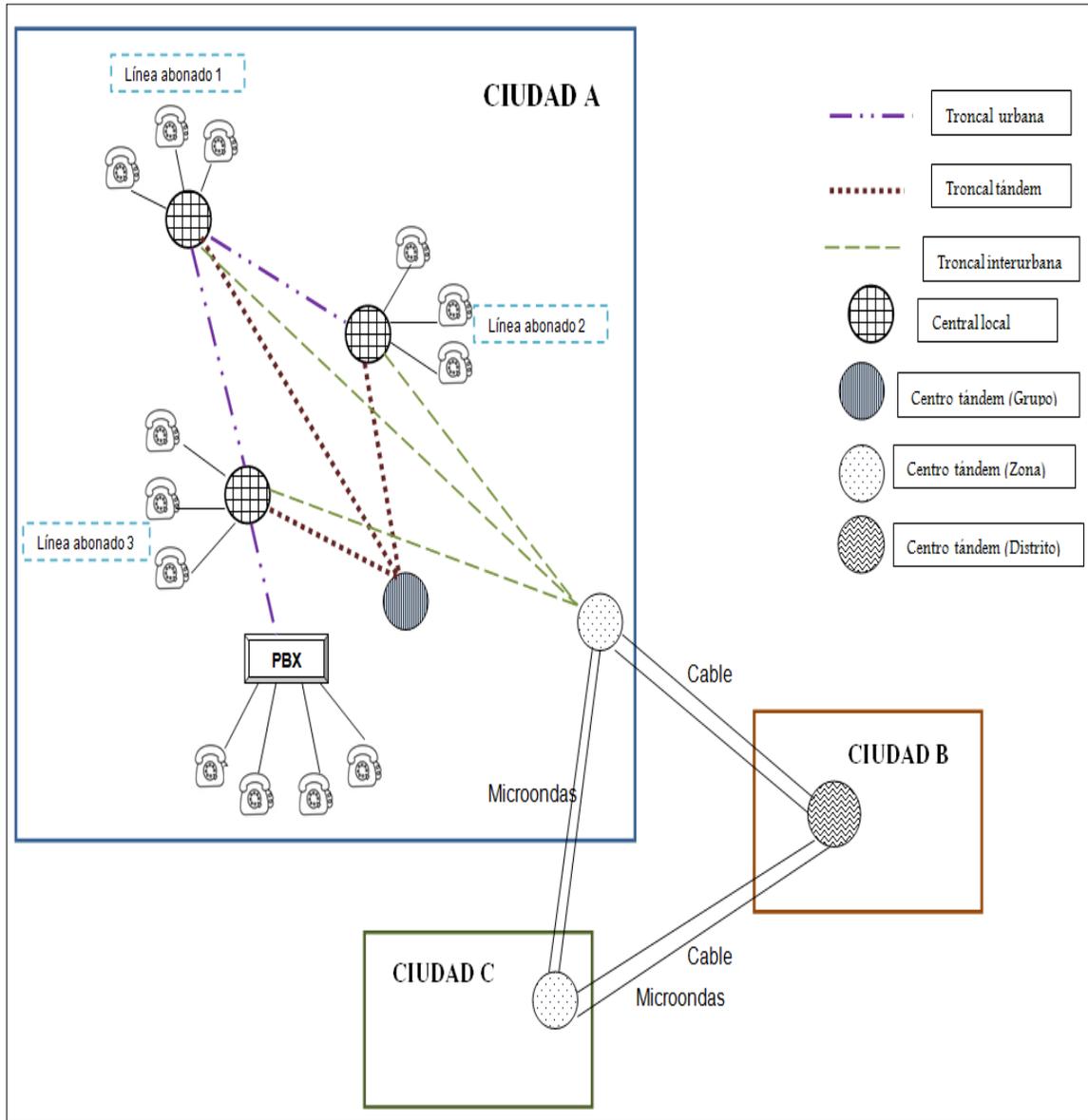


Figura 1.9. Estructura de la PSTN (Elaboración propia, 2013)

¹⁰ Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf
http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf

1.3.4. DESVENTAJAS DEL SERVICIO PSTN

Como ya lo hemos mencionado, la red PSTN está diseñada primordialmente para transmisión de voz, desafortunadamente conforme va avanzando la tecnología se va haciendo más evidente las desventajas que acompañan a la telefonía convencional. Dentro de las principales desventajas que acompañan a la PSTN, hay que mencionar las siguientes:

- En el caso del teléfono de casa, este servicio es fijo y a diferencia del celular, el teléfono analógico no se puede cambiar de lugar, lo cual limita el espacio para movernos libremente a la hora de comunicarnos con otro usuario, para la gente que pasa la mayor parte del tiempo fuera de casa esta no es una buena opción.
- Cuando se realiza una llamada telefónica a través del sistema tradicional, se utiliza toda una línea disponible durante toda la llamada aún cuando se presenten momentos en que ninguno de los usuarios este hablando, hasta que se finalice la llamada estos recursos son liberados para poder ser usados por otros usuarios.
- El costo por llamadas a celular es más cara que a un teléfono fijo, debido a que en la actualidad el celular es más preciso a la hora de comunicarnos con alguien el costo que pagaremos por estas llamadas será más alto.
- En cuanto a los servicios que ofrece la red PSTN relativamente son nulos, pues solo ofrece la comunicación por medio de la voz y en la actualidad con el avance de la tecnología las formas de comunicarnos cada vez son más exigentes.
- Una de las principales desventajas de la red PSTN es que actualmente la calidad del servicio es muy mala, esto se debe al monopolio que se ha generado en el país y que nos deja muy pocas opciones para elegir, sin mencionar las limitantes que nos ponen en cuanto a la duración de las llamadas.

1.4. EL PAPEL QUE DESEMPEÑA LA TELEFONÍA EN MÉXICO

El servicio de telefonía se ha convertido hasta el día de hoy en el sistema de comunicación por excelencia convirtiéndose en plataforma para las nuevas tecnologías, cabe mencionar que es el principal rubro del sector de las telecomunicaciones que mantiene gran poder en el país. Sin embargo el servicio brindado en el país deja mucho que desear, pues lejos de ayudar está afectando seriamente la economía de los consumidores, el desempeño y conducta de las empresas que predominan en este mercado están muy lejos de ser satisfactorios, sobre todo en lo que a precios, servicio y cobertura se refiere.

En contraste, los beneficios obtenidos por las empresas, principalmente las que tienen mayor cobertura es muy tentador obteniendo múltiples ganancias, lo que nos viene a confirmar que la industria telefónica en México es muy prometedora. La evolución de la telefonía en México es consecuencia de la inversión de los recursos en las telecomunicaciones dando como resultado 24 mil 739 millones de dólares.

En la figura 1.10 se puede observar con claridad que en el periodo de 2010-2011 hubo un fuerte crecimiento en las inversiones, para el año del 2012 bajó, pero sigue estando muy por encima de los años 2002-2009.

AÑO	1 	2 	3 
	Servicio de telefonía local y larga distancia	Telefonía móvil	Televisión restringida
2002	1610.2	1017.2	191.4
2003	1555.5	932.7	216.9
2004	1804.9	1366.0	277.8
2005	1772.9	1173.8	340.9
2006	2012.0	746.5	418.2
2007	1747.0	771.3	426.4
2008	1422.1	1235.3	693.7
2009	1077.0	1022.8	599.0
2010	1398.9	2835.5	1091.8
2011	1628.2	1800.9	870.6
2012	1311.3	1459.6	850.6

1	Empresas que prestan servicios de telefonía local alámbrica e inalámbrica, reportan inversiones en forma total
2	Incluye Telcel, Grupo Telefónica, Iusacell y Unefon, reportan inversiones en forma total
3	Empresas que prestan servicios de televisión por cable, reportan inversiones en forma total

Fuente: COFETEL, con información proporcionada por las empresas

Figura 1.10. Inversiones en las telecomunicaciones (Elaboración propia, 2013)

México continúa creciendo en cuanto a los servicios de telefonía, sin embargo en los comparativos internacionales seguimos estando en los últimos lugares de calidad y servicio, pues no se han cumplido todavía con las expectativas planteadas para una economía como la nuestra.

Basándonos en informes detallados de la COFETEL¹¹ en la figura 1.11, podemos observar que la telefonía móvil está superando a la telefonía convencional o fija manteniendo una tasa de crecimiento significativo, pero no ha superado los niveles registrados hace años cuando se empezó a adoptar este servicio, es decir, llegó a su estabilidad.

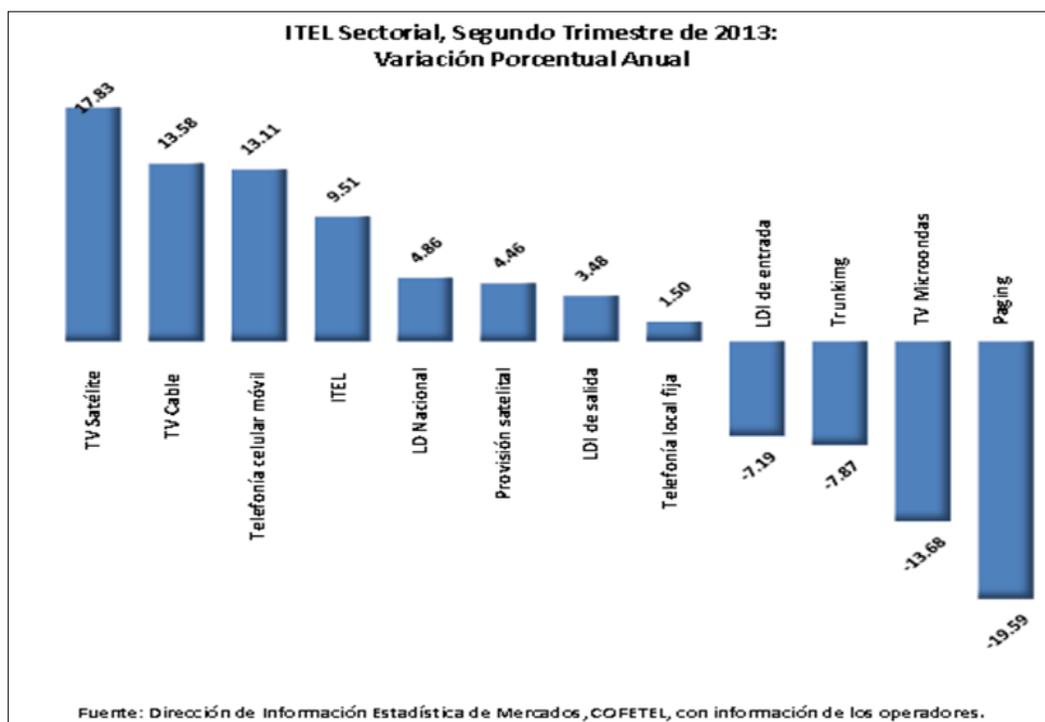


Figura 1.11. Índice de producción del sector de telecomunicaciones (Cofetel, 2013)

En cuanto a telefonía fija, observamos que en el segundo trimestre del 2013 disminuyó considerablemente el número de usuarios (véase figura 1.12) atribuido al mal servicio brindado por estas empresas y que en la actualidad hay otras alternativas de comunicación más económicas e interactivas.

¹¹ COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones): órgano administrativo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes encargado de regular, promover y supervisar el desarrollo eficiente y la cobertura amplia de las telecomunicaciones y la radiodifusión en México.

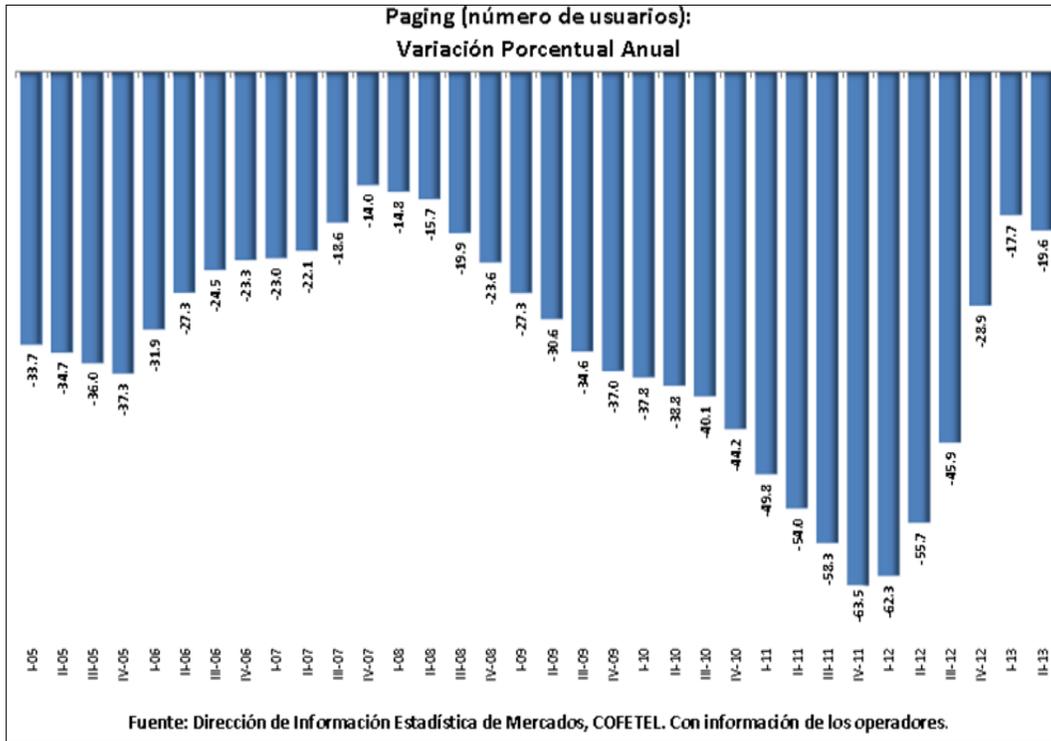


Figura 1.12. Número de usuarios de telefonía fija (Cofetel, 2013)

Según la ITEL reportó que en el primer trimestre de 2013 se sumaron 20.58 millones de líneas fijas, con un aumento de 3.0% anual gracias al servicio que ofrecen proveedores alternativos de telefonía fija, en general la cobertura de telefonía fija en el mercado se ubicó en 17.14 líneas por cada 100 habitantes.

Con la información anterior se puede concluir que la necesidad del ser humano de comunicarse sigue siendo un factor primordial, como consecuencia de esto las telecomunicaciones forman una pieza primordial en la vida cotidiana de los mexicanos, si algo es seguro es que las comunicaciones van de la mano con la evolución de la tecnología en México, sin embargo en el caso específico de la telefonía, el país está atravesando por un severo retraso en la infraestructura de esta como consecuencia de los monopolios que se han generado.¹²

¹² Fuente: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>
<http://www.oecd.org>
<http://siemt.cft.gob.mx>

1.4.1. PRINCIPALES COMPAÑÍAS EN MÉXICO Y SU IMPACTO ECONÓMICO

En México los monopolios que se han generado han hecho que el servicio de telefonía y sus precios dependan de unos cuantos, para poder entender el impacto que ha tenido esto en el desarrollo de la telefonía en nuestro país es necesario entender quién es el líder de este mercado.

Actualmente la mayor parte de la población cuenta con el servicio de telefonía, según fuentes del INEGI¹³, véase figura 1.3, hasta el año 2012 el porcentaje de la población con teléfono es el siguiente:

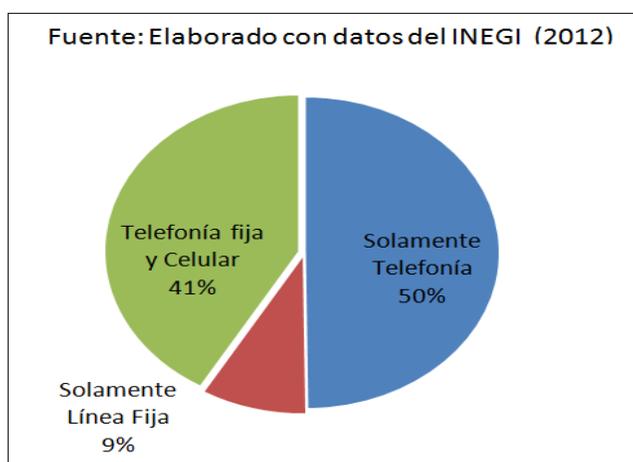


Figura 1.13. Hogares con teléfono (Elaboración propia, 2013)

Según datos de la COFETEL actualmente 87 de cada 100 mexicanos cuentan con algún teléfono ya sea fijo o móvil, esto quiere decir que en la mayoría de los hogares en México tienen acceso a las comunicaciones, para comprobar el impacto de las empresas de telefonía en el país es necesario saber cuál de estas dominan el sector.

El IPC (Índice de Precios y Cotizaciones) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) es el indicador principal que nos informa del rendimiento del mercado accionario mexicano basándose en las variaciones de precios de los servicios, este puede variar durante el año, mediante el IPC la Bolsa Mexicana de Valores selecciona a las 35 empresas con mayor influencia en el país, es decir aquellas que dominan el mercado dentro de su sector, hay que mencionar que cada 6 meses se les hace una evaluación para saber si siguen conservando su lugar en esta lista.

¹³ Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Fuente: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/pperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>

<http://www.oecd.org>

<http://siemt.cft.gob.mx>

En la figura 1.14 se puede apreciar las empresas que actualmente forman parte del IPC en México a partir de septiembre del 2012 a Agosto del 2013.

SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE
1. AMXL	América Móvil	19. MFRISCO A-1	Mínera Frisco
2. WALMEXV	Walmex	20. LAB B	Genomma Lab Internacional
3. FEMSA UBD	Fomento Económico Mexicano	21. COMPARC *	Banco Compartamos
4. GMEXICO B	Grupo México	22. GAP B	Grupo Aeroportuario del Pacífico
5. TLEVISA CPO	Grupo Televisa	23. ASUR B	Grupo Aeroportuario del Sureste
6. GFNORTE O	Grupo Financiero Banorte	24. ICA *	Empresas ICA
7. CEMEX CPO	Cemex	25. ICH B	Industrias Ch
8. ALFA A	Grupo Alfa	26. ALPEKA	Alpek
9. PE&OLES *	Industrias Peñoles	27. BOLSA A	Bolsa Mexicana de Valores
10. KOFL	Coca Cola Femsa	28. OHLMEX *	OHL México
11. GFINBUR O	Grupo Financiero Inbursa	29. AZTECA CPO	TV Azteca
12. GMODELOC	Grupo Modelo	30. GEO B	Corporacion GEO
13. MEXCHEM	Mexichem	31. ALSEA *	Controladora Alsea
14. KIMBERA	Kimberly-Clark	32. HOMEX *	Desarrolladora Homex
15. AC	Arca Continental	33. GRUMA B	Grupo Maseca
16. BIMBO A	Grupo Bimbo	34. CHDRAUI B	Grupo comercial Chedraui
17. ELEKTRA	Grupo Elektra	35. URBI	Urbi Desarrollos Urbanos
18. LIVEPOL C-1	El Puerto de Liverpool		

Figura 1.14. Listado de empresas del IPC de la BMV (Elaboración propia, 2013)

Se puede decir que América Móvil ¹⁴ es el proveedor líder de los servicios de comunicación en México, con su dúo dominante de la telefonía fija y celular conformado por el consorcio Telmex-Telcel, América Móvil sigue siendo el consorcio con mayor poder en el mercado que actualmente está incursionando en la televisión de paga con Dish (véase figura 1.15), consolidándose como la empresa con mayor peso dentro del IPC y su principal accionista es el ingeniero Carlos Slim Helú.

¹⁴ América Móvil: Empresa Mexicana de telecomunicaciones, que tiene presencia en 18 países de América Latina, actualmente es la cuarta empresa más grande e importante en el mundo.

Fuente: <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>

<http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>



Figura 1.15. Participación en el mercado

Como ya se sabe México se caracteriza por los altos precios en el sector de comunicaciones, colocándose entre los más elevados de la OCDE¹⁵ dando como resultado que la penetración en el país de los servicios de comunicación tanto fijos como móviles es de las menores de la organización.

El escaso desarrollo de la infraestructura de las telecomunicaciones en México se debe a la gran falta de competitividad existente en el mercado, pues el monopolio Telmex-Telcel no ha permitido que nuevas empresas fluyan, a pesar de esto las empresas que han logrado sobresalir después de Telmex son los de la figura 1.16

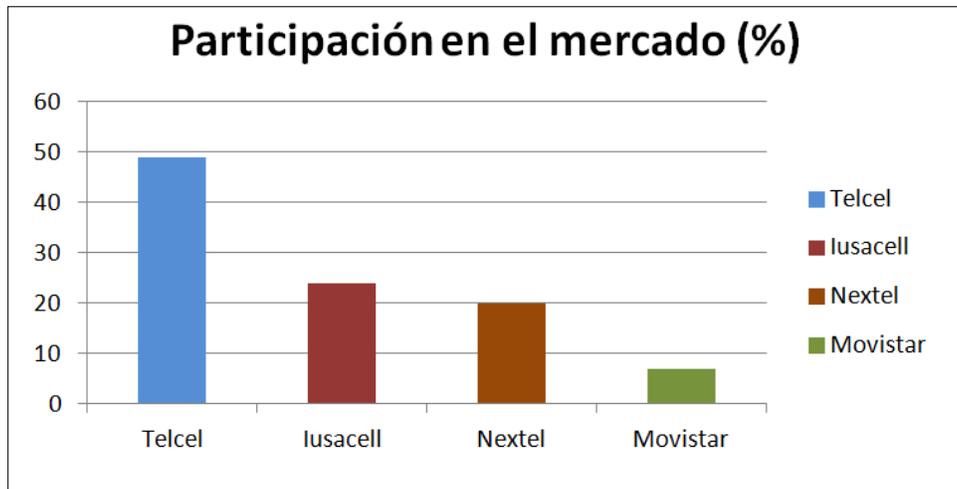


Figura 1.16. Participación en el mercado de telefonía móvil (2011-2013)

¹⁵ Organización para la Comunicación y el Desarrollo Económico

Como el mayor operador de telefonía celular en el país (Telcel) está bajo el mando de los mismos socios de la telefonía convencional, nos trae como consecuencia que este consorcio posea la mayor concentración industrial en el país (véase figura 1.15) convirtiéndole en el único con capacidad de influir sobre la oferta y precios de servicios de telefonía ofrecidos, al ser los únicos con esta capacidad, las consecuencias repercuten severamente en la economía del país.

En cuanto a telefonía Fija las empresas que participan en este rubro son: Telmex, Axtel, Megacable y Maxcom, la ineficiente infraestructura de las comunicaciones y la escasa competencia dentro de este mercado han costado a los consumidores mexicanos el equivalente a 129,000 millones de dólares en pérdida de bienestar entre 2005 y 2009, según reporta la OCDE repercutiendo en el bienestar social de los mexicanos, pues debido a las altas tarifas en servicios de telefonía el sector de clase media-alta de la sociedad paga cargos excesivos por utilizar dichos servicios, mientras que otros no pueden contratarlos.¹⁶

OPERADOR	Telefonía fija	Telefonía móvil	TV de Paga	Internet (fijo)	Ingresos totales por participación en Mercado
America movil (telmex-telcel)					
Participación de mercado	79.6 %	70%		74%	66%
Participación de ingreso	79.9 %	69.2%		66%	
Telefónica					
Participación del mercado	2.4%	21.8%			7.1%
Participación de ingreso	1.9%	12.3%			
Televisa					
Participación de mercado	2.1%		48.9%	6.0%	5.7%
Participación de ingreso	1.4%				
Nextel					
Participación de mercado	3.8%				7.2%
Participación de ingreso	13.5%				
Iusacell					
Participación de mercado		4.4%			2.7%
Participación de ingreso		5.0%			
Dish			16.6%		
Otros					
Participación de mercado	15.9%		33.6%	20.0%	11.3%
Participación de ingresos	16.8%			28.0%	
Total	19.6	91.3	10.2	11.4	27000
	Millones de líneas	Millones de suscriptores	Millones de suscriptores	Millones de suscriptores	Millones de dólares

Fuente: Basado en información hecha por la OCDE e informes de empresas

Figura 1.17. Participación de operadores de comunicaciones en México (mayo del 2011)

¹⁶ Fuente: <http://www.inegi.org.mx/>
<http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>
<http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>

En la figura 1.17 se observa que América Móvil era el líder en cuanto a cobertura de mercado y ganancias en el 2011, según datos recientes de la OCDE¹⁷ la disminución de América Móvil en el país va disminuyendo, sin embargo sigue siendo el mayor dominante de este mercado.

La OCDE señala como único culpable del freno a la evolución y competitividad de las comunicaciones en el país a América Móvil (Telmex-Telcel) pues tiene una conducta poco flexible en cuanto a sus servicios mediocres y el costo excesivo de estos, sumándole a esto el gran poder que posee en el mercado, lo que los ha hecho ganar millones de dólares.

Está comprobado que en países en pleno desarrollo como México el tener acceso a los servicios de telefonía e internet son un motor importante para el crecimiento del país marcando la diferencia, lamentablemente en México la mayor parte de la población es rural y está en condiciones de pobreza extrema, esto podría cambiar mejorando su nivel socioeconómico si cualquiera tuviera acceso a estos servicios.

Urge tomar medidas drásticas para que el país evolucione en cuanto a telecomunicaciones se refiere, se necesita una reforma en el sector de las comunicaciones que favorezca la competencia, la inversión e impulse el crecimiento económico de México, también es necesario permitir la inversión extranjera.

1.5. REFORMA EN TELECOMUNICACIONES 2013. ¿QUIÉNES SON BENEFICIADOS?

El 25 de abril del 2013 fue aprobada la reforma en telecomunicaciones con el fin de construir mejores condiciones de competencia para tener más y mejor calidad en los servicios. Es necesario analizar un poco más a fondo la reforma propuesta en Telecomunicaciones del año 2013 para poder entender cada uno de los cambios que vendrán con ésta, su principal objetivo es el de brindar mejores oportunidades de competencia, con esto la reforma busca que las empresas sean más competitivas y por consecuencia se obtengan mejores servicios y productos a precios justos.

Si bien es cierto que ésta reforma no es mala, tampoco nos brinda demasiados beneficios como usuarios, en este como en muchos otros se aplica la máxima atribuida a Manuel Gómez Morín¹⁸: *“Que no haya ilusos, para que no haya desilusionados”*

¹⁷ Organización para la cooperación y desarrollo económico

¹⁸ Político mexicano que fundó el Partido Acción Nacional (PAN)

Fuente: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>
<http://www.animalpolitico.com>

Empecemos por analizar las principales virtudes de esta reforma, una de las principales es que permite mayor apertura en todos los mercados y con esto se crearán mayores oportunidades de competencia, otro punto es que se creará un órgano rector, que otorgará y revocará concesiones de la misma forma que sancionara a quienes infrinjan la ley con el fin de impedir la creación de los famosos monopolios.

Se ha mencionado los múltiples beneficios en materia de competencia, precios, inversión y crecimiento económico que vendrían con la reforma, sin embargo es muy poco probable que estos famosos beneficios se vean reflejados en el país a corto o mediano plazo por razones que mencionaremos a continuación:

➤ Mayor número de competidores

Los mercados con mayor concentración en el país son los de televisión y telefonía, como ya se sabe solo determinadas empresas gobiernan estos mercados y no permiten la entrada de nuevas compañías. No se puede crear mayor competencia solo con el hecho de otorgar más concesiones, está claro que aumentaría el número de competidores, pero no quiere decir que se obtendrán mejores condiciones de competencia.

Un claro ejemplo es lo que se ve actualmente en la telefonía, pues aunque en la actualidad muchas empresas intentan competir con el gigante de América Móvil, esta última se aprovecha de su economía e infraestructura a gran escala para favorecerse, por tanto no se debe de exagerar en cuanto al número de competidores.

➤ Se debe poner en práctica la regulación

Es cierto que la competencia traerá muchos beneficios consigo siempre y cuando se lleve a cabo una buena regulación, empecemos por mencionar la famosa creación de una nueva instancia llamada IFETEL¹⁹ que sustituiría a la COFETEL²⁰ justo cuando esta última está actuando correctamente adoptando medidas de suma importancia para beneficio de los consumidores, es un poco absurdo que se pretenda empezar desde cero con un nuevo órgano que no cuenta con la experiencia requerida, sería mejor reformar a la COFETEL para que llegase a ser autónoma y brinde mejores beneficios.

¹⁹ IFETEL: Instituto Federal de Telecomunicaciones

²⁰ COFETEL [11]

Fuente: www.animalpolitico.com

➤ Las Empresas con mayor peso

En la reforma se establece que el IFETEL tiene un plazo de 180 días para identificar a los agentes que tengan mayor peso en este sector, posteriormente establece una regulación para este, basándose en un criterio “objetivo” se determinará que un agente es preponderante si cuenta de manera directa o indirecta con una participación superior al 50% del total nacional de la prestación de servicios de radiodifusiones o telecomunicaciones, aquí solo hay un afectado.

Tomando en cuenta el criterio del 50 % nos hace suponer que esta medida tiene un fin más político que económico, pues parece tener un destinatario específico: las empresas de Carlos Slim, si revisamos el gráfico pasado (véase figura 1.17) la única afectada es América Móvil, mientras que Televisa no se verá afectada de ninguna forma. Otro golpe bajo para el millonario Slim es la decisión de que todos los canales de televisión abierta serán gratuitos para todas las empresas de televisión de paga, excepto aquellas empresas identificadas como preponderantes en las comunicaciones. De nuevo el único perjudicado es Carlos Slim, cuyas empresas serían las únicas obligadas a pagar por los canales de televisión abierta, nuevamente se está protegiendo a las televisoras que participan en la televisión de paga impidiendo la libre competencia en este mercado. Podemos concluir que la reforma tal y como está planteada hasta la fecha solo beneficia a las televisoras (principalmente a Televisa) y perjudica seriamente a América Móvil (Telmex-Telcel), lo cierto hasta ahora es que esta reforma ofrece a las televisoras la posibilidad de acceder a un nuevo y jugoso mercado, incluso igual o mejor que el de la televisión misma.

La sociedad en general está mostrando su descontento ante lo perjudicial que resulta para el país lo elevado de las tarifas y el impacto negativo que tiene en los hogares, empresas y competitividad del país, sin embargo mientras no se tenga una adecuada reforma que beneficie en primer lugar a los consumidores el país no obtendrá grandes avances en materia de Telecomunicaciones²¹.

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el servicio de telefonía va creciendo de la misma manera que lo hace la tecnología, por consecuencia los usuarios cada vez exigen más maneras de comunicación que cuenten con mejor calidad, seguridad y menor costo, obteniendo el mayor aprovechamiento posible. Actualmente no contamos con alguno de estos, debido a que lo ofrecido por la empresa más preponderante en las telecomunicaciones está lejos de ser efectivo, pues sus servicios mediocres y sus elevadas tarifas dan un duro golpe a la economía de cualquier institución que desee contratar estos servicios.

²¹ Fuente: www.animalpolitico.com

En varias empresas, la necesidad de comunicarse entre socios, usuarios o clientes de la misma compañía genera excesivos gastos si se realizan mediante algún servicio de telefonía común, así como la mala calidad del servicio debido a la cobertura de red que tenga cada compañía, sin mencionar la limitación del tiempo en cuanto a la duración de sus llamadas.

Con la implementación Voz sobre IP se busca acabar con estas situaciones y dar a conocer los beneficios que trae consigo para poder llevar a cabo la implementación de la tecnología de Voz sobre IP en cualquier institución, abordando la definición y características de ésta, con la finalidad de hacer un análisis y exponer todos los beneficios que se obtendrán con la utilización de estos recursos. (Pérez, 2013)

1.7. PROPUESTA DE SOLUCIÓN A DESARROLLAR

Con el objetivo de corregir las deficiencias que actualmente posee el servicio de telefonía en el país se analizará la implementación de voz sobre IP dentro del ámbito laboral para satisfacer las necesidades del usuario, sin que se vea afectada la economía de éste, pero teniendo como prioridad la certeza, fiabilidad y seguridad de datos.

Se llevará a cabo un análisis de la tecnología Voz sobre IP, llevando una investigación a fondo de su funcionamiento, aplicaciones, herramientas y principales características de esta. Explicaremos cada uno de sus principales componentes y su funcionamiento con el objetivo de que el usuario comprenda de manera clara y precisa las ventajas y desventajas que trae consigo la implementación de éste servicio en su red de datos.

De la misma forma se abordarán las principales características físicas y lógicas que se necesitan en una red de datos para que la tecnología funcione al máximo y obtengamos los mayores beneficios de esta. Para ello abordaremos algunos componentes propios de una red, como lo es su cableado estructurado (Switch, Router, Gateway, Firewall, etc.)

Y me serviré de algunas herramientas lógicas que usaré como apoyo para comprender la forma en que trabaja VoIP, tales como sistemas operativos, software y algunas herramientas de vitalización. Una vez entendido el tema, se abordará un ejemplo, el cual consiste en la implementación básica de la tecnología Voz sobre IP, para obtener un servicio de telefonía conocido como Telefonía IP que podrá adaptarse a una red de datos. (Pérez, 2013)

CAPÍTULO 2

Voz sobre IP

2. VOZ SOBRE IP

En la actualidad, la capacidad de poder transmitir voz sobre una red basada en el protocolo IP²² nos abre una puerta llena de grandes avances tecnológicos y la posibilidad de obtener el mayor aprovechamiento posible de los recursos ya existentes de nuestra red, sin dejar atrás los grandes beneficios que se obtendrán en la economía.

En este capítulo se realiza un estudio a fondo de la tecnología VoIP²³ para analizar todos los elementos que lo configuran y los principales beneficios que traerá consigo su implementación para poder entender que ésta tecnología cuenta con los elementos necesarios para su rápido desarrollo.

Antes de que se diera a conocer VoIP como una tecnología revolucionaria la telefonía fija se mostraba como una industria consolidada dentro de un sector muy competitivo, del cual se pensaba que seguiría siendo el líder por excelencia.

Sin embargo, el reciente protagonismo adquirido por la tecnología VoIP ha puesto al descubierto las evidentes carencias con las que cuenta el servicio de telefonía fija en el país. Se cree que durante la próxima década la conectividad IP alcanzará una penetración en el sector comparable al enchufe de electricidad en el hogar o la empresa.

2.1. DEFINICIÓN DE VOZ SOBRE IP

Voz sobre IP (VoIP) viene de las palabras en inglés Voice Over Internet Protocol y son el conjunto de normas, dispositivos y protocolos necesarios para lograr la transmisión de voz mediante una red de datos sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados convencionales de la PSTN.

Esta nueva tecnología es la alternativa más demandada en los últimos años debido a los avanzados servicios que nos puede ofrecer, por esta razón podría ser usada para reemplazar a la telefonía tradicional, principalmente en un entorno empresarial, pues ésta utiliza redes de datos existentes aprovechando el ancho de banda ofrecido y su cableado para disminuir considerablemente los costos, incluso poder reducirlos a cero.

²² IP.- Protocolo de Internet

²³ VoIP.- Voz sobre IP

Fuente.- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

2.1.1. DIFERENCIA ENTRE TELEFONÍA IP Y VOIP

Es importante dejar claro qué es la Telefonía IP y VoIP, para entender a cada uno empezaremos por decir que la tecnología VoIP en definitiva es aquella que permite comunicar voz sobre el protocolo IP. En el caso de la Telefonía IP, este es el servicio telefónico disponible al público realizado con tecnología de VoIP, dicho de otra forma es una aplicación inmediata de la tecnología VoIP que nos permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias mediante una red de datos, de forma general se refiere a servicios de comunicación (tales como voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz) que se transportan mediante redes IP, normalmente internet en lugar de ser transportados en la red de telefonía convencional. Por lo tanto podemos referirnos a la Telefonía IP y Tecnología VoIP como lo mismo, pues aunque la primera es una aplicación inmediata de la segunda ambos trabajan del mismo modo.

2.2. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE VOZ SOBRE IP

En general la tecnología VoIP envía la señal de voz en forma digital, es decir, es la encargada de convertir las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos para posteriormente ser transportados a través de una red de datos con la finalidad de lograr una convergencia²⁴. Para que la señal de voz pueda ser procesada digitalmente es necesario convertirla en una señal que sea discreta en tiempo y amplitud, de esto se encarga VoIP, en la figura 2.1 observamos de forma general como funciona esta tecnología.

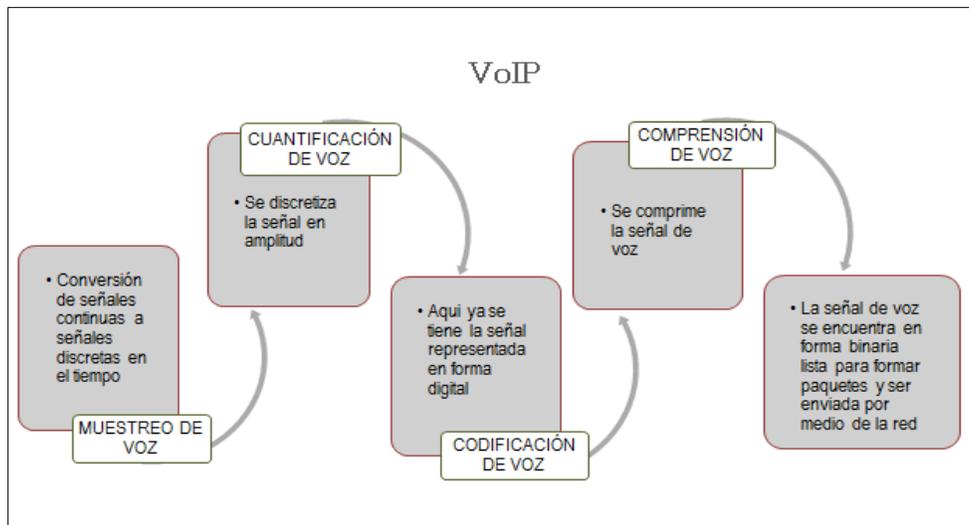


Figura 2.1. Funcionamiento de VoIP (Elaboración propia, 2013)

²⁴ Por convergencia nos referimos a una red la cual cuenta con una gestión integrada de todos los servicios, es decir, una red de banda ancha capaz de soportar todos y cada uno de los servicios necesarios.

Una vez que se tiene la señal de voz en paquetes, éstos últimos serán enviados a su destino mediante la red IP, como éstos paquetes se envían mediante un ancho de banda y no hay ningún tipo de prioridad sobre éstos últimos, la calidad de sonido es baja ya que se puede producir pérdida de paquetes e incluso elevada latencia. En general, las funciones básicas que debe realizar VoIP son las siguientes:

- Digitalización de la voz.
- Paquetización de la voz.
- Enrutamiento de paquetes.

2.3. CÓDECS

Como ya se mencionó, VoIP funciona digitalizando la voz en paquetes de datos, este proceso de convertir ondas analógicas en información digital se hace por medio de un codificador-decodificador (CÓDEC) donde la señal análoga del teléfono es digitalizada en señales PCM.²⁵ Las muestras PCM pasan por el algoritmo de compresión, el cuál comprime la voz y la fracciona en paquetes que pueden ser transmitidos en la red WAN²⁶. Al otro extremo del canal de comunicación se realiza el proceso inverso. Existen diferentes tipos de niveles de muestreo en VoIP dependiendo del códec que se utilice:

- 64.000 veces por segundo.
- 32.000 veces por segundo.
- 8.000 veces por segundo.

El uso de los códecs nos puede ayudar a reducir el número de bits por conversación de voz, traduciéndose en un mayor número de llamadas simultáneamente con un ancho de banda finito. La compresión tiene como objetivo eliminar la redundancia de los datos que son enviados. Usualmente entre más comprimida sea la señal de voz más recursos usará el DSP²⁷, por lo que estos códecs se clasifican por su complejidad, a continuación mencionaremos algunos:

- ITU G711

Este códec se encuentra en todas las aplicaciones, equipos y protocolos VoIP, también conocido como PCM, éste códec muestrea la señal de voz a una frecuencia de 8 000 muestras por segundo.

²⁵ PCM (Pulse Code Modulation): procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits

²⁶ WAN.- Red de área amplia

²⁷ DSP.- Procesador de señal digital

Una llamada telefónica requiere 64 Kbps en el cable. De acuerdo al teorema de muestreo de Nyquist tendremos 8 000 muestras de voz cada segundo. Cada muestra es de 8 bits; por lo que al multiplicar 8 000 x 8, obtendremos 64 Kbps, lo que significa que G.711 no usa compresión y es la alternativa cuando existe suficiente ancho de banda.

➤ ITU G729

Éste permite la colocación de más llamadas en un limitado ancho de banda para utilizar voz dentro de IP en una manera más rentable, el códec permite una compresión de voz que sólo requiere de 8 Kbps por llamada en vez de los 64 Kbps requeridos por el G.711, lo cual significa que se podrían hacer ocho llamadas en el espacio de una que estuviera usando G.711, lo que sería bueno para compensar el despliegue de VoIP en un enlace WAN de poca rapidez.

➤ Otros Códec

Existen diversos estándares de la ITU²⁸ que explican los algoritmos y esquemas de codificación utilizados en cada uno de ellos, unos más complejos que otros, existen algunos otros códec importantes como el G 726, G722, G728, G723.1 entre otros. En la tabla 2.1 podemos observar las características de los códec.²⁹

Codec	Bandwidth	Sample period	Frame size	Frames/ packet	Ethernet Bandwidth
G.711 (PCM)	64 kbps	20 ms	160	1	95.2 kbps
G.723.1A (ACELP)	5.3 kbps	30 ms	20	1	26.1 kbps
G.723.1A (MP-MLQ)	6.4 kbps	30 ms	24	1	27.2 kbps
G.726 (ADPCM)	32 kbps	20 ms	80	1	63.2 kbps
G.728 (LD-CELP)	16 kbps	2.5 ms	5	4	78.4 kbps
G.729a (CS-CELP)	8 kbps	10 ms	10	2	39.2 kbps
AMR (ACELP)	4.75 kbps	20 ms	12	1	36.0 kbps
AMR (ACELP)	7.4 kbps	20 ms	19	1	38.8 kbps
AMR (ACELP)	12.2 kbps	20 ms	31	1	43.6 kbps
AMR-WB/G.722.2 (ACELP)	6.6 kbps	20 ms	17	1	38.0 kbps

Tabla 2.1. Características de los códec (Fuente: <http://www.newport-networks.com>)

²⁸ ITU.- Unión Internacional de Telecomunicaciones, organismo especializado de las telecomunicaciones de la organización de las Naciones Unidas que se encarga de regular las telecomunicaciones a nivel internacional, este contiene un amplio conjunto de documentos denominados "recomendaciones"

²⁹ Fuente: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>

2.4. PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES VOIP

En la actualidad las redes IP en las cuales se basa internet no ofrecen la garantía de la calidad de servicio, por esta razón los distintos protocolos empleados en las comunicaciones VoIP para el envío de los paquetes de datos deben ser tolerables a las posibles pérdidas o retrasos de información que surjan. Actualmente hay varios protocolos que podemos clasificar en dos tipos: señalización y transporte que hacen posible el correcto funcionamiento de la tecnología VoIP.

- Transporte.- estos protocolos trabajan en el cuarto nivel del modelo OSI, son los encargados de la transferencia de datos libre de errores entre un emisor y un receptor, estos protocolos son:
 - UDP y TCP

- Señalización.- estos protocolos tienen un mecanismo de conexión que abarca una serie de transacciones de señalización entre terminales que cargan dos flujos de audio para cada dirección de la conversación, estos protocolos son:
 - H.323, SIP
 - MGCP, Megaco
 - IAX (usado por Asterisk)

2.4.1. PROTOCOLO IP

Este protocolo es la base fundamental de internet, ya que define una red de comunicación de paquetes de la fuente al destino, este protocolo se encarga de fragmentar la información en paquetes o datagramas³⁰ para ser enviado a su destino, a cada paquete de datos se le agrega una cabecera con la información necesaria para el ruteo, esta última está dividida en niveles como se muestra en la figura 2.2. Durante su transmisión se puede partir un datagrama en fragmentos que se montan de nuevo en el destino. Las principales características de este protocolo son:

- a) Protocolo no orientado a conexión.- significa que los paquetes de información son tratados de forma independiente, es decir, pueden viajar por diferentes trayectorias para llegar a su destino.

³⁰ Un datagrama es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información para que la red pueda encaminar el fragmento hacia el ordenador receptor.

Fuente.- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

- b) No fiable.- este protocolo no garantiza la recepción del paquete.
- c) Direccionamiento mediante direcciones lógicas IP de 32 bits.
- d) Tamaño máximo del paquete es 65635 bytes.
- e) No detecta ni corrige errores.

CABECERA IP																															
BITS																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Versión				Tamaño				Tipo de				Longitud																			
				Cabecera				Servicio				Total																			
Identificador																Flags		Posición de													
																		Fragmento													
Time To Live								Protocolo								Suma de control de cabecera															
(TTL)																(Checksum)															
Dirección IP de origen (32 bits)																															
Dirección IP destino (32 bits)																															
Opciones																								Relleno							
(longitud variable)																								(longitud Variable)							

Figura 2.2. Componentes de la cabecera IP (Elaboración propia, 2013)

En términos generales, este protocolo no garantiza que los paquetes lleguen a su destino final, pero tratará de buscar la mejor ruta posible entre las conocidas por la máquina que esté usando IP, este protocolo es utilizado a nivel mundial para conectarse a internet pues este es compatible con las herramientas estándar para analizar el funcionamiento de la red.

2.4.2. PROTOCOLO UDP

UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario) es un protocolo no orientado a conexión que proporciona muy pocos servicios de recuperación de errores que permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. UDP no admite numeración de los datagramas, factor que, sumado a que tampoco utiliza señales de confirmación de entrega, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros. UDP no garantiza que un paquete llegue a su destino.

Su uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS³¹ y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

UDP es generalmente el protocolo usado en la transmisión de vídeo y voz a través de una red. Esto es porque no hay tiempo para enviar de nuevo paquetes perdidos cuando se está escuchando a alguien o viendo un vídeo en tiempo real. Resulta más importante transmitir con velocidad que garantizar el hecho de que lleguen absolutamente todos los bytes.

2.4.3. PROTOCOLO TCP

TCP (Protocolo de control de Transmisión) es un protocolo orientado a conexión, garantiza que los datos serán entregados a su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron, proporcionando un servicio de transporte de datos con grandes beneficios:

- Fiabilidad

Diseñado para recuperarse ante situaciones de corrupción, pérdida, duplicación o desorden de datos que puedan generarse durante el proceso de comunicación utilizando números de secuencia, ACK y retransmisiones.

- Control de Flujo

En vez de obligar al emisor a retrasar la emisión de cada nuevo paquete hasta que se recibe el ACK del paquete anterior, TCP aprovecha mejor el ancho de banda permitiendo retransmitir un número de paquetes antes de que llegue el ACK correspondiente. Con esto se consigue una transmisión eficiente y un control de flujo que permite al receptor restringir el número de octetos que pueda recibir en cada momento.

- Orientación a conexión

Los mecanismos que utiliza TCP requieren que el protocolo inicialice y mantenga cierta información sobre el estado del flujo de datos. La combinación de toda esta información recibe el nombre de conexión.

³¹ DHCP.- Protocolo de configuración de host dinámico

DNS.- Sistema de nombres de dominio

BOOTP.- Protocolo de red UDP, utilizado por los clientes para obtener su dirección IP automáticamente.

➤ Multiplexación

Esto permite que varios procesos de una misma máquina utilicen simultáneamente el servicio que ofrece TCP, estos se diferencian dentro de la misma máquina por el valor del puerto asignado. La asignación de puertos a procesos es manejada de forma independiente por cada máquina. No obstante, es muy común asignar números de puerto universalmente conocidos a algunos servidores de aplicaciones estándar sobre TCP.

2.4.4. PROTOCOLO RTP

Es el protocolo de transporte en tiempo real, creado por la IETF³² para la entrega unicast y multicast de voz y video, por lo general el protocolo de transporte que RTP utiliza es UDP³³, aunque se podría pensar que este último no es muy confiable, es la mejor opción para transportar este tipo de datos. Es decir, suponiendo que se desea retransmitir un paquete de voz perdido, al hacerlo (suponiendo que el paquete alcanzara su destino) el sonido contenido no tendría sentido pues estaría siendo entregado fuera de tiempo.

RTP por medio de su encabezado tiene un campo llamado “timestap” el cual pone en cada paquete de voz digitalizada, este cumple la función de ayudar o corregir el problema de retardo de llegada.

2.4.5. ESTÁNDAR H.323

Estándar de la unión internacional de las telecomunicaciones ITU³⁴ aprobado en 1996, este es el encargado de definir el modo de interactuar de varios protocolos entre sí, debido a que este estándar cubre con la mayor parte de las necesidades requeridas para integrar la voz en redes IP se tomó la decisión que fuera la base de la tecnología VoIP. Su principal objetivo es fungir como un estándar para las comunicaciones multimedia sobre las redes que no aseguran calidad de servicio (QoS), éste estándar contiene varias características que lo hacen importante, a continuación mencionaremos algunas:

- a) Estandarización de los protocolos, con ésto se brindan las mismas posibilidades de evolucionar a los distintos fabricantes.

³² IETF.- Grupo de trabajo de ingeniería de internet

³³ UDP: Servicio basado en el mejor esfuerzo que no intenta retransmitir ni ordenar paquetes a comparación de TCP.

³⁴ ITU [28]

Fuente.- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

- b) Como está soportada sobre IP, es muy independiente de la red física sobre la cual trabaja permitiendo la integración de las redes IP actuales.
- c) Como posee su propia estructura es independiente del hardware, permitiendo adaptarse a los ordenadores actuales, pero también se desarrolla hardware específico para esta (telefonía IP, consola para videoconferencia, etc.).
- d) Este estándar puede ser aplicado a diversas funcionalidades básicas como el audio (telefonía IP), audio y video (videoconferencia), audio y datos.

2.4.5.1. ARQUITECTURA DE H.323

Su arquitectura se compone de cuatro dispositivos lógicos, los cuales al estar conectados juntos proporcionan los servicios de comunicación multimedia punto a punto (P2P³⁵) o punto a multipunto, a continuación se explica la función de cada uno de ellos.

➤ Terminales

Estas terminales son los puntos finales, es decir, serían el equivalente a los teléfonos actuales, su principal funcionamiento es el de realizar el tratamiento necesario (captación, digitalización y comprensión) de la señal para su correcto envío por la red de datos, proporcionando una comunicación bidireccional con otra terminal H.323, cabe mencionar que cada una de estas terminales debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y video o voz datos y video.

➤ Gateway (GW)

Es un elemento esencial en la gran mayoría de las redes, es el encargado de conectar una red VoIP con una red no VoIP (PSTN) realizando la función de traductor. El GW³⁶ se encarga de la traducción de diversos formatos de la transmisión, los gateways H.323 se usan en entornos en los que se necesita salida a la telefonía convencional o para comunicar diferentes redes con otros gateways usando los protocolos H.245 y Q.931 como se puede observar en la figura 2.3.

³⁵ Peer to peer: se refiere a las redes en la que todos o algunos de sus aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, es decir, actúan como clientes y servidores. Este tipo de redes P2P permiten el intercambio de información entre los ordenadores interconectados en cualquier formato

³⁶ Gateway.-Equipo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas completamente diferentes.

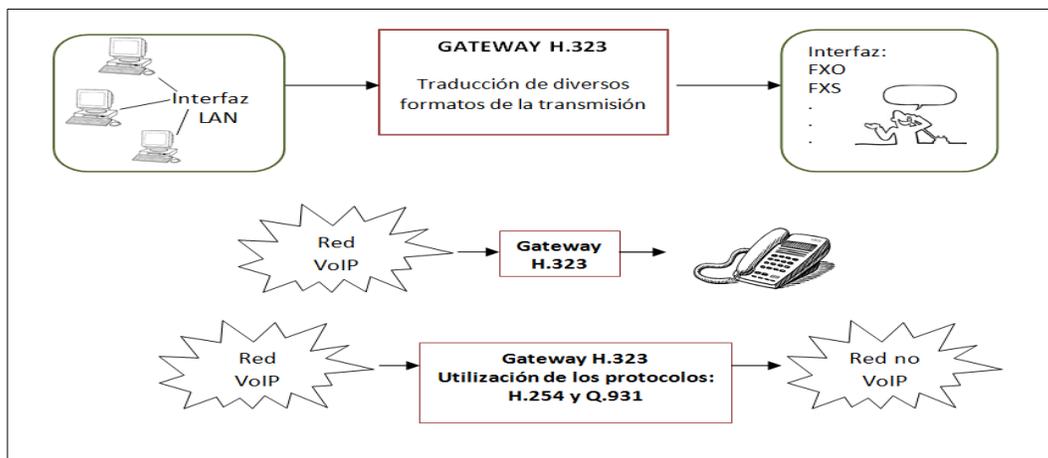


Figura 2.3. Funcionamiento de un gateway H.323 (Elaboración propia, 2013)

➤ Gatekeeper (GK)

Se podría considerar como el punto central de la topología de una red H.323, su función principal es la de control y gestión de los recursos de la red, es decir:

- Traducción de direcciones.- Se traducen direcciones "alias" a direcciones de transporte usando una tabla de traducción actualizada mediante los mensajes de registro.
- Control de admisión: pueden ofrecer o denegar acceso basándose en políticas de autorización, en las direcciones origen y destino o cualquier otro criterio.
- Autorización de llamada.- Usando la señalización H.225, el GK es capaz de rechazar la llamada si la terminal origen o destino posee algún tipo de restricción por período de tiempo o por destino.
- Administración del ancho de banda.- Gracias al protocolo H.225, el GK es capaz de rechazar la llamada si la terminal origen o destino poseen algún tipo de restricción por período de tiempo o por destino, con esto es posible controlar el número de terminales H.323 que tienen acceso permitido a la red.

También puede denegar llamadas por falta de ancho de banda, con esto evitar problemas de congestión en la red que pudieran afectar la calidad del servicio.

- Administración de llamadas.- El GK mantiene una lista de las llamadas H.323 entrantes y salientes. Se usa para conocer el estado de cada terminal y recoger información para la función de administración del ancho de banda.

- Realiza la conversión de números de teléfono estándar a direcciones nativas, fundamental cuando se realiza la comunicación con la red PST.N

En términos generales el Gatekeeper define el concepto de zona H.323³⁷, es decir, toda terminal antes de realizar una llamada debe de consultar con el gatekeeper si ésta es posible, una vez que obtiene el permiso, el GK es quien realiza la translación entre el identificador de usuario destino y la dirección IP equivalente, una vez lograda la comunicación entre las terminales la tarea del GK concluyó y se reparte la carga del sistema entre las terminales.

De esta manera el GK mantiene un control de todo el tráfico generado en la red, y apoyándose en el control del ancho de banda puede fijar un límite de autorización y de ser necesario rechazar llamadas internas o externas. Al ser el gatekeeper un elemento tan importante e imprescindible en las comunicaciones de VoIP, el estándar H.323 tiene que ser capaz de asegurar la redundancia para estos elementos, es por eso que se cuenta con los *Alternate Gatekeepers*, que son una lista de los gatekeepers secundarios que dispone cada terminal en caso de la caída del gatekeeper principal, para que en ningún momento se carezca de la información de direccionamiento.

➤ Unidad de Control Multipunto (MCU)

Es el encargado de dar soporte a las conferencias entre tres o más puntos finales permitiendo la comunicación multipunto, los MCUs se dividen en dos partes:

- Controlador multipunto (MC): proporciona la capacidad de negociación y control de los miembros del grupo y lo logra transmitiendo información de los códecs soportados por las distintas terminales para poder así negociar los códecs de audio y vídeo utilizados durante la conferencia.
- Procesador multipunto (MP): pueden haber cero o varios de éstos, se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos), conmutarán y procesarán los flujos de datos en tiempo real.

³⁷ Una zona H.323 es el conjunto de MCUs, gateways y terminales administrados por un único Gatekeeper, en varios casos puede haber en una zona Gatekeepers secundarios por si el gatekeeper primario fallara.

Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>
<http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/articulos/protocolssenalizacion.pdf>.

A continuación en la figura 2.4 podemos observar qué componentes integran la arquitectura del estándar H.23.

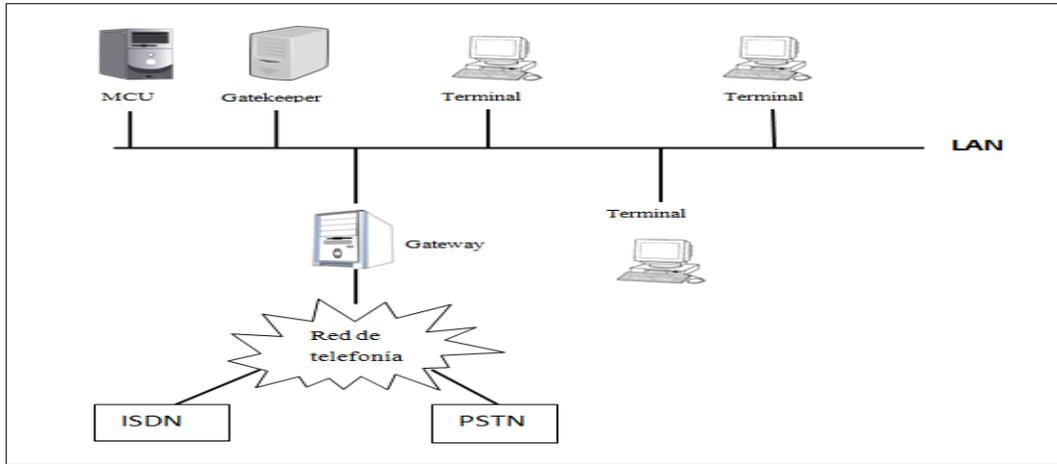


Figura 2.4. Arquitectura del estándar H.323 (Elaboración propia, 2013)

El estándar H.323 define todo lo necesario (componentes, protocolos, señalización, códecs, etc.) para poder llevar a cabo la comunicación y garantizar de este modo la compatibilidad entre dispositivos, como se muestra en la figura 2.5.

Control		Data	Audio	Video	A/V Ctrl	Control
H.225.0	H.245	T.120	Audio Códecs	Video Códecs	RTCP	Gatekeeper
			G.711, G723.1	H.261, H.263		
			G.729..	H.264..		H.225.0
			RTP			RAS
TCP	TCP	TCP/UDP	UDP			UDP
TCP/UDP v3			UDP			
IP						

Figura 2.5. Pila de protocolos de H.323 (Elaboración propia, 2013)

Direccionamiento:

- 1) RAS (Registration, Admision and Status). - Protocolo de comunicación para localizar estaciones H.323 a través del Gatekeeper.
- 2) DNS (Domain Name Service).- Servicio de resolución de nombres en direcciones IP a través del servidor DNS.

Señalización:

- 3) Q.931.- Es para señalización inicial de llamada.
- 4) H.225.0 RAS. - Es para control de llamada (señalización, registro, admisión y control/sincronización de la trama). El canal RAS se utiliza para la comunicación entre las terminales y el GK, estos mensajes se envían sobre el protocolo de transporte UDP, la terminal tiene que encontrar a su respectivo GK.
- 5) H.245.- Protocolo de control para especificar mensaje de apertura y cierre de canales para flujos de voz, establece y mantiene estos canales transportados sobre TCP/RTCP, éste protocolo debe realizarse en paralelo con el H.225.0, éste se encarga de realizar:
 - El intercambio de capacidades de las terminales.
 - La determinación del maestro y el esclavo en la comunicación.
 - Control y composición de la señalización del canal lógico³⁸.

Comprensión de voz:

- 6) Requeridos: G.711 y G.723
- 7) Opcionales: G.728, G.729 y G.722

Transmisión de voz:

- 8) UDP (User Datagram Protocol).- La transmisión es realizada sobre paquetes UDP, aunque éste protocolo no ofrece integridad sobre los datos, si hay un mayor aprovechamiento de ancho de banda que con TCP.
- 9) RTP (Real-Time Transport Protocol). - Maneja aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

Control de transmisión:

- 10) RTCP (Real-Time Transport Control Protocol). - Es utilizado para detectar situaciones de congestión de la red y de ser necesario tomar acciones correctivas.

³⁸ Es una conexión habilitada para la transmisión de información entre dos terminales.
Fuente.- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>
<http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>

2.4.5.2. PROCESO DE LLAMADA EN H.323

A continuación se muestra el proceso que se debe de seguir para la conexión de dos terminales (desde que una terminal busca a su respectivo GK hasta la finalización de la llamada) asumiendo que existe un GK dentro de una zona H.323.

Etapa 1.- Descubrimiento del gatekeeper.

- La terminal envía un mensaje *multicast* (a varios gatekeepers seleccionados entre varios) llamado *Gatekeeper Request* para preguntar por su respectivo GK.
- Uno o más gatekeepers responden con un *Gatekeeper Confirm* que es una confirmación donde indican su disposición a ser el gatekeeper primario de dicha terminal junto con su dirección de transporte de su respectivo canal RAS.
- Cuando la terminal recibe su *Gatekeeper Confirm* elige cuál es su GK y se suscribirá con él, véase figura 2.6. En caso de no recibir ninguna confirmación se retransmite el *Gatekeeper Request* tras un intervalo determinado de tiempo (en caso de no aceptar el gatekeeper la petición de suscripción enviará un *Gatekeeper Reject* rechazándolo).

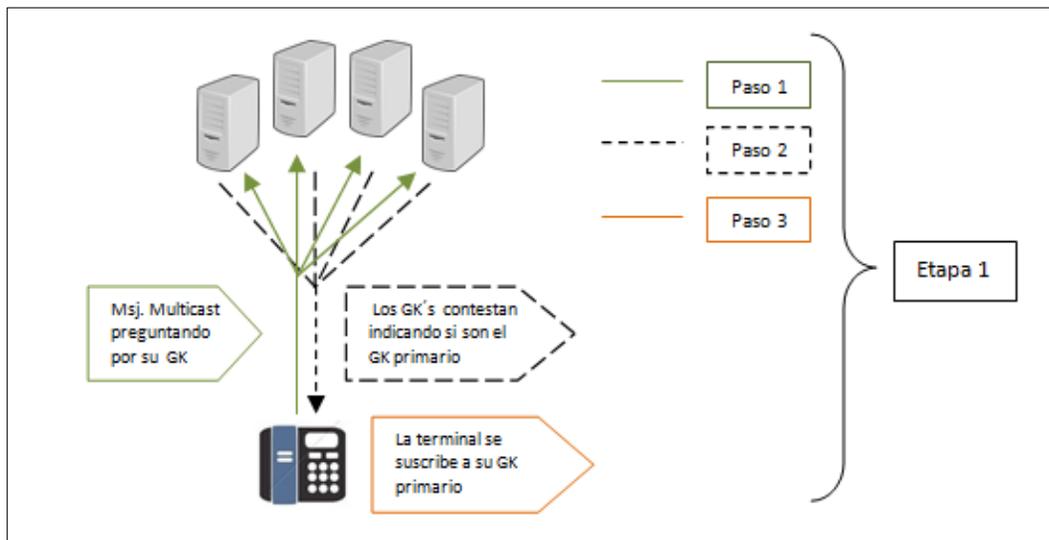


Figura 2.6. Etapa 1 del proceso de llamada (Elaboración propia, 2013)

Etapa 2.- Registro de la terminal

- Una vez que una terminal se suscribe a un GK se ha unido a una zona.
- Ahora se procede al registro, para esto se envía una petición de registro llamado *Registration Request* al GK a través de su dirección de transporte del canal RAS (dirección IP y puerto).
- La terminal recibirá un mensaje de confirmación, ya sea aceptando su registro de llamado *Registration Confirmation* o denegándolo llamado *Registration Reject*.
- Con el registro el GK asigna un “alias” sólo a una dirección de transporte.
- Se puede dar el caso de que una terminal quiera cancelar el registro, y para ésto envía un mensaje de cancelación al GK, este último contestará con una confirmación y viceversa.

Etapa 3.- Localización de la terminal

- Para obtener la información necesaria para establecer contacto con una terminal, se envía un mensaje *Location Request* (petición de localización) con el “alias” de la terminal que se busca.
- El respectivo GK donde está registrada dicha terminal responderá al que mando la petición (ya sea un gatekeeper o terminal) con un mensaje llamado *Location Confirmation* (confirmación de localización) con la información solicitada. Si el GK no tiene registrado el “alias” buscado contestará con un mensaje llamado *Location Reject* (renuncia de localización)

Etapa 4.- Establecimiento de la llamada

- En cuanto el gatekeeper responde con un *Location Confirmation*, la terminal llamante establecerá una conexión TCP con el terminal llamado utilizando la información (dirección IP y puerto) recibida del gatekeeper a través del mensaje *Location Confirmation*.
- La terminal llamante en cuanto recibe la conexión TCP se conectará con su GK a través del canal RAS solicitando permiso para contestar, de obtener el permiso, la terminal llamante aceptará la conexión y a través del canal H.225.0 enviará la dirección IP y puerto donde establecer el canal H.245(a través de una conexión TCP) para la negociación de parámetros y control de la comunicación.

- El canal RAS es utilizado también para transmisión de mensajes de admisión, cambios de ancho de banda y estado, estos mensajes son intercambiados entre la terminal y el gatekeeper para llevar un buen control.
- Antes de que inicie la llamada, el mensaje *Admissions Request* especifica el ancho de banda requerido, en este caso el gatekeeper puede reducirlo enviando un mensaje *Admissions Confirm* con su medida de ancho de banda.
- Durante el transcurso de la llamada si se desea cambiar el ancho de banda se usa el mensaje *Bandwidth Change Request*, este último puede ser enviado por el gatekeeper o la terminal.

Etapa 5.- Intercambio y capacidades

- Selecciona un MCU como maestro para administrar las conferencias. Una vez que la llamada esta iniciada H.245 es el encargado del cambio y de las negociaciones de los parámetros (codificador a utilizar, puertos, número de muestras por trama, etc.)
- Una vez que se han negociado adecuadamente los parámetros se abren o cierran nuevos canales lógicos para la transmisión de medios (audio, video y datos)
- Para llevar un control de conferencias, H.245 desarrolla un modelo de envío de datos entre las terminales. Una vez obtenida esta información, la conexión puede ser finalizada ya que no será necesario intercambiar más parámetros a través de este canal.

Etapa 6.- Intercambio de información audiovisual

- Aquí se tiene como objetivo llevar un control de calidad de los flujos de información recibida por el otro extremo de la comunicación.
- Ambas terminales establecen canales de información para el transporte de medios a través de RTP/UDP/IP y canales de control para los canales de realimentación a través de RTCP/UDP/IP.

Etapa 7.- Terminación de la llamada

- Las terminales H.323 deben de enviar las primitivas de finalización de llamada a través del canal H.245 para informarse quien finalizará con él envió de la primitiva y con esto provocar el cierre del canal H.245.

- Una vez hecho lo anterior se le debe informar al GK mediante un envío de mensaje por el canal RAS llamado *Disengage Request*, así se le permite al GK liberar recursos y atender otras terminales para comenzar con el mismo proceso ya mencionado, en la figura 2.7 se puede ver el proceso general de una llamada con H.323.³⁹

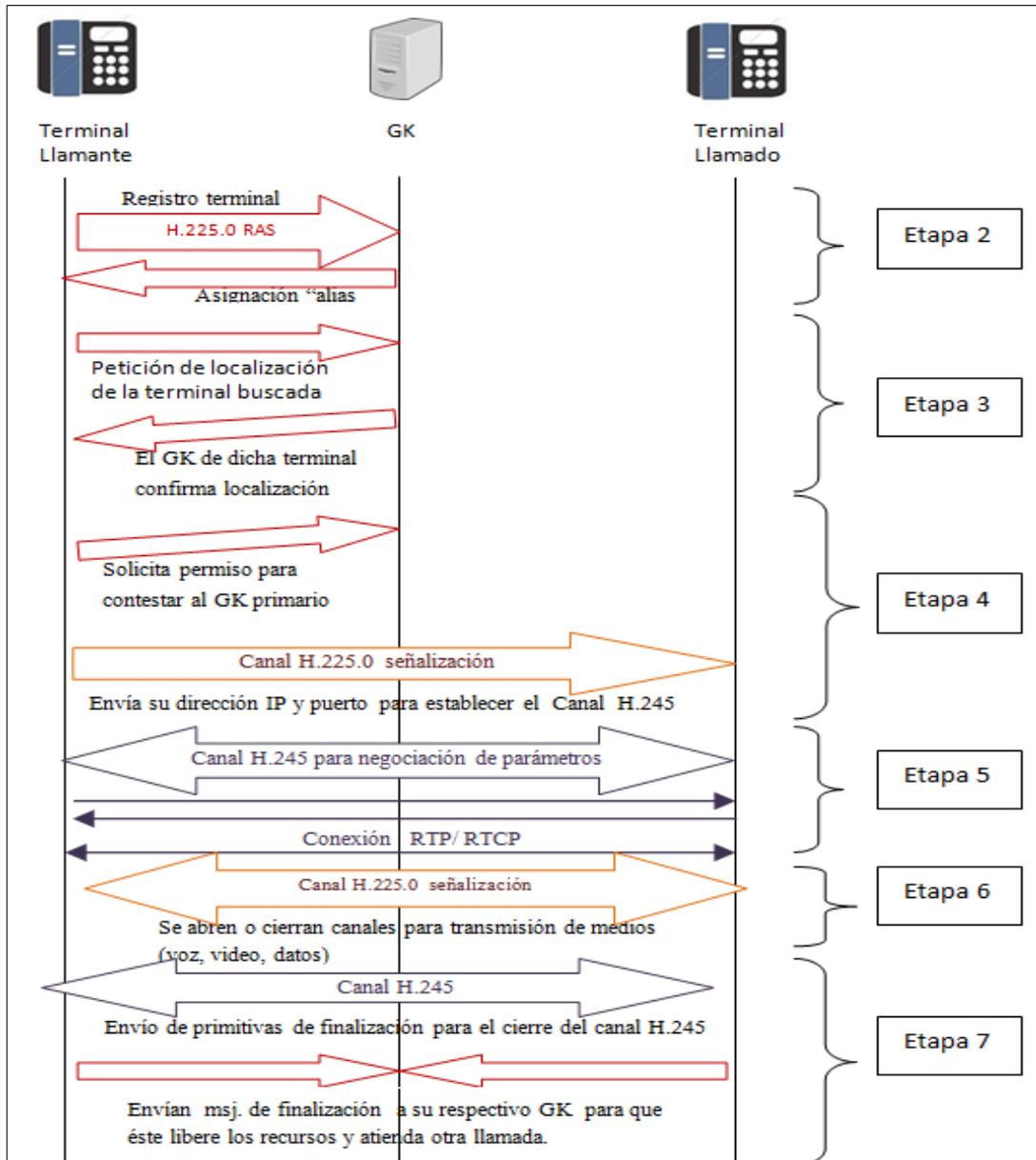


Figura 2.7. Proceso de una llamada en H.323 (Elaboración propia, 2013)

³⁹ Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

2.4.6. PROTOCOLO SIP

SIP (Session Initiation Protocol) es el protocolo de sesión que fué desarrollado en el año de 1999 por la IETF⁴⁰ (Grupo de trabajo en Ingeniería de Internet) para la comunicación VoIP. Es un protocolo de señalización (indicación de línea ocupada, tonos de llamada, o que alguien ha contestado al otro lado de la línea) de la capa de aplicación del modelo OSI. SIP usa el puerto 5060 en TCP y UDP para conectar con los servidores SIP, este protocolo es más sencillo que H.323.

SIP se usa para la iniciación, modificación y finalización de sesiones de intercambio de información multimedia entre dos o más usuarios, se encarga de varios elementos importantes, como lo son:

- Localización de usuarios.
- Disponibilidad de usuarios.
- Es el encargado de la autenticación.
- Negociar la calidad de la llamada telefónica (capacidad de las terminales)
- Intercambiar direcciones IP y puertos utilizados para enviar y recibir las conversaciones de voz.

2.4.6.1. ARQUITECTURA DE SIP

SIP posee una arquitectura muy parecida al conocido HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) en donde los procesos se basan en intercambios de mensajes en forma de peticiones y respuestas entre cliente y el servidor, sus componentes son:

➤ User Agent (Agentes de Usuario, UA)

Son las aplicaciones que residen en las estaciones terminales SIP, es decir, hacer referencia a la aplicación final que realiza las peticiones, estos deben implementar el transporte tanto en TCP como UDP, se compone de 2 partes:

- User Agent Client (Agentes de usuarios clientes, UAC).- Origina las solicitudes SIP, es el encargado de establecer la conexión (asociadas al extremo que origina la llamada)
- User Agent Server (Agentes de usuarios servidores, UAS).- Éstos responden a las solicitudes mandadas anteriormente originando respuestas SIP, su función es la de finalizar la conexión (asociados al extremo que recibe la llamada)

⁴⁰ La IETF (Internet Engineering Taks Force) es el grupo de trabajo en ingeniería de internet, es mundialmente conocido por regular las propuestas y estándares de internet.

Fuente.- <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

Los UA pueden adoptar distintas formas de acuerdo a su función correspondiente, pueden ser teléfonos, softphone, gateway PSTN, servidor de conferencias, etc.

➤ Servidor Proxy

Este es el encargado de atender o encaminar peticiones y respuestas SIP hacia su destino final, garantizando que éstos sigan la misma ruta, ya sea de ida o vuelta, estos servidores ejecutan un programa intermediario que actúa como servidor respecto al llamante y como cliente respecto al llamado. El encaminamiento se realiza salto a salto de un servidor a otro hasta llegar a su destino final, para evitar bucles en la red existe un parámetro que se incluye en las peticiones y respuestas llamado *Vía*, éste parámetro incluye todos los sistemas intermedios que has formado parte del proceso de encaminamiento, de este modo se fuerza que las respuestas sigan el mismo camino que las peticiones. Los servidores proxy pueden ser de dos tipos:

- Stateful.- Retienen información de la llamada durante todo el tiempo que dure el establecimiento de la misma.
- Stateless.- Procesan un mensaje SIP y se olvidan de todo lo relacionado a la llamada en cuestión hasta que se recibe otro mensaje SIP asociado a la misma llamada. Debido a su falta de seguimiento de la llamada no pueden realizar todas las funciones pero la utilización de ellos provee una buena escalabilidad, pues no requiere mantener información referente a la llamada una vez que fue procesada.

El servidor proxy funciona como un intermediario entre dos partes capaz de indicar dónde se encuentran los teléfonos, para poder responder a las solicitudes de sesión del UA (INVITE) envía un *query* al *Registrar Server* con el fin de obtener la información de direccionamiento del UA destino, luego reenvía el pedido de iniciar sesión ya sea al UA destino o en caso de contar con un dominio diferente lo manda a otro Proxy Server. El servidor proxy aprende la posición de sus usuarios durante un proceso que se conoce como registro, es decir, con un proxy se puede mover físicamente tu número de teléfono en internet ya que los números no se asocian a ningún sitio en concreto, dando la posibilidad de moverlos siempre y cuando se le notifique al proxy la nueva ubicación.

➤ Redirect Server (Servidor de Redirección)

Este servidor es distinto del proxy ya que no puede iniciar o recibir llamadas, se encarga de entregar direcciones ante pedidos de clientes (INVITE), es decir, traduce la dirección SIP del destino en una o varias direcciones de red y las devuelve al cliente limitándose a mandar un mensaje de redirección indicando en el mismo como contactar al destino por sí mismo, en caso contrario rechazan la llamada con un mensaje de error.

➤ Register Server (Servidor de Registro)

Este servidor se utiliza para que las terminales registren la localización facilitando la movilidad de los usuarios, se les conoce como servidores de localización ya que son utilizados por los servidores proxy y de redirección para obtener información sobre la localización de la llamada.

El usuario indica por un mensaje *Register* emitido al servidor, la dirección IP donde es localizable, el servidor de registro actualiza su base de datos de localización, registrando las direcciones SIP y sus respectivas direcciones IP asociadas garantizando el mapping entre direcciones SIP y direcciones IP, ante un pedido este servidor es el encargado de aceptar o rechazar una petición basándose en su base de datos.

Hay que mencionar que ésta base de datos no es permanente, requiere de un “refrescado” periódicamente, en caso contrario vencido un time out ⁴¹(por defecto 1 hora) el registro correspondiente será borrado.

2.4.6.2. PRINCIPALES COMPONENTES DE SIP

Para comprender totalmente cómo funciona el protocolo SIP primero hay que explicar algunos de sus componentes primordiales para su correcto funcionamiento.

➤ Dirección SIP

Cada usuario ubicado en su respectivo host se identifica mediante su dirección SIP (SIP-URL's) del formato user@host, donde:

User: nombre del usuario o número telefónico

Host: nombre del dominio o dirección IP

➤ Formato de mensaje SIP

Se manejan varios tipos de mensajes durante el funcionamiento de SIP, hay que entender que dichos mensajes tienen un formato muy parecido al del protocolo HTTP, véase figura 2.8.

⁴¹ El valor del time out puede ser modificado según el valor que se especifique en la cabecera Expires del mensaje de solicitud REGISTER.

Fuente.- http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_voip.pdf
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>

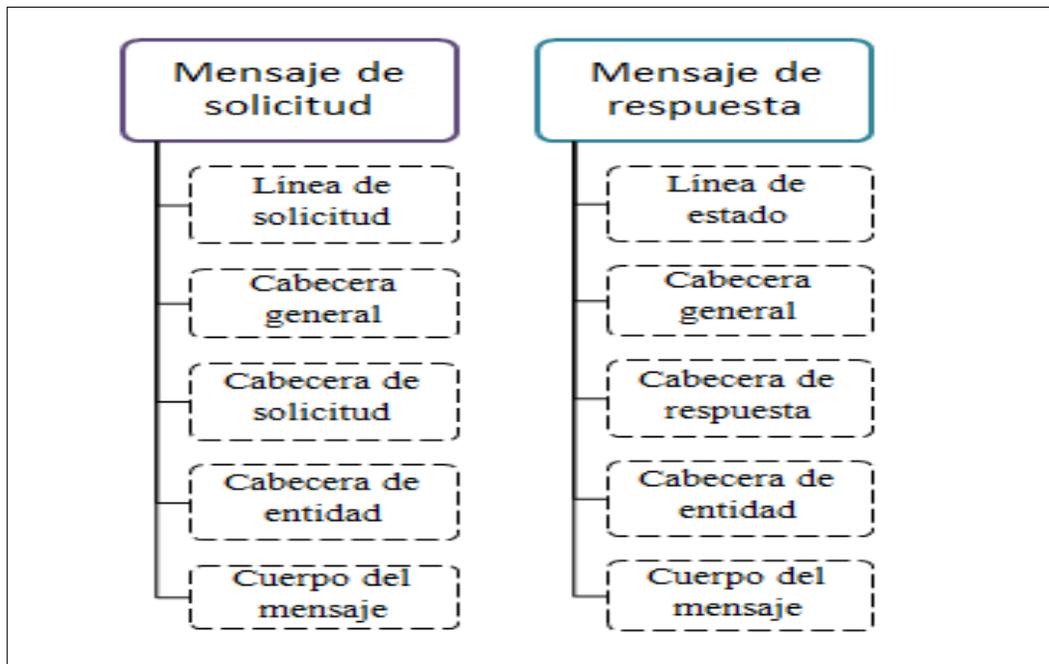


Figura 2.8. Formato de mensajes SIP (Elaboración propia, 2014)

Como en HTTP aquí los mensajes intercambiados en SIP son de dos tipos: solicitudes y respuestas.

- a. Solicitudes: son aquellos mensajes que envían los procesos clientes.
- b. Respuestas: son los mensajes que devuelven los servidores.

Estos mensajes se componen de varios elementos, en la figura 2.8 se puede observar el formato de éstos mensajes.

- Línea de solicitud: nos indica el tipo de la solicitud e identifica al destinatario de la misma, su sintaxis es la siguiente:

Método	SP	URL_Solicitud	SP	Versión_SIP	CRLF
--------	----	---------------	----	-------------	------

- Versión_SIP.- brinda información sobre la versión del protocolo utilizado y la versión más reciente es SIP/2.0.
- Método.- Indica la orden concreta de la solicitud, existen varios métodos soportados como se muestra en la figura 2.9.

Método	Función
INVITE	Sirve para establecer una sesión entre Agentes de usuario.
ACK	Es para confirmar que se ha recibido la respuesta final a la invitación INVITE.
BYE	Este es usado por el Agente de usuario cliente para expresar su deseo de liberar una sesión anteriormente establecida.
REGISTER	Transporta información sobre las direcciones (SIP-URL's) donde puede localizarse un usuario. Esta solicitud se envía al servidor de registro.
CANCEL	Solicita la cancelación de una solicitud pendiente de respuesta, pero no tiene ningún efecto sobre una llamada ya aceptada.
OPTIONS	Se utiliza para interrogar las capacidades y estado de un agente de usuario o servidor, sin que necesariamente se realice el establecimiento de una sesión.

Figura 2.9. Métodos de SIP (Elaboración propia, 2014)

- URL_Solicitud.- Es un URL tipo SIP que identifica el destinatario de la solicitud.
- Línea de estado: Cada mensaje de respuesta comienza con su respectiva línea de estado con el formato siguiente:

Versión_SIP	SP	Codigo_de_estado	SP	Frase_de_razón	CRLF
-------------	----	------------------	----	----------------	------

- a. Código de estado.- Es un número entero de tres dígitos (xxx) que nos dice el resultado por parte del servidor por entender y satisfacer la solicitud recibida, el primer dígito del código define la clase de respuesta:
 - *Información (1xx).*- Informa que la solicitud se ha recibido y su procesamiento continúa.
 - *Éxito (2xx).*- La solicitud se recibió, se entendió y se aceptó.
 - *Desvió (3xx).*- Informan el requerimiento de acciones adicionales para poder completar la solicitud.
 - *Error de cliente (4xx).*- Se envía cuando la solicitud no puede llevarse a cabo o por algún error de sintaxis.
 - *Error de servidor (5xx).*- Se produce cuando el servidor no puede ejecutar una solicitud aparentemente válida.
 - *Fallo global (6xx).*- Se utiliza cuando se necesita informar que ningún servidor puede atender la solicitud.
- b. Frase de razón.- Representa una descripción corta y textual del Status-Code.

- **Cabecera General:** los campos son comunes para los dos mensajes (solicitud y respuesta) especifican llamada, emisor de llamada, trayectoria del mensaje, tipo y largo del cuerpo de mensaje entre otras. Cabe mencionar que actualmente el número de cabeceras definidas por SIP son 46, a su vez se dividen en cuatro categorías:
- *Cabeceras generales.*- Aplicada tanto a mensajes de peticiones como a las de respuestas.
 - *Cabeceras de entidad.*- Definen información sobre el cuerpo del mensaje, haciendo referencia a propiedades de la descripción como formato (*Content-Type*), longitud que ocupa (*Content-Length*), etc.
 - *Cabeceras de solicitud.*- Actúan como modificadores de la solicitud, permitiendo que el cliente pase información adicional sobre la solicitud o sobre sí mismo.
 - *Cabeceras de respuestas.*- Permite al servidor agregar información adicional sobre la respuestas cuando no hay lugar en la línea de inicio.

En la figura 2.10 se muestran las funciones de los principales campos de la cabecera general.

Campo	Función
Accept	Indica qué tipo de medios son aceptables en las respuestas.
Accept-Language	Permite que el cliente especifique en qué lenguaje desea recibir las respuestas.
Call-ID	Identifica de manera única una invitación particular, este campo es una solicitud de modificación de los parámetros de dicha sesión.
CSeq	Es el número de secuencia (las retransmisiones de la misma solicitud deben contener el mismo Cseq), el servidor incluye en sus respuestas el Cseq de la solicitud a la que se refiere.
Contact	Proporciona una URL donde el usuario puede ser localizado en comunicaciones subsiguientes.
Date	Fecha y hora del envío del mensaje.
Expires	Aquí se inserta la fecha y hora después de la cual el mensaje expira. Si se adjunta el método REGISTER indica el periodo de validez del registro. Acompañando a una invitación limita la duración de la búsqueda del usuario para invitarlo a la sesión.
From	Identifica al iniciador de la solicitud, el servidor copia este campo en las respuestas correspondientes.
To	Especifica el receptor final deseado por la solicitud, es copiado por el servidor en sus respuestas.
Via	Informa el camino seguido por la solicitud hasta el momento presente, es posible que una solicitud contenga más de un campo de este tipo añadidos por los sucesivos servidores que la han retransmitido.

Figura 2.10. Principales campos de la cabecera general (Elaboración propia, 2014)

- **Cuerpo del mensaje:** transporta las descripciones de las sesiones de medios especificadas por el protocolo SDP⁴², con el principal objetivo de conducir información acerca de los media stream (difusión multimedia en tiempo real). A continuación hay un ejemplo de los mensajes SIP.

PETICION SIP	RESPUESTA SIP	
REGISTER sip:192.168.29.124:5060 SIP/2.0	SIP/2.0 200 OK	Línea de Inicio
From: <sip:210@192.168.29.210>	From: <sip:210@192.168.29.104>	
To: <sip:210@192.168.29.124>	To: <sip:210@192.168.29.210>	
Call-ID: d0b54a5788484465af65835507b2e47f@192.168.29.124	Call-ID: d0b54a5788484465af65835507b2e47f@192.168.29.210	
Cseq: 1 REGISTER	Cseq: 1 REGISTER	
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.29.210:1855	Via: SIP/2.0/UDP 192.168.29.210:1855	
Max-Forwards: 2	User-Agent: Asterisk PBX	Cabeceras
Contact: <sip:201@192.168.29.210:1855;transport=udp>	Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUSCRIBE, NOTIFY	
Content-Length: 0	Max-Forwards: 70	
	Expires: 120	
	Contact: <sip:201@192.168.29.210:1855;transport=udp; expires=120>	
	Date: wed, 18 oct 2006 20:24:17 GMT	
	Content-Length: 0	
		Línea en Blanco
		Cuerpo del Mensaje

Figura 2.11. Ejemplos de mensajes SIP (Elaboración propia, 2014)

2.4.6.3. PROCESO DE LLAMADA EN SIP

Una vez estudiado todo lo anterior podemos entender los pasos necesarios para una comunicación utilizando el protocolo SIP, en la figura 2.12 se puede apreciar la secuencia de mensajes intercambiados necesarios para el establecimiento, transcurso y finalización de una sesión en donde interviene un servidor de redirección y un servidor de registro (servidor de localización)

⁴² Protocolo SDP.- Es un protocolo de descripción de sesión, utilizado para describir los parámetros de inicialización de los flujos multimedia (audio, video o datos)

Fuente.- http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_voip.pdf
<http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>
<http://locort.es.net/Vicenc/Telematica/Ingenieria%20de%20Xarxes/Protocolo%20SIP.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid3521a/doc/bmfcid3521a.pdf>
<http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/621.385-C198i/621.385-C198i-Capitulo%20VIII.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

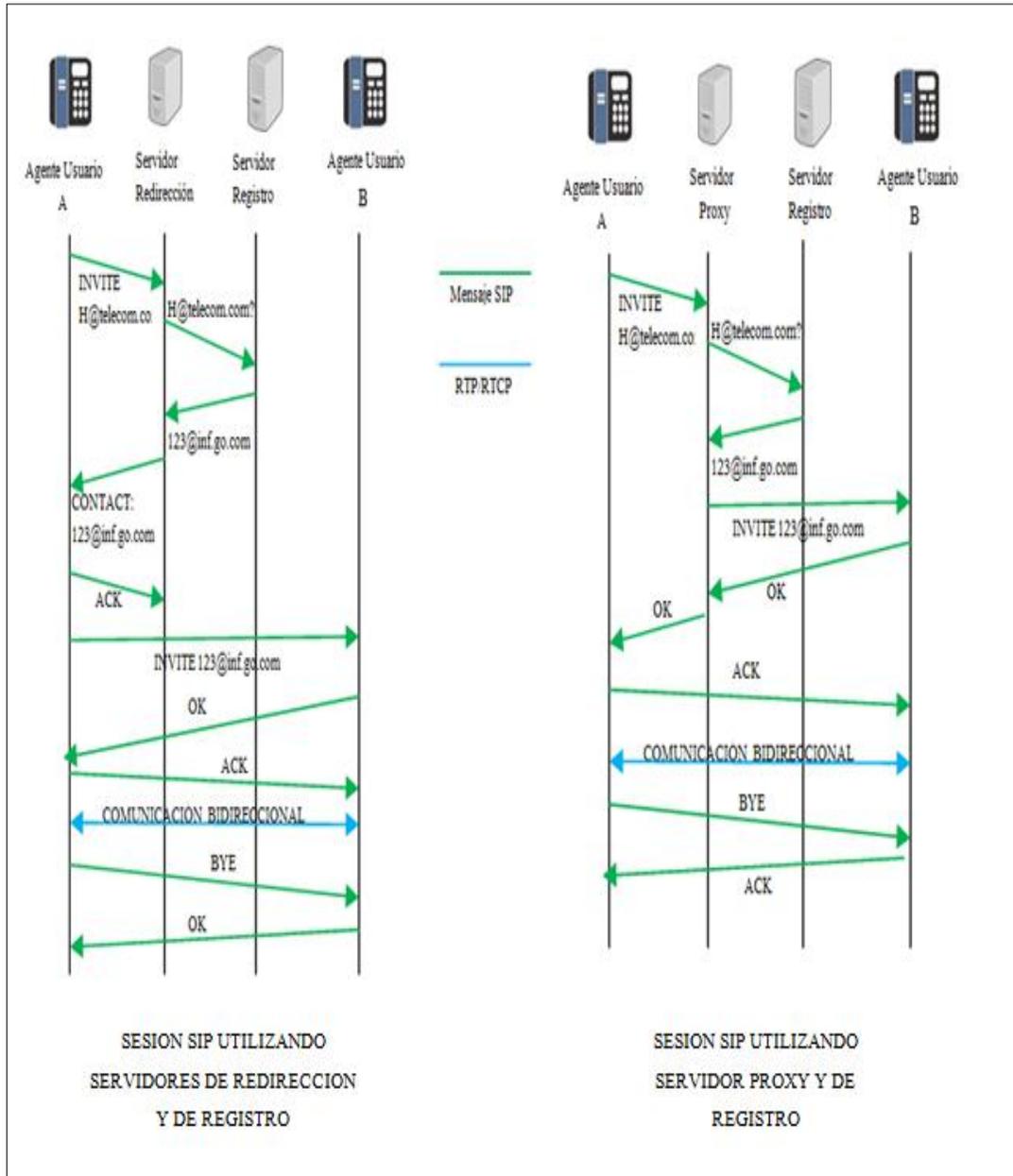


Figura 2.12. Sesiones en SIP (Elaboración propia, 2014)

2.4.7. COMPARACIONES ENTRE H.323 Y SIP

Podemos concluir que ambos estándares son utilizados para el ruteo y señalización de llamadas, intercambio de capacidades y demás servicios adicionales, son dos formas distintas de resolver un mismo problema. Ambos utilizan el protocolo RTP para transporte de medios, la principal diferencia es la manera que realizan la señalización y control de llamadas, algunos puntos importantes de ambos estándares son:

- H.323 posee una gran fortaleza y es su capacidad de intercambiar y utilizar información con la red de telefonía PSTN (en los gatekeeper es obligatorio la traducción de direcciones H.323 en direcciones E164)
- SIP está desarrollado exclusivamente para internet, prometiendo una gran escalabilidad y flexibilidad, sin embargo esta flexibilidad puede derivarse en la incompatibilidad de dispositivos.
- H.323 se está perfilando como el líder en tecnología en lo que a videoconferencias se refiere, pues posee una amplia gama de aparatos para videoconferencia más económicos y de buena calidad.
- SIP codifica los mensajes en texto plano como HTTP y H.323 lo hace en formato binario basado en ASN.1. La especificación de H.323 incluye cientos de elementos mientras que SIP sólo necesita 37 cabeceras distintas.
- H.323 soporta varios tipos de direcciones: dirección IP, alias H.323, número E164 (número tradicional), URL, entre otros.
- Por su parte SIP únicamente soporta direcciones de tipo URL, similares a las de correo electrónico muy fáciles para recordar, sin embargo son inadecuadas para los servicios de telefonía.
- H323 en su interés por soportar varios tipos de direcciones hace que su complejidad sea alta y no necesariamente compensada con su utilidad.
- Uno de los principales defectos de ambos es que ni H.323 ni SIP funcionan detrás de un firewall, pues los puertos RTP/RTCP se escogen dinámicamente y como el firewall no sabe que puertos deben abrirse si no están configurados a priori, la única forma de que la conexión funcione es abrir todos los puertos, esto conlleva un grave riesgo de seguridad.

En la actualidad existen firewalls inteligentes capaces de reconocer los protocolos H.323/SIP y de esta manera averiguar los puertos que se necesitan abrir. También existen protocolos como Inter-Asterisk eXChange 2 (IAX2⁴³) capaz de solucionar el problema de los firewalls transmitiendo la señalización y los datos conjuntamente mediante UDP.

2.4.8. H.248 (MEGACO)

Megaco es un protocolo que tiene su origen en el protocolo MGCP, es una recomendación de la UIT, este protocolo permite el establecimiento de llamadas multipartes a diferencia del protocolo MGCP que solo permite llamadas entre dos partes, Megaco es considerado como el complemento de H.323 y SIP, pues un MGC controlará varios MC utilizando H.248, pero a su vez será capaz de comunicarse con otro MGC utilizando SIP o H.323

Megaco divide las pasarelas en tres entidades:

- Controlador de Medios (Media Gateway Controller-MGC): proporciona la señalización H.323 o SIP realizando el mapping entre la señalización de redes tradicionales y las redes de paquetes. Estos controladores son conocidos a menudo como softswitches, gatekeeper o call server.
- Pasarela de Medios (Media Gateway-MG): proporciona la adaptación de medios y funciones de transcodificación.
- Pasarela de Señalización (SG): es la que proporciona funciones de mediación de señalización entre redes IP y SCN.

Megaco permite a dos entidades (MGC y MG) intercambiar transacciones, cada transacción se expresa por él envío de:

- TransactionRequest.- Está formada por un conjunto de instrucciones.
- TransactionReply.- Son el conjunto de respuestas correspondientes.

⁴³ IAX2 es la segunda versión del protocolo para comunicación Asterisk, diseñado para permitir la comunicación entre centralitas y clientes Asterisk, el contenido de voz en los paquetes se envía usando una cabecera de 4 octetos (32 bits), hay una cabecera más compleja de 12 octetos utilizada para paquetes de control y algunos especiales de voz. Este protocolo es una alternativa al protocolo de señalización SIP.

Fuente.- <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid3521a/doc/bmfcid3521a.pdf>
<http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/621.385-C198i/621.385-C198i-Capitulo%20VIII.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

En la figura 2.13 se puede observar la arquitectura básica de una red que emplea el protocolo Megaco.

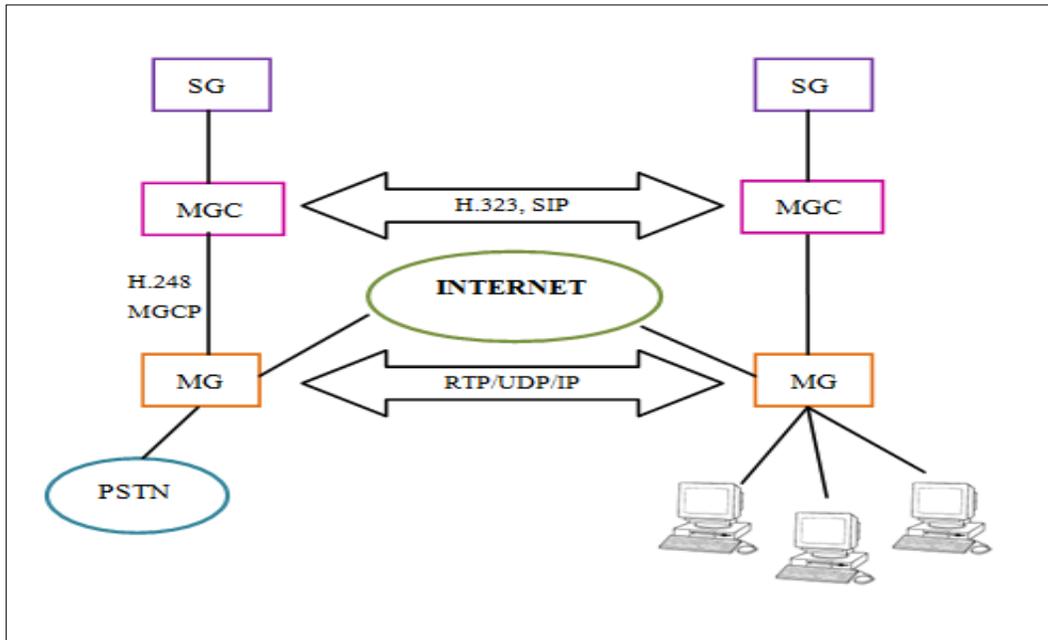


Figura 2.13. Arquitectura de Megaco (Elaboración propia, 2014)

2.4.9. PROTOCOLO MGCP

Este protocolo es de la capa de aplicación basado en texto que se utiliza para establecer y controlar llamadas, también llamado el protocolo de controlador de medios, tiene una arquitectura esclavo/maestro, donde el maestro es el MGC (softswitches o Call Agent) que es el controlador de la puerta de medios y el esclavo es el MG (Gateway de VoIP, teléfono IP, Router MPLS⁴⁴, etc.) que es una puerta de medios, es decir una correlación de puntos finales.

MGCP se encarga de controlar el intercambio de información entre estos y se apoya en el protocolo SDP⁴⁵ para el intercambio de parámetros entre ellos. Lo que se propuso en MGCP fue quitar al gatekeeper del mundo SS7 esto se logra pasando el control de la señalización del gateway al MGC que a su vez se encarga del control de los MG (véase figura 2.14) Cabe mencionar que MGCP es utilizado para controlar las terminales, pero si se requiere dar un servicio más avanzado se necesita montar SIP.

⁴⁴ Estos son un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF, proporciona mayor fiabilidad y rendimiento, posee la capacidad de dar prioridad a los paquetes que transportan tráfico de voz, convirtiéndolo en la solución perfecta para VoIP.

⁴⁵ SDP.- Protocolo de descripción de sesión utilizado para describir sesiones multicast en tiempo real, es útil para inicio de sesiones.

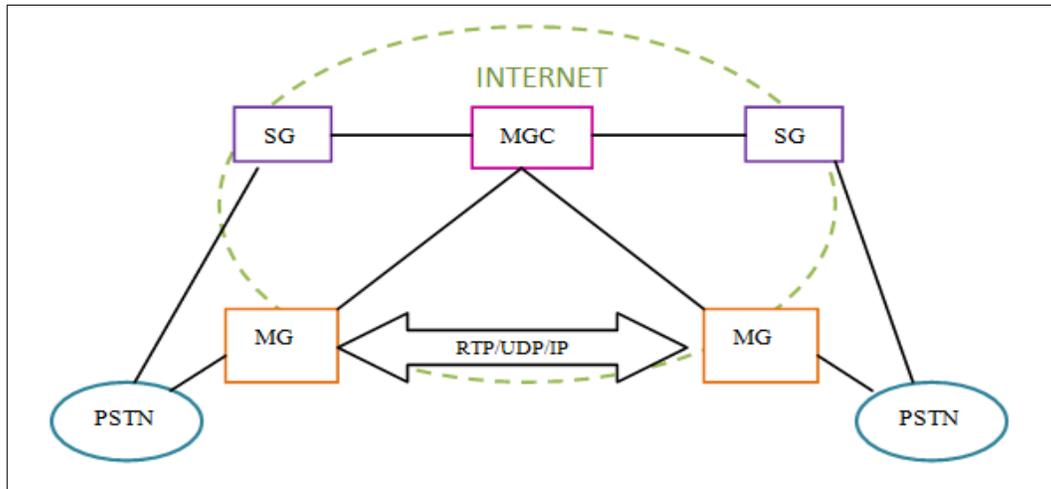


Figura 2.14. Arquitectura de MGCP (Elaboración propia, 2014)

Dentro de MGCP hay entidades básicas:

- Punto final.- Este puede ser una línea analógica, un troncal o cualquier otro punto de acceso, un punto final se denomina de la siguiente manera:

Nombre_punto_final_local@nombre_dominio

- Conexión.- Esta se crea en cada punto final por medio de una MG durante el establecimiento de llamadas, el MGC puede instruir a las puertas de medios para crear, modificar, eliminar y auditar una conexión. Cada conexión se identifica por medio de un ID que se representa como una cadena hexadecimal con una longitud máxima de 32 caracteres, el MG crea dicha conexión cuando se le solicita que lo haga.
- Llamada.- Al igual que la conexión, la identificación de una llamada es una cadena hexadecimal, cabe mencionar que 2 o más conexiones pueden tener la misma identificación de llamada, siempre que pertenezcan a la misma llamada.

2.5. CALIDAD DE SERVICIO (QOS) EN VOIP

En el mercado de las telecomunicaciones y específicamente hablando de voz, al momento de hablar sobre calidad de servicio ¿Quién determina que es bueno y qué es malo? De la misma manera que la red telefónica no está pensada para los datos, la red IP no está pensada para la voz.

La calidad de servicio (QoS) es la capacidad que tiene una red para ofrecer mejoras en el servicio de cierto tipo de tráfico de red, es decir, se refiere a la habilidad de identificar tráfico sensible al tiempo y darle prioridad por encima de otro tipo de tráfico. Un gran reto al momento de implementar un servicio de VoIP es el garantizar que exista un ancho de banda constante para las conversaciones.

Actualmente VoIP enfrenta problemáticas propias de una red de datos como degradaciones en la calidad del servicio a causa de varios factores como lo son el exceso de eco, retardos, jitter hasta pérdida de paquetes. Los requerimientos más importantes para poder implementar QoS y que la red no experimente ningún tipo de problema son los siguientes:

- Retraso de inicio a fin menor o igual a 150 ms (ITU G.114)
- Jitter igual o menor a 30 ms
- 1 % o menos pérdida de paquetes ⁴⁶

2.5.1. FACTORES DE CALIDAD EN VOIP

La tecnología de VoIP sufre de varias deficiencias que a la larga se convierten en varios factores que impiden su correcta comunicación, a continuación mencionaremos algunos factores que afectan la calidad de voz en una red IP y por tanto deben ser tomados en cuenta a la hora de diseñar una red de VoIP.

- Eco

Hace referencia a la reacción retardada de la señal acústica original, los principales productores de eco en la telefonía VoIP son las interfaces FXS y FXO, por tanto entre mayor sea la calidad de éstas interfaces mayor será la calidad de voz. El oído humano es muy susceptible ya que es capaz de detectar el eco cuando su retardo con la señal original es mayor a 10 ms. Por ésta razón cuando el retardo es mayor, existen dos opciones:

⁴⁶ Fuente.- <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd3521a/doc/bmfcd3521a.pdf>
<http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/621.385-C198i/621.385-C198i-Capitulo%20VIII.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

- a) Canceladores de Eco.- Sistema basado en la aplicación de filtros, sirve para que el dispositivo emisor guarde la información que envía y así es capaz de detectar en la señal de vuelta la misma información que puede ir atenuada y con ruido, el dispositivo filtra ésta información y es capaz de eliminar esas componentes de la voz. Con el uso de los Canceladores de eco con un mecanismo de reducción automática de ruido se puede llegar a disminuir hasta en un 75% el ruido de fondo cuando es estacionario (no variable)
- b) Supresores de Eco.- Consiste en evitar que la señal emitida sea devuelta, esto convierte en instantes una línea Full-dúplex en una línea del tipo Half-dúplex, de tal manera que si se detecta comunicación en un sentido se impide la comunicación en sentido contrario, ya que impide una comunicación Full-dúplex plena.

➤ Retardo (Latencia)

Es el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino y se mide en *ms*, dicho de otra manera es sinónimo de retraso y para mejorar la calidad de voz sobre IP se necesita reducir los retrasos, teniendo como principal prioridad al tráfico de voz. Los factores que incrementan el retardo pueden ser de dos tipos:

- a) Constante.- Son aquellas que siempre generan la misma cantidad de retardo, las más importantes son:
 - Codificación: retardo generado al tomar el audio y procesarlo por un códec específico.
 - Paquetización: retardo generado al tomar el audio y convertirlo en paquetes IP.
 - Socialización: retardo generado al colocar los paquetes de voz, desde las capas de aplicación hasta la interface por la cual será transmitido.
- b) Variable.- Son aquellas que generan diferentes cantidades de retardo según las condiciones del medio, de éstas destacan:
 - Encolamiento: es generado cuando los paquetes de voz tienen que esperar en las colas de los equipos activos a ser transmitidos.
 - Propagación: se genera cuando los paquetes pasan por diferentes cables hasta llegar a su destino final.

Para realizar los cálculos de retardo se toma la suma de todos los retardos, cabe mencionar que el retardo tolerado por el oído humano está en torno de los 200-250 ms, por lo que un valor apropiado debe estar por debajo de 200 ms.

➤ Jitter

Es la diferencia entre el tiempo que es esperado el paquete y el tiempo real en que es recibido. Estas variaciones se deben a la saturación en la red, pérdida de sincronización o por las distintas rutas seguidas por los paquetes para llegar a su destino. Para lograr una buena calidad se recomiendan valores de Jitter menores de 100 ms.

➤ Jitter Buffer

Consiste en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso, de esta forma se permite a las tramas más lentas arribar a tiempo para ser ubicadas en la secuencia correcta. En caso que un paquete no se encuentre en el buffer (se perdió o no ha llegado) cuando sea necesario se descarta.

Este tipo de buffer puede manejar unos 30 milisegundos de diferencia y controlar esta variación para que el audio se escuche a velocidad constante. Un buffer es un espacio intermedio donde se almacenan los paquetes hasta su procesamiento, cabe mencionar que la calidad de voz mejora al precio de incrementar la latencia total. Existen dos tipos de buffer:

1. Buffer estático.- Configurado de manera fija por el fabricante.
2. Buffer dinámico.-Se configura usando un programa, lo puede cambiar el usuario.

En la tabla 2.2 se muestran los requerimientos necesarios de la calidad de servicio para las aplicaciones utilizadas en la Telefonía IP.

APLICACIÓN	FIABILIDAD	RETARDO	JITTER	ANCHO DE BANDA
Correo electrónico	Alta (*)	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de ficheros	Alta (*)	Alto	Alto	Medio
Acceso web	Alta (*)	Medio	Alto	Medio
Login remoto	Alta (*)	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Tabla 2.2. Requerimientos de QoS en aplicaciones (Elaboración propia, 2014)

2.5.2. MODELOS DE SERVICIO EN QOS

➤ Best-Effort Service

- Es el modelo más sencillo.
- En éste cualquier aplicación envía información en cualquier cantidad cuando lo desea sin solicitar algún permiso a la red y sin informarle previamente.
- No es segura, debido a que la red reparte o envía información si puede, sin asegurar ningún retraso, throughput o fiabilidad.
- Usa un modelo de cola FIFO (First-in first-out)

➤ Integrated Service

- Modelo conocido como Guaranteed level, aquí hay dos tipos de QoS, de los cuales uno de estos garantiza recursos íntegramente.
- Aquí antes de que una aplicación enviara información realiza una petición de servicio específica a la red. La petición realizada es muy específica, es decir, la aplicación le informa a la red el perfil y características del tráfico y solicita una clase particular de servicio que satisfaga todos sus requerimientos, tanto de ancho de banda como de retraso.
- La aplicación espera recibir la confirmación de la petición por parte de la red para empezar a enviar la información. La red realiza un control de admisión en función de la petición realizada por la aplicación y los recursos disponibles en la red.
- La red mantiene información de su estado por flujos, verificando la clasificación, normas y el algoritmo de cola en cada estado.
- Trabaja en conjunto con el protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol), utilizado por las aplicaciones para enviar los requerimientos de QoS al router, sin embargo no es muy efectivo debido a que tiene problemas de escalabilidad.

➤ Differentiated Service

- Es un modelo de múltiples servicios que puede satisfacer diferentes requerimientos de QoS. No utiliza señales para la especificación de los servicios requeridos de la red previamente, lo cual lo diferencia del modelo Integrated Service.
- En éste modelo la red intenta hacer un reparto basándose en una serie de clases de QoS especificadas en cada paquete, ésta clasificación la realiza la red utilizando diferentes métodos como IP Precedence o DSCP (Differentiated Service Code Point)

- Para aplicar QoS en DiffServ se debe comprobar que existe suficiente ancho de banda para la comunicación, clasificación y marcado de paquetes por dirección IP, puertos, etc. También se necesita un mecanismo de fragmentación.⁴⁷

2.5.3. MECANISMOS DE QOS

➤ Clasificación de tráfico

Proceso para identificar paquetes sensibles al tiempo para que el equipo sea capaz de identificar cierto tipo de tráfico. En este caso al crear VLANS de voz es más fácil identificar el tráfico de voz ya que se puede asumir que cualquier paquete proveniente de una VLAN de voz debe ser clasificado como tal.

➤ Marcado de paquetes

Aquí se marcan los paquetes críticos para que el resto de la red sea capaz de identificarlos y darles mayor prioridad sobre el resto del tráfico. En este concepto también se introduce la definición de CoS (Class of service) refiriéndose a un campo en una trama Ethernet el cual es marcado con un número entre cero a siete, entre mayor sea el valor de CoS mayor será la prioridad que se dará a esta información. La voz está marcada por default con un valor de cinco.

Los datos que no están marcados con CoS tienen un valor de cero, la CoS es usada por los switches para que se ordenen los datos en fila de forma apropiada. Para dispositivos de capa tres el marcado de los paquetes se hace con un identificador llamado ToS (Type of Service)

➤ Enfilamiento de tráfico

Consiste en ordenar cierto tipo de tráfico para ser transportado a través de interfaces WAN o LAN, existen muchas técnicas, pero la que es considerada óptima para el tráfico de voz es la de LLQ (Low Latency Queuing) pues ayuda a eliminar el retardo variable, jitter y pérdida de paquetes que se presentan en la red. En un switch LLQ crea una estricta prioridad para enfilear el tráfico de voz.

⁴⁷ Fuente.- <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid3521a/doc/bmfcid3521a.pdf>
<http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/621.385-C198i/621.385-C198i-Capitulo%20VIII.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

➤ Límites de confianza de QoS

En una red los procesos de clasificación y de marcado deben iniciarse lo más cerca de un punto final, pero dependiendo de la red y de la confiabilidad de los equipos ese límite puede ser modificado. A este tipo de criterio se le llama límite de confianza. Si se tiene completo control de los puntos finales, entonces se tiene control sobre el CoS y ToS generados y el límite de confianza puede llegar al teléfono IP e incluso a las PC, pero si no se tiene tanto control sobre la red se podría empezar a marcar los valores de CoS y ToS desde el Switch y así sucesivamente.

Una de las principales desventajas para cualquier tráfico crítico respecto del tiempo y en particular los paquetes de VoIP en una LAN, es que los protocolos más utilizados en el nivel de enlace, Ethernet y Token Ring, trabajan con un tamaño de paquete variable.

La utilización del ancho de banda y la tasa de paquetes pueden o no coincidir debido a la variación del tamaño de los paquetes. La utilización se incrementa debido a la variación de dos factores, aumento de la cantidad de paquetes y/o el tamaño de la carga útil de los mismos. Para cumplir con los requerimientos de QoS para ToIP la utilización del ancho de banda no debe superar el 25 % o su equivalencia en porcentaje de colisiones que no debe de superar el 45 %.

2.6. TOPOLOGÍA GENERAL DE VOIP DENTRO DE UNA RED

Si bien es cierto, la tecnología VoIP cuenta con varias carencias propias de su corta edad en el mercado, como lo es una buena seguridad y falta de estandarización entre otros, no por ello se puede menospreciar y dejar de lado los múltiples beneficios que trae consigo su implementación en una red IP.

Sin duda alguna uno de los principales aspectos a considerar a la hora de tomar la decisión de implementar la tecnología VoIP es la integridad, seguridad y calidad de servicio en la información, si bien es cierto que VoIP todavía no es capaz de garantizar estos aspectos en su totalidad, podemos hacer uso de elementos existentes en nuestra red que cuentan con estos plus. A continuación mencionaremos un esquema general de implementación de VoIP dentro de una red IP, del mismo modo podremos comprobar los múltiples beneficios que se obtendrán al apoyarnos en las características propias de los demás elementos de la red para poder brindar mejor un servicio de VoIP.

Empezaremos por mencionar algunos conceptos utilizados en una red IP tradicional:

➤ Gateway (Puerta de enlace)

Es un dispositivo que nos permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes en todos los niveles de comunicación, su principal propósito desensamblar las tramas y paquetes que le llegan para obtener el mensaje original y a partir de éste volver a reconfigurar los paquetes y las tramas, pero de acuerdo con el protocolo de la red donde se encuentra la estación de destino, esto lo realiza generalmente haciendo uso de NAT'S ⁴⁸

➤ VPN (Virtual Private Network)

Es una Red Privada Virtual, dicho de otra forma, son enlaces lógicos que viajan a través de internet y representan un medio de comunicación que es segura entre equipos remotos de una red WAN⁴⁹ pública como lo es internet. Una VPN nos permite compartir y transmitir información confidencial entre un círculo cerrado de usuarios situados en diferentes localizaciones geográficas, la transmisión de los datos se realiza a través de la creación de túneles criptográficos que garantizan que la información que viaja en internet está cifrada. (Véase figura 2.15)

Una conexión de VPN tiene la capacidad de enlazar dos redes LAN⁵⁰ entre sí, del mismo modo puede enlazar un usuario de acceso telefónico remoto y una LAN.

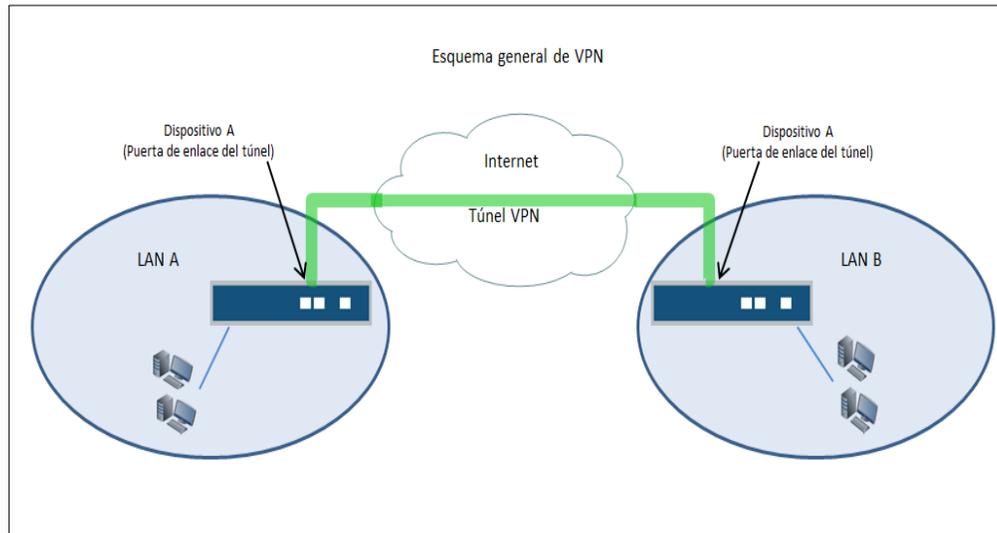


Figura 2.15. Esquema con VPN's (Elaboración propia, 2014)

⁴⁸ NAT(Network Address Translation): Es la traducción de direcciones IP

⁴⁹ WAN(Network Address): Es una red deArea Extensa

⁵⁰ LAN(Network Address Local): Es una red de Area Local

➤ Firewall

Es un dispositivo que actúa como un sistema de defensa basándose en el hecho de todo el tráfico (tanto de entrada como de salida) debe pasar obligatoriamente por un sistema de seguridad que autorice, permita, deniegue o tome acciones basándose en las indicaciones establecidas por el administrador de red. En general son un conjunto de medidas de hardware y software destinadas a asegurar una red.

➤ Router (Dispositivo de Encaminamiento)

Este dispositivo tiene como principal función la de encaminar paquetes, pues es el responsable de la interconexión de redes, dicho de otra forma, se encarga de establecer que ruta se destinará a cada paquete de datos dentro de una red. Los routers pueden estar conectados a dos o más redes a la vez.

2.6.1. ESQUEMA GENERAL DE VOIP

Si bien es cierto que cada red es única y está adaptada de acuerdo a las necesidades de cada empresa, al momento de implementar la tecnología VoIP en una red ya existente, hay ciertas sugerencias que se deben de seguir o tener en cuenta al momento de la implementación, con la finalidad de obtener el máximo provecho posible a los elementos ya existentes de nuestra red, a continuación mostramos algunas de ellas:

- Un elemento de nuestra red muy importante es el Firewall, este es el encargado de brindar seguridad a nuestra red interna (LAN). Actualmente los equipos de Firewall cuentan con un módulo adicional llamado UTM (Unified Threat Management) esto es la última tendencia en seguridad de datos.
- Esta tecnología UTM nos brinda una solución de seguridad todo-en-uno, que cuenta con filtrado web, anti-virus, filtrado de contenido. Haciendo uso de este módulo se puede tener un mejor control de nuestra red, ya que podemos filtrar el tráfico entrante o saliente por contenido o aplicaciones de acuerdo a las necesidades de nuestra red.
- Se necesita tener un Gateway que este en coordinación con un Firewall para garantizar que la voz viaje a través del túnel VPN., estos túneles encapsulan los paquetes de datos y al llegar al destino el paquete original es des-encapsulado.

- Nuestro firewall debe estar conectado mediante cable Ethernet a nuestro Gateway, este último a su vez se conecta a la central telefónica de cada cede (red) para realizar la conversión de la red PSTN a la red IP. Del mismo modo nuestro Firewall se encuentra conectado por cable Ethernet a los routers principales de cada una de las redes LAN, y se conecta a internet a través de túneles VPN (elemento indispensable para utilizar la comunicación VoIP). Véase figura 2.16

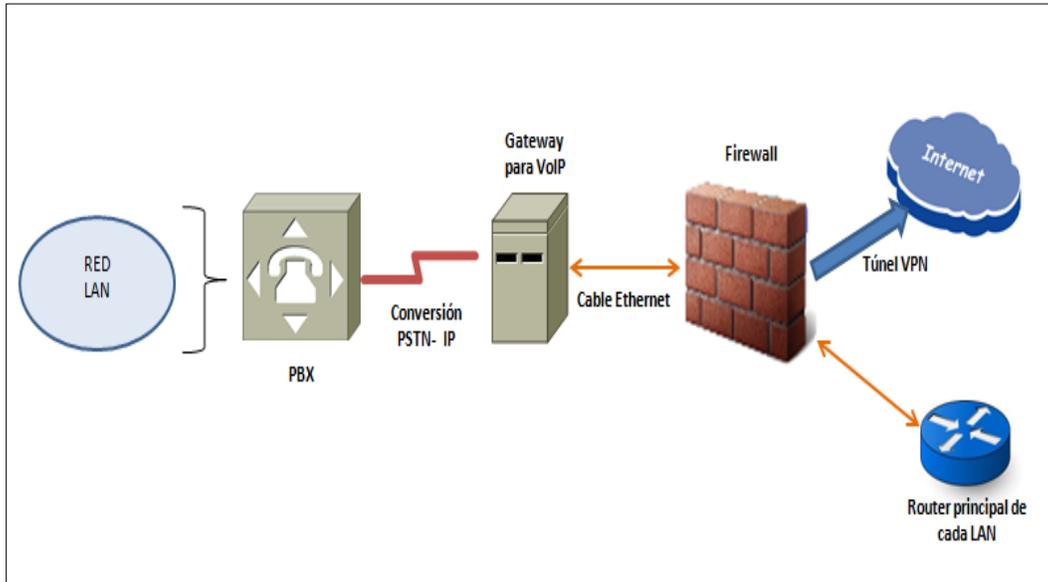


Figura 2.16. Esquema general de conexión para VoIP en una red LAN
(Elaboración propia, 2014)

- El lugar donde se colocaran los Gateways (FXO, FXS) y Firewalls que se deben ubicar entre la nube de internet y el enrutador principal de cada una de las sedes.
- Al hacer uso de VPN`s aprovechamos las ventajas de seguridad que nos brinda su tecnología de Túnel (IPSec) a través de la cual viajarán los datos, voz y video. Con esto se logra garantizar una mayor seguridad en la información, reducción de costos, disponibilidad y escalabilidad a la red.
- Si la red actual cuenta con enlaces dedicados se puede obtener múltiples beneficios, pues al crear VPN`s sobre enlaces dedicados se obtienen el doble de seguridad en la información.

En la figura 2.17 podemos observar una recomendación de la topología general de una red utilizando VoIP.

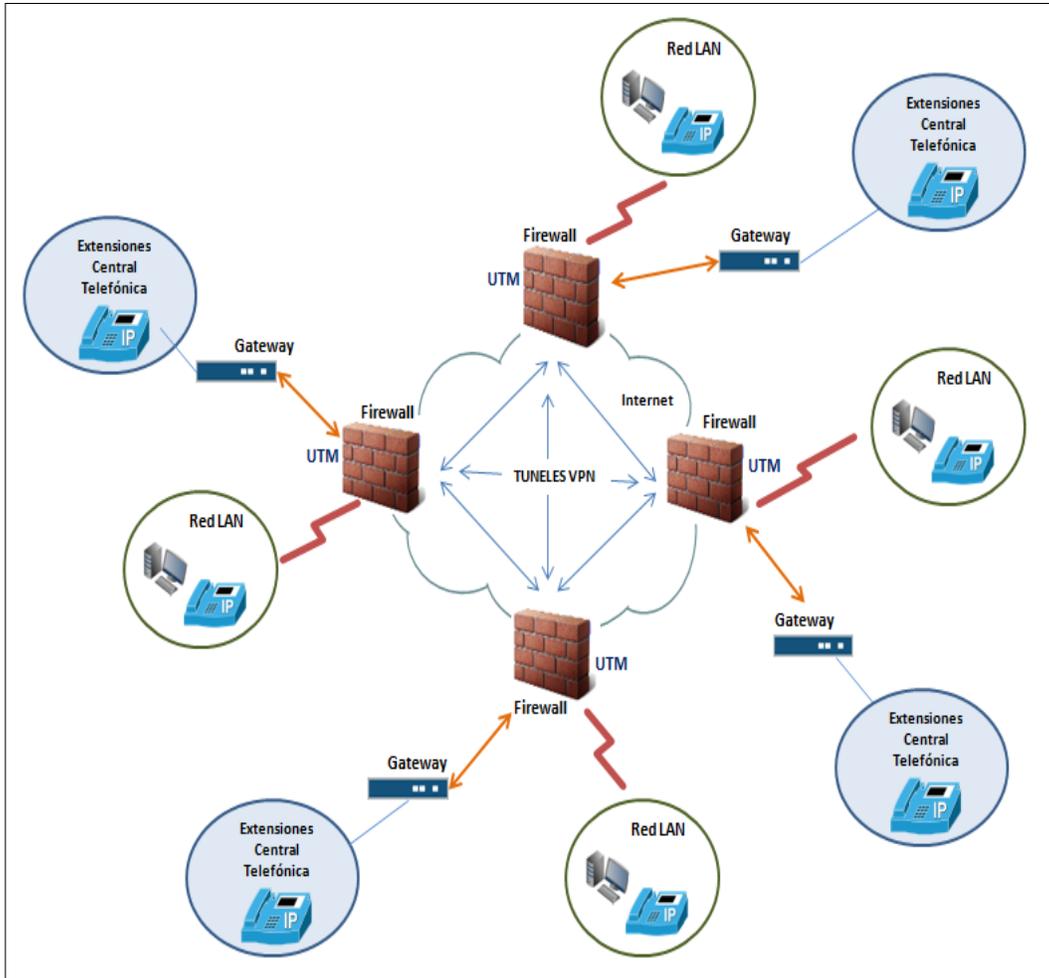


Figura 2.17. Topología general de VoIP (Elaboración propia, 2014)

2.7. SEGURIDAD EN VOIP

La seguridad es un factor muy importante dentro de VoIP donde para lograr una mayor seguridad podemos apoyarnos en mecanismos propios de seguridad interna de los protocolos de VoIP que permiten la autenticación del llamante y hacen posible el cifrado de la información haciendo uso de alguna aplicación o protocolo externo.

Otro factor importante es el Firewall (cortafuegos) que es el encargado de filtrar los paquetes entrantes, también los dispositivos cifradores con NAT añaden seguridad y deben ser considerados a efectos de compatibilidad cuando se diseñan protocolos de VoIP.

Sin embargo, a medida que van creciendo más las redes de VoIP también surgen preocupaciones en torno a la seguridad que nos ofrecen, por ello es necesario tener un mayor control en cada una de las capas y protocolos, a continuación se muestra en la figura 2.18 las capas de seguridad de la información sobre las cuales se construye VoIP.⁵¹



Figura 2.18. Capas de seguridad de la información
(Fuente: <http://www.uv.es>, 2014)

Cada una de éstas capas tiene puntos débiles y ataques que afectan a cada una de ellas, algunos de estos ataques afectan directa o indirectamente en VoIP y por consiguiente en la telefonía IP, es decir un atacante puede estar interesado no solo en el contenido de una conversación (con posible contenido confidencial) sino también en la información y datos de la propia llamada, que utilizados de forma maliciosa brindan una gran variedad de ataques. En la tabla 2.3 podemos ver los tipos de ataques.

⁵¹ Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd3521a/doc/bmfcd3521a.pdf>
<http://www.wisis.ufg.edu.sv/wwwisis/documentos/TE/621.385-C198i/621.385-C198i-Capitulo%20VIII.pdf>
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>

CAPA	ATAQUES Y VULNERABILIDADES
Políticas y procedimientos	Contraseñas Débiles Mala política de privilegios Accesos permisivos a datos comprometidos
Seguridad Física	Acceso físico a dispositivos sensibles Reinicio de máquinas Denegación de servicios
Seguridad de Red	DDoS ICMP unreachable SYN floods Gran variedad de floods
Seguridad en los Servicios	SQL injections Denegación en DHCP DoS
Seguridad en S.O.	Buffer overflows Gusanos y virus Malas configuraciones
Seguridad en Aplicaciones y Protocolos de VoIP	Fraudes SPIT (SPAM) Vishing (Phishing) Fuzzing Floods (Invite, Register, etc.) Secuestro de sesiones Intercepción Redirección de llamadas Reproducción de llamadas

Tabla 2.3. Tipos de ataques en capas de seguridad de la información (Elaboración propia, 2014)

Cabe mencionar que VoIP al apoyarse sobre una red de datos IP tiene la gran desventaja de sufrir de innumerables ataques que van desde la denegación de servicios, inundación de paquetes, o cualquier ataque que limite la disponibilidad de la red.⁵²

⁵² Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>

2.7.1. CLASIFICACIÓN DE ATAQUES

A continuación se explicarán las técnicas que afectan directamente a las redes VoIP y por consiguiente a su aplicación inmediata, la telefonía IP. Este tipo de amenazas se pueden clasificar en las siguientes categorías mencionadas a continuación.⁵³

➤ Accesos desautorizados y fraudes

Los sistemas VoIP incluyen múltiples sistemas para el control de llamadas, administración, facturación y otras funciones telefónicas, cada uno de estos sistemas contiene datos importantes, que en manos peligrosas pueden ser utilizados para realizar fraudes, y sus consecuencias pueden ser devastadoras.

Uno de los fraudes más presentes en las redes VoIP son los accesos no autorizados, pues cuando usuarios no autorizados obtienen acceso al servicio de VoIP realizan llamadas de larga distancia, en la mayoría de los casos internacionales. Estos fraudes ocurren principalmente en entornos empresariales.

➤ Ataques de denegación de servicios

Son intentos malintencionados de degradar seriamente el rendimiento de la red o un sistema incluso llegando al punto de impedir la utilización del mismo por parte de usuarios legítimos. Algunas de las técnicas consisten en enviar paquetes contruidos para la explotación de alguna vulnerabilidad en el software o hardware del sistema, saturar el flujo de datos de la red o sobrecargar de procesos a los dispositivos.

Los llamados DDoS (ataques de denegación distribuidos) son ataques simples pero su principal fuerza radica en que se realiza desde varias computadoras de forma coordinada, este tipo de ataque afecta principalmente a las redes VoIP por varias razones:

- Garantías en calidad de servicio: VoIP depende de tener buena calidad de servicios para la realización de llamadas telefónicas con el fin de tener una tolerancia menor a problemas de rendimiento.
- Muchos de los dispositivos utilizados en VoIP afectan o son susceptibles a no poder manejar, priorizar o enrutar el tráfico si presentan un alto consumo del CPU, por tanto muchos ataques DDoS se enfocan en atacar a los dispositivos de red, como consecuencia de esto su funcionamiento y paquetes pertenecientes a las comunicaciones telefónicas se pierden o retrasan.

⁵³ Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>

- Las aplicaciones y los dispositivos de telefonía suelen trabajar sobre ciertos puertos en específico, al bombardear estos puertos con tráfico innecesario puede provocar una negación de servicio y como consecuencia de ello los usuarios no pueden hacer uso del sistema.
- En las redes VoIP que se basan en el protocolo SIP, se puede enviar mensaje CANCEL, GOODBYE o ICMP Port Unreacheable, con el objetivo de desconectar a determinados usuarios de sus respectivas llamadas o evitar que se lleve a cabo la correcta configuración inicial de la llamada (dicho de otra forma la señalización)

➤ Ataques de dispositivos

En redes VoIP, los gateways, call managers, Proxy servers sin olvidar los teléfonos IP serán potencialmente objetivos a explotar por parte de un intruso debido a que los dispositivos utilizados en VoIP son igual de vulnerables que los sistemas operativos, uno de los ataques más frecuentes son los “Fuzzing” que son paquetes mal formados que provocan cuelgues en los dispositivos cuando procesan dichos paquetes. Otro aspecto importante que vuelve vulnerable a los dispositivos son las configuraciones incorrectas.

➤ Enumeración y descubrimiento

Una vez que el atacante tiene seleccionado su próximo objetivo empieza con las primeras acciones para realizar los ataques. Como primer punto se obtiene la mayor información posible de la víctima, una vez que el atacante tenga información necesaria evalúa cual es el mejor método de ataque que resulte más efectivo para alcanzar su objetivo. Estas primeras etapas el atacante realiza el método llamado “footprinting”.

- Footprinting.- Se llama así al proceso de obtención de información de un entorno de red específico con el único propósito de buscar formas de introducirse en el entorno. Usualmente se utilizan buscadores como Google, debido a que la gran mayoría de dispositivos VoIP corren algún servicio web de administración remota se pueden encontrar en Google.

Una vez que se obtiene la dirección IP de la víctima se procede a realizar un escaneo de la red, para este fin hay herramientas muy efectivas, entre las cuales destacan NMAP⁵⁴. La enumeración en términos generales es la obtención de información sensible que el intruso puede utilizar en ataques posteriores, existen varias herramientas que automatizan este proceso como lo son:

- Smap.- Identifica dispositivos SIP.
- Nessus.- Escaneado de vulnerabilidades, identifica servicios y sistemas.
- VoIPAudit.- Es un escáner de VoIP y de vulnerabilidades.

➤ Ataques a nivel de aplicación

En redes VoIP el nivel de aplicación es el más vulnerable, un ejemplo claro de ello es el protocolo SIP que ha sido muy discutido desde el punto de vista de seguridad.

- Autenticación de protocolo SIP
 - a) El protocolo SIP utiliza la autenticación **digest** para comprobar la identidad de los clientes, esta autenticación es un mecanismo bastante sencillo basado en hashes que evita enviar la contraseña de los usuarios en texto claro. Cuando el servidor requiere autenticar un usuario genera el desafío **digest** que es enviado al usuario.
 - b) Cabe mencionar que **nonce** es la cadena que genera como desafío utilizando el algoritmo MD5 de algún otro dato. Después de recibir el desafío el UA pedirá al usuario el nombre y la contraseña, a partir de ellos y del desafío enviado por el servidor generará una respuesta **digest**.
 - c) El campo **response** contendrá la respuesta generada por el UA, el significado del **uri** indica la dirección SIP a la que se quiere acceder y el **nonce** es una cadena utilizada por el cliente y el servidor que ofrece cierta protección de integridad al mensaje.
 - d) Cuando recibe la respuesta del cliente, el servidor realiza exactamente los mismos pasos, si el hash generado coincide con la respuesta del cliente, el usuario acaba de autenticarse demostrando ser quien dice ser.

⁵⁴ NMAP.- Es un programa de código abierto utilizado para un rastreo de puertos, este nos ayuda a evaluar la seguridad de sistemas informáticos, descubrir servicios o servidores en una red.
Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>

e) Cuando el servidor SIP recibe alguna petición SIP, comprueba si en el mensaje se encuentran las credenciales que autentiquen al usuario, en caso contrario, generará un mensaje de error *401 Unauthorized* al cliente incluyen el desafío **digest** para iniciar el proceso de autenticación.

- Redirección de llamadas

Es uno de los ataques más comunes en redes VoIP, hay varios métodos que van desde comprometer los servidores o el call manager de la red para que redirijan las llamadas a donde el intruso quiera hasta las técnicas ya mencionadas de suplantación de identidad en el registro.

Otro modo de re direccionar el flujo de datos se puede conseguir con las herramientas: **sip-redirectrtp** y **rtpproxy**. Se basan en utilizar mensajes la cabecera SDP para cambiar la ruta de los paquete RTP y dirigirlos a un **rtpoxy** que a su vez serán reenviados donde el intruso quiera.

- Inserción de Audio

Por razones de practicidad y eficiencia en VoIP la transmisión del flujo de datos se realiza por el protocolo UDP, por desgracia este protocolo no ofrece garantías a la hora de la entrega de los mensajes, encapsulado en UDP se encuentra el protocolo RTP que transporta verdaderamente los datos de voz.

RTP tampoco lleva un control exhaustivo sobre el flujo de datos, el único método que tiene RTP para controlar tramas perdidas y reordenar las que le llega es el campo número de secuencia de la cabecera.

En esta situación, si a un dispositivo le llegan dos tramas UDP con el mismo número de secuencia y diferentes datos, aquí la forma de actuar de cada dispositivo será distinta dependiendo de sus capacidades o su implementación del software, pero lo que sí es seguro es que un atacante podría realizar ataques de inserción de paquetes dentro de un flujo RTP, es decir puede insertar audio en una conversación telefónica.

- Fuzzing

También conocidos como testeo funcional del protocolo, es uno de los mejores métodos para encontrar errores y agujeros de seguridad. Consiste en crear paquetes o peticiones especialmente malformadas para ir más allá de las especificaciones del protocolo.

El objetivo es comprobar cómo se manejan los dispositivos, las aplicaciones o el propio sistema operativo que implementa el protocolo, estas situaciones anómalas que desgraciadamente no se han tenido en cuenta en la implementación y casi siempre terminan en un error, denegación de servicio o en alguna vulnerabilidad más grave.

Gracias a la técnica de fuzzing se han llegado a encontrar gran cantidad de ataques de DoS y buffer overflows en los productos implementados en los protocolos SIP y H.323.⁵⁵

2.7.2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN VOIP

Al momento de proteger una red con VoIP se necesitan tomar en cuenta varios factores mencionados anteriormente, sumado a esto hay que tomar varias precauciones tales como:

- Mantener sistemas actualizados y parcheados: es indispensable que el administrador de la red esté al tanto de las nuevas actualizaciones y parches para poder aplicarlos a sus sistemas.
- Antivirus: se debe contar en la red con antivirus actualizados que la protejan de ataques (virus, gusanos y troyanos)
- Detección de ataques: es muy recomendable contar con algún sistema de detección de intrusos tales como los IDS o sistemas de prevención de intrusos como IPS en ciertos lugares estratégicos de la red, cabe mencionar que estos lugares varían de acuerdo a las necesidades de la red.
- Autenticación: es muy recomendable que se tengan protocolos y se configuren dispositivos que utilizan la autenticación en los mensajes que se intercambian en una comunicación.
- Limitación de direcciones IP: los dispositivos utilizados en VoIP deben tener únicamente las direcciones IP permitidas para recibirles el tráfico, de este modo es posible limitar muchos de los ataques de denegación de servicio.

⁵⁵ Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>

- Cifrado: es una medida que sin duda se debe de adoptar en una red con VoIP, hacer uso de TLS/SSL para establecer canales de comunicación seguros resolverá la mayoría de problemas relacionados con la manipulación y reproducción de los mensajes intercambiados.
- VLAN's: la utilización de vlan's puede priorizar y proteger el tráfico de VoIP limitando el acceso a la red VoIP en la medida de lo posible, principalmente desde el exterior.
- Configuración Correcta: se debe poner mucha atención y cuidado a la hora de configurar los servicios para que no muestren más información de la necesaria.
- Puertos: desactivar los puertos de administración como http y snmp.
- Password: tener mucho cuidado de no dejar un password por defecto.⁵⁶

⁵⁶ Fuente.- <http://www.uv.es/~montanan/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>

CAPÍTULO 3

Aplicaciones de VoIP

3. APLICACIONES DE VOIP

Como ya se mencionó en capítulos anteriores VoIP viene revolucionando la forma de comunicación en telecomunicaciones, en la actualidad su popularidad ha traído como consecuencia la generación de aplicaciones que sean capaces de satisfacer las necesidades más estrictas de los usuarios.

Actualmente se considera como la aplicación inmediata de esta tecnología a la Telefonía IP también conocida como ToIP⁵⁷ que se consolida como una de las principales aplicaciones de VoIP, que cada día cuenta con más demanda en el mercado. Cabe mencionar que existen aplicaciones capaces de satisfacer las constantes necesidades de comunicación, que además de ofrecer el servicio de VoIP cuanta con la principal característica deseada por el usuario, nos referimos al costo del servicio.

En este capítulo analizaremos algunas aplicaciones de la tecnología VoIP que han marcado una tendencia importante en el ámbito de las comunicaciones. Asimismo expondremos aspectos importantes en el funcionamiento de la telefonía IP así como los múltiples factores que influyen en el crecimiento y adaptabilidad de esta aplicación. (Pérez, 2014)

3.1. TELEFONÍA IP (TOIP)

Cabe resaltar que la telefonía IP es una aplicación inmediata de la VoIP, es decir, VoIP es el conjunto de normas, protocolos y/o estándares que en conjunto forman una tecnología que nos permite comunicar voz sobre el protocolo IP.

En cambio la Telefonía IP es el servicio telefónico que se encuentra disponible al público que cuenta con una numeración E.164. La Telefonía IP se realiza con tecnología de VoIP que nos va permitir la realización de llamadas telefónicas sobre redes regidas por el protocolo de comunicación IP. Pero que además de brindarnos la realización de llamadas, también viene acompañado de una amplia gama de servicios como son video, voz, fax, conferencia, remarcado automático, entre otras. (Pérez, 2014)

⁵⁷ ToIP.- Telephony Over IP (telefonía sobre IP) es también conocida como "Telefonía IP"

3.2. COMPONENTES DE TOIP

Para hacer uso de ToIP se necesita únicamente disponer de una *Terminal de Telefonía IP* con la capacidad de entablar una comunicación de voz o video a través de una red de datos IP. Actualmente hay varios tipos de terminales dedicadas únicamente a brindar un servicio de ToIP, que además de poseer los servicios ya mencionados antes, nos brindan la posibilidad de configurar de acuerdo a nuestras necesidades la calidad de servicios (QoS).⁵⁸

Actualmente hay cuatro tipos de terminales IP, a continuación mencionaremos cada una de ellas:

➤ ATA (Adaptador Telefónico Analógico)

Este dispositivo es el encargado de convertir una señal analógica proveniente de un teléfono convencional a una señal digital, de este modo puede conectar su teléfono a una computadora o conexión IP para hacer uso de VoIP y poder ser transportados a través de internet.

Cabe mencionar que estas terminales poseen una dirección IP y por tanto tiene las mismas ventajas y características que una terminal IP, en la tabla 1 mostramos algunas opciones.

Opciones de ATA	
<p>Digium http://www.digium.com/es</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Ofrecen el software gratis de Asterisk sin costo para su comunidad. -Ofrece tarjetas híbridas. -Cuenta con accesorios fabricados especialmente para Asterisk.
<p>Sangoma http://www.sangoma.com</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Sus tarjetas son muy eficientes en entornos VoIP. -Cuentan con módulos FXS y FXO. -Cuentan con tarjetas híbridas (FXS, FXO y E1) -Sus tarjetas son compatibles con la mayoría de software para VoIP.

Tabla 3.1. Opciones de hardware ATA (Elaboración propia, 2014)

58 La configuración de calidad de servicios en una terminal IP se realiza vía web, por un sistema de administración, asignándole una dirección IP para este fin.

Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

➤ Teléfonos IP

Estos equipos son parecidos a los teléfonos convencionales pero con el hardware y software necesarios para soportar llamadas VoIP, permitiendo el uso por medio de un usuario y clave, lo que facilita demasiado la movilidad. Además cuentan con otra gran diferencia, utilizan una conexión de red de datos en vez de una conexión de red telefónica. Estos equipos utilizan conectores RJ-45 en lugar de los tradicionales RJ-11 para la conexión directa a un router, en la tabla 2 se muestran algunas opciones recomendadas de teléfonos IP.

Opciones de teléfonos IP	
<p>Yealink http://www.yealink.com/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Tiene diseños para pequeñas y medianas empresas. -son compatibles con reconocidos Softwares. -La configuración de sus teléfonos es rápida y sencilla.
<p>Aastra http://www.aastra.com.mx/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Tiene una gran variedad de teléfonos IP. -La interfaz de los teléfonos es muy sencilla. -Tiene diseños elegantes y con buen audio.
<p>Cisco http://www.cisco.com/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Los teléfonos de cisco son los más utilizados. -Los teléfonos son inalámbricos como o fijos, según sus necesidades. -Sus teléfonos soportan un amplio número de protocolos VoIP. -Su costo podría ser muy elevado.

Tabla 3.2. Opciones de teléfonos IP (Elaboración propia, 2014)

➤ Teléfonos IP Inalámbricos

Tienen una función muy similar a la de un celular, pueden hacer uso de redes inalámbricas para realizar llamadas VoIP. Existen los teléfonos con soporte para Wi-Fi y con soporte DECT⁵⁹.

⁵⁹ DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications). - Es un estándar de transmisión de datos para la comunicación inalámbrica, utilizado principalmente para la creación de sistemas de teléfonos inalámbricos.
Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

➤ Softphone

Es un programa utilizado para la realización de llamadas de computador a computador. Este tiene la funcionalidad de simular un teléfono convencional, instalándolo en nuestro computador podemos realizar llamadas a otros Softphones, teléfonos convencionales o cualquier otro teléfono IP haciendo uso de VoIP. En la tabla 3 damos algunos ejemplos de Softphones recomendados.

Opciones de Softphone	
<p>Express Talk http://www.nch.com.au/talk/es/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Es gratuito entre los equipos. -Realizar llamadas telefónicas y video-llamadas. -Permite la configuración de 6 líneas telefónicas. -Compatible para Windows y iOS.
<p>Voip Buster http://www.voipbuster.com/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Software gratuito. -Llamada a teléfonos fijos de forma gratuita. -Disponible para Windows, iOS. -cuenta con una versión para móviles.
<p>X-Lite http://www.counterpath.com/</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Es gratuito. -Disponible para Windows, iOS y Linux. -cuenta con una interfaz muy simple. -Permite un gran número de ajustes de acuerdo a sus necesidades.

Tabla 3.3. Opciones de softphone (Elaboración propia, 2014)

Este programa al ser instalado en el equipo debe contar con una tarjeta de sonido, micrófono, auriculares y una conexión a internet ya sea por cable o modem DSL. Cabe mencionar que una de las principales ventajas de este es que las llamadas de computador a computador son gratis.

➤ Centralita IP

Mejor conocida como IP-PBX (Internet Protocol-Public Branch Exchange) es un conmutador telefónico encargado de manejar todas las comunicaciones externas e internas de la ToIP, cuentan con procesadores específicos para la conversión de la voz analógica en un formato digital. Se recomienda más las centrales híbridas, pues permiten integrar todo tipo de terminales y líneas.⁶⁰

⁶⁰ Fuente: <http://www.slideshare.net/carlos.estrelaalfaro/telefonía-white-paper-leader>
<http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/ensayos/TELEFONIA%20VoIP.pdf>

Un IP-PBX cumple con varias funciones entre las cuales destacan las siguientes:

- ACD (Automatic Call Distribution): se encarga de colocar los llamados en cola y los rutea a sus grupos, en caso de que la extensión este ocupada el llamado es ruteado a la próxima extensión que se encuentre libre dentro de ese mismo grupo.
- Voice mail personalizado.
- IVR (Interactive Voice response): reconoce sonidos y automáticamente ejecuta una acción.
- Dial plan: es muy importante en los IP-PBX ya que nos permite bloquear, permitir, reemplazar dígitos o anteponer dígitos a números discados desde las extensiones. Este Dial plan nos permite rutear llamados locales al gateway para poder salir a la línea convencional. En la figura 3.1 podemos ver el esquema general de las terminales de telefonía IP.

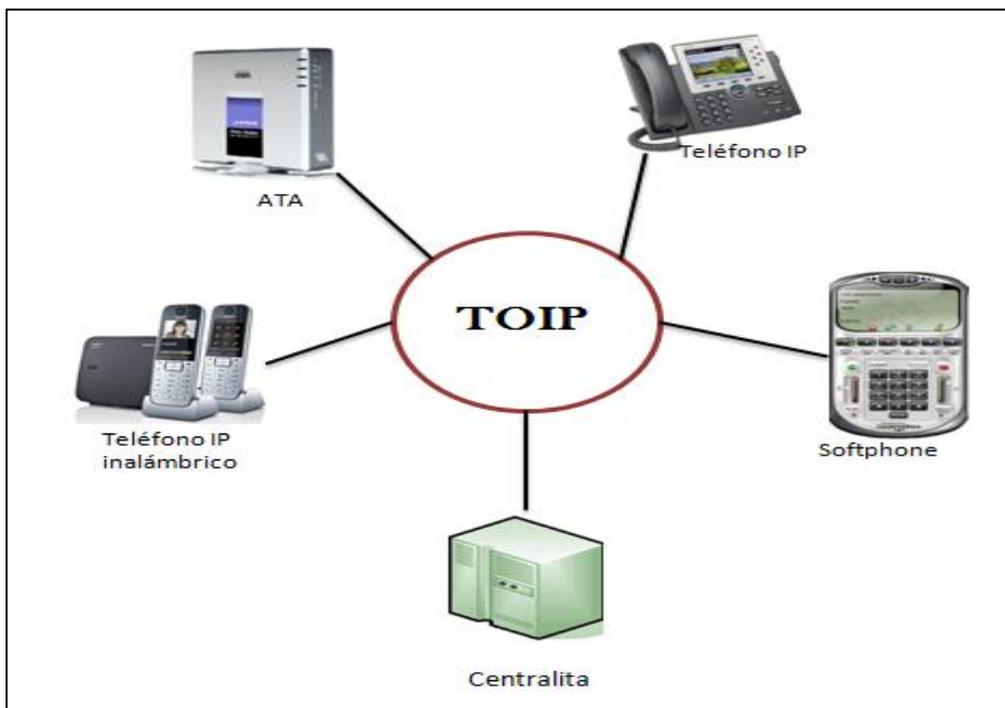


Figura 3.1. Terminales de telefonía IP (Elaboración propia, 2014)

3.3. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA TELEFONÍA IP

Debido a que la Telefonía IP es una aplicación directa de la tecnología VoIP, el modo en que funcionan ambas es el mismo, en términos generales la telefonía IP se podría describir con los siguientes pasos:

- Digitalización de la voz.
- Una vez digitalizada la voz se comprime.
- Posteriormente se envía en pequeños paquetes de datos IP a través de internet hacia su destino (Conmutación de paquetes)
- Una vez que llegan a su destino, se repite el proceso antes mencionado, es decir, son ordenados de nuevo, descomprimidos y convertidos en una señal de voz para que el usuario final pueda entenderlo.

La telefonía IP (ToIP) hace uso de la *conmutación de paquetes* para ser capaz de enviar únicamente paquetes que contengan voz, y por tanto solo abre una pequeña conexión suficiente para el envío del paquete hasta su destino.

3.3.1. TIPOS DE LLAMADAS EN TOIP

- Llamada de PC(softphone) a PC (softphone)

Aquí tanto el emisor como el receptor necesitan de un computador (que contenga un softphone instalado) que los permita conectarse a internet a través de un ISP⁶¹, así como haber fijado con anterioridad la hora en la que se conectarían mutuamente, pues solo existirá una comunicación mediante un acuerdo previo. En la mayoría de los casos el protocolo utilizado en ambas partes es H.323, SIP o IAX⁶²

1. Se genera una señal desde el computador emisor que es enviada a través de internet al computador receptor.
2. El software (Softphone) es el encargado de traducir el ID del usuario (número telefónico) a una dirección IP con el fin de asociar un usuario a su correspondiente en la red de datos de internet.

⁶¹ Proveedor de Servicio de Internet

⁶² IAX.- Es un protocolo utilizado por la centralita Asterisk para el manejo de conexiones VoIP entre sus servidores y clientes VoIP que lo utilizan, este protocolo utiliza un único puerto UDP (generalmente el 4569) que nos permite manejar una gran cantidad de codecs y flujos de audio/video.

Fuente: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid3521a/doc/bmfcid3521a.pdf>

<http://www.slideshare.net/carlos.estrelaalfaro/telefonía-white-paper-leader>

<http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/ensayos/TELEFONIA%20VoIP.pdf>

3. Al momento de contestar la llamada el usuario en el equipo receptor, el software en su computador es el encargado de digitalizar la voz, comprimirla, dividirla en pequeños paquetes y posteriormente enviarla a través de internet (TCP/IP) para liberar la conexión.
4. Cada uno de los paquetes enviados a internet toman una ruta (no necesariamente la misma) para llegar al mismo destino final, en este caso el computador emisor que inicio la llamada.
5. El computador emisor recibe los paquetes, los vuelve a armar y los convierte en voz analógica, para posteriormente enviarlos a través de sus bocinas o audífonos conectados al computador para que el emisor pueda escucharlo.
6. Estos pasos se realizan consecutivamente hasta que alguna de las 2 partes pone un alto al flujo de información dando como resultado el final de la comunicación.

➤ Llamada de Teléfono IP o Softphone a Teléfono Analógico

Para que exista comunicación entre ellos existen dos soluciones, la primera es cuando el usuario con computador cuenta con una tarjeta de interfaz FXO, la cual nos permitirá la comunicación entre la red de datos y la red PSTN. En el segundo caso se necesita hacer uso de un proveedor de servicio de telefonía Internet (ITSP), este último permite realizar llamadas a través de internet a cualquier destino tradicional. Véase la figura 3.2.

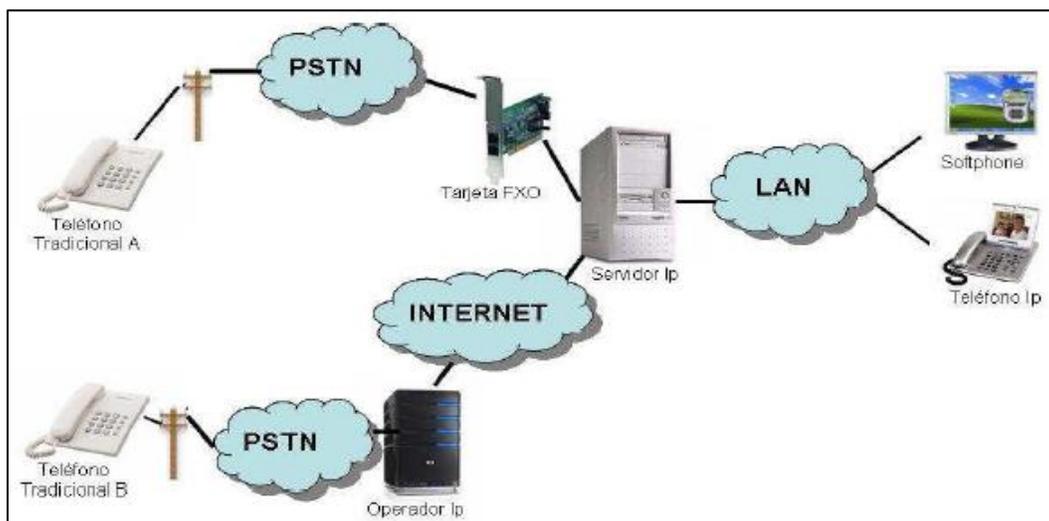


Figura 3.2. Llamada PC o softphone - Teléfono analógico (Fuente.- <http://repositorio.bib.upct.es>, 2014)

➤ Llamada de Teléfono Analógico – Teléfono Analógico

Es este tipo de comunicación además de requerir de la tarjeta de un servidor IP, una interfaz FXO y el respectivo proveedor IP para entablar la comunicación desde el servidor IP hasta el teléfono tradicional, se necesita una tarjeta de interfaz FXS, la cual tiene la función principal de conectar los teléfonos analógicos con el servidor para poder comunicarse con una red PSTN o directamente al a red LAN. Véase figura 3.3

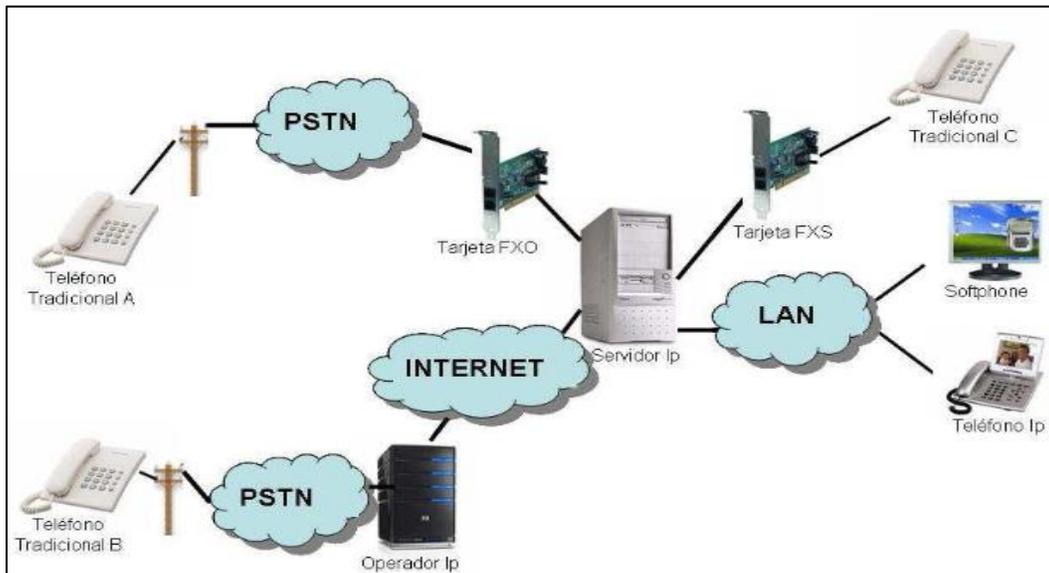


Figura 3.3. Llamada de teléfono analógico – teléfono analógico
(Fuente: <http://repositorio.bib.upct.es>, 2014)

En la figura 3.4 podemos observar una vista general del funcionamiento de las llamadas ToIP donde se destaca principalmente el servidor de telefonía IP que cumple un papel muy importante, ya que es el encargado de administrar los dispositivos así como permitir las conexiones a internet o la red PSTN, por tanto cumple la función de una centralita PBX o central telefónica. Al ser considerado una centralita PBX, el servidor IP cuenta con determinadas características que lo distinguen entre las cuales se encuentran:

- Agrupa un número determinado de líneas telefónicas en un único número, el cual es mostrado al público y al cual se puede llamar.
- Maneja los números internos de una empresa por medio de anexos.
- Puede realizar la transferencia de llamadas y cuenta con música en espera
- Tiene llamadas en espera, entre otras.⁶³

⁶³ Fuente: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid3521a/doc/bmfcid3521a.pdf>

3.4. MEDICIÓN DE PARÁMETROS QOS EN TOIP

Para saber la calidad de servicios en la telefonía IP podemos hacer uso de algunas técnicas que nos ayudaran a medir la calidad de nuestro servicio de ToIP, estas medidas se clasifican en activas y pasivas.

➤ Medidas Activas

Estas son llamadas también “intrusivas” que consisten en inyectar tráfico en la red con la finalidad de realizar las llamadas, con ésto se logra realizar análisis más directos, sin embargo también puede presentar un impacto negativo en las prestaciones recibidas por otros tipos de tráfico.

➤ Medidas Pasivas

También son llamadas “no intrusivas” éstas únicamente se limitan a observar el tráfico existente en la red, esto se consigue con algún método no intrusivo para la red haciendo una escucha o sniffing del tráfico cursado en determinados puntos de interés de la red, para su posterior procesado off-line o bien de forma dinámica.

Este tipo de monitoreo pasivo se puede clasificar en dos tipos:

- Monitorización en dos puntos

Se necesita tener dos dispositivos de medida desplegados en los puntos de acceso y salida de la red. Estos dispositivos se encargan de tomar paquetes de datos de forma secuencial, para poder calcular los parámetros de QoS como el retardo o pérdidas, entre otras, al aplicar monitorización de dos puntos se debe cumplir con lo siguiente:

- ✓ Todos los dispositivos deben estar sincronizados en el tiempo.
- ✓ Se debe identificar cada paquete en los dos dispositivos por su cabecera y contenido, este se torna difícil cuando el número de paquetes es muy grande.
- ✓ Para lograr identificar los paquetes monitorizados se deben recoger los paquetes de datos, este proceso necesitará un ancho de banda nada despreciable.

- Monitorización de un punto

Aquí cuando se recibe un segmento TCP desde una fuente se transmite un paquete de asentimiento para ese segmento. Monitorizando este par de paquetes en un punto de la red, podemos medir el retardo *Round Trip Time* entre ambos puntos. Los paquetes perdidos también pueden ser detectados de esta forma. Sin embargo, si aplicamos este tipo de monitorización, las medidas están restringidas a flujos TCP.

3.5. ESCALABILIDAD DEL SERVICIO DE TELEFONÍA IP

Al ofrecer la ToIP los mismos servicios que la telefonía tradicional pero con la ventaja de estar sobre una red de datos se ha vuelto un servicio muy solicitado que cada vez toma más presencia principalmente en el ambiente laboral.

Al estar la ToIP montada sobre la misma infraestructura de una red IP facilita su interoperabilidad, brindando varios servicios de valor agregado como lo son:

➤ Multiconferencia

Permite la conexión de 3 o más usuarios simultáneamente compartiendo una conversación o documentos en donde todos los miembros de la multiconferencia pueden participar. Esto significa un ahorro considerable en la economía de la empresa, al disminuir considerablemente los gastos que implican el desplazamiento del personal.

➤ Mensajería Unificada

Esta brinda grandes comodidades a los usuarios para la administración de todos sus mensajes sin importar el horario, ubicación o dispositivo. La mensajería unificada nos brinda la posibilidad que el usuario administre sus mensajes de voz, correo electrónico y fax a través de un solo casillero de entrada.

➤ Videotelefonía

Este servicio permite la comunicación mediante voz e imágenes entre clientes en tiempo real, para que este servicio tenga buena calidad es necesario precisar que ambos interlocutores cuenten con conexiones de alta velocidad a Internet, y en ocasiones que ambos cuenten con el mismo videoteléfono.

➤ Fax

Este servicio también está disponible para la ToIP, consiguiendo de manera significativa que se reduzcan aún más los costos de una empresa. En este caso el usuario que reciba el fax no necesita de algún dispositivo especial, pues se seguirán recibiendo los fax a través de una maquina convencional.

Una de sus principales ventajas es el envío de fax masivo, pues el usuario solo tendrá que enviar una copia del fax, al igual se envía la lista de números telefónicos destino y el sistema se encargara de realizar todos los envíos enrutando los faxes al punto desde donde la llamada de destino es más económica.

3.6. ASTERISK

Es un programa de software libre, su capacidad de respuesta ante problemas de implementación no puede ser igualada por una empresa privada, Asterisk nos proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX⁶⁴)

Al igual que un PBX es capaz de conectar a un número determinado de teléfonos para realizar llamadas entre si e incluso conectar un proveedor de VoIP o RDSI tanto básicos como primarios pero lo hace de manera digital.

Asterisk nos permite diseñar un sistema de telefonía a nuestra medida ya que soporta una gran variedad de protocolos y Códecs, para su completo funcionamiento se requiere del uso de un hardware adicional de muy bajo costo (teléfonos IP) todo esto lo lleva a convertirse en una de las herramientas más utilizadas dentro del ambiente laboral, ya que posee características que anteriormente solo se encontraban en costosos sistemas PBX.

Para entender mejor Asterisk es necesario saber el significado de algunos conceptos generales utilizados en Asterisk, por ejemplo:

- Canal: es el medio por el cual es emitida una llamada entrante o saliente, Asterisk soporta varios canales (Console, ZAP⁶⁵, entre otras.)
- DialPlan: es la configuración de la centralita Asterisk que indica el camino a seguir durante una llamada, desde su inicio hasta que finalice, en otras palabras es el encargado de llevar el comportamiento lógico de la centralita.

⁶⁴ PBX.- Central Telefónica Privada

⁶⁵ ZAP.- Son líneas analógicas o digitales

Fuente.- <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd3521a/doc/bmfcd3521a.pdf>

- Extensión: en Asterisk cada extensión es una línea de comandos a ejecutar, se accede a estas extensiones cuando se recibe una llamada entrante por un determinado canal.
- Contexto: es una colección de extensiones que nos sirven para diferenciar el lugar de donde se encuentra una llamada y poder aplicar las acciones correspondientes. El DialPlan se divide en uno o varios contextos.
- Aplicación: son realmente comandos encargados de controlar el comportamiento de una llamada y del propio sistema en sí.

3.6.1. ARQUITECTURA DE ASTERISK

Debido a que Asterisk es la implementación de una central telefónica PBX por software es considerado un sistema de máxima flexibilidad que permite al administrador realizar las configuraciones que se ajusten a sus necesidades, su arquitectura está definida por cuatro API'S ⁶⁶ específicos que le permiten a Asterisk integrar el hardware utilizado en la telefonía tradicional y las novedosas tecnologías de transmisión de voz mediante la conmutación de paquetes.

- API de canales: es el encargado de manejar el tipo de conexión mediante la cual el usuario está llegando (SIP, H.323, RDSI, etc.) o algún otro tipo de tecnología.
- API de aplicaciones: permite a distintos módulos cumplir con varias funciones tales como multiconferencias, listas de directorios, buzón de voz, aplicaciones personalizadas y cualquier tarea que sea capaz de cumplir un PBX actualmente o en un futuro.
- API de traductor de Códec: se encarga de cargar los distintos módulos de códecs para codificar y decodificar formatos de audio como G711, G729, GSM⁶⁷, mp3, etc.
- API de formatos de ficheros: maneja la lectura y escritura de varios formatos de archivos para el almacenamiento de datos en el sistema de archivos. En la figura 3.4 podemos ver el esquema de la arquitectura de Asterisk.

⁶⁶ API (Interfaz de programación de aplicaciones): son un conjunto de funciones y procedimientos que ofrece una determinada biblioteca para ser utilizado por otro software con una capa de abstracción.

⁶⁷ GSM (Global System Mobile Communications): es el sistema global para las comunicaciones móviles más utilizado.

Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

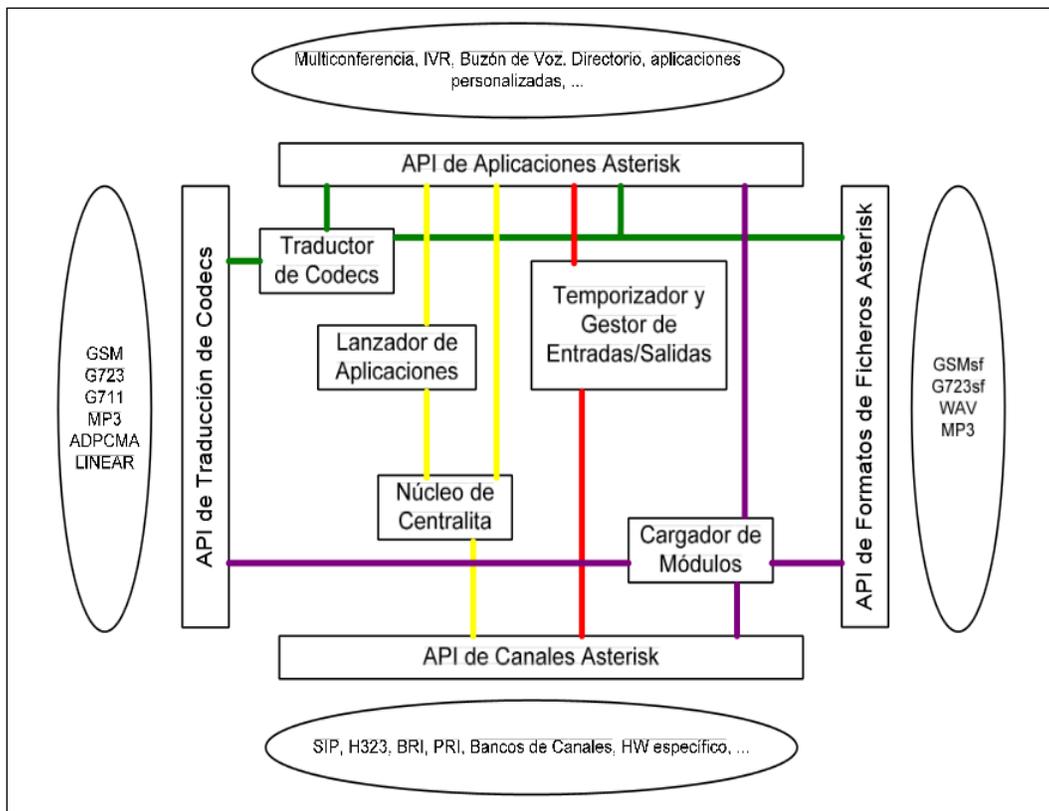


Figura 3.4. Arquitectura de Asterisk (Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos>, 2014)

Contando con la capacidad de cargar diferentes módulos de códecs puede ser capaz de soportar transmisiones de voz a través de conexiones lentas como lo son los módems telefónicos, también son capaces de proveer una alta calidad de audio sobre conexiones sin restricciones de ancho de banda. Además de contar con estos API's el núcleo de Asterisk maneja de manera interna las siguientes herramientas:

- Conmutación de la PBX (PBX Switching)

Conectan de forma transparente llamadas entre varios usuarios en diferentes hardware's e interfaces software, también se encarga de automatizar las tareas.

- Lanzador de aplicaciones

Éste lanza aplicaciones que se encargan de mejorar servicios de correo de voz, directorio telefónico, grabaciones, mensajes de bienvenida, etc.

➤ Traductores de Códecs

Se encarga del uso de los diferentes módulos de códecs con el fin de codificar y decodificar los distintos formatos de comprensión de audio que se usan en la industria telefónica. Este conjunto de códecs son capaces de adaptarse a las diversas necesidades del usuario para alcanzar un balance óptimo entre calidad de servicio y ancho de banda utilizado.

➤ Administrador de Entrada/Salida

Se encarga de manejar tareas de bajo nivel y de la administración del sistema para un mejor funcionamiento que sea más óptimo aún bajo diferentes condiciones de carga.

3.6.2. CARACTERÍSTICAS DE ASTERISK

Asterisk nos ofrece un conjunto de características que lo hacen una opción muy atractiva para su uso, además de basarse en estándares de la industria, por tanto lo hace compatible con la mayoría de marcas que se encuentran actualmente en el mercado.

- Compatibilidad: actualmente Asterisk soporta los siguientes protocolos y códecs.

COMPATIBILIDAD CON ASTERISK	
CÓDECS	PROTOCOLOS
ADPCM ⁶⁸	IAX
G.711, G723.1	H.323
G.729, G.726	SIP
GSM	MGCP
Speex ⁶⁹	SCCP
LPC-10	
iLBC ⁷⁰	
Linear ⁷¹	

Tabla 3.4. Compatibilidad de Asterisk (Elaboración propia, 2014)

⁶⁸ ADPCM.- Adaptive Differential Pulse Code Modulation

⁶⁹ Speex.- Es un códec con pérdidas, es decir, logra la compresión a costa de la fidelidad de la señal de voz de entrada, diseñado para redes de paquetes y redes de VoIP, es de código abierto.

⁷⁰ iLBC. (Internet low bitrate códec) códec gratuito utilizado para aplicaciones de VoIP, streaming de audio y mensajería.

⁷¹ Linear.- Linear Prediction Códec

➤ Funciones: Asterisk es encargado de realizar varias funciones, tales como:

- Asterisk funciona como un servidor dedicado.
- Soporta líneas de telefonía analógica, líneas RDSI⁷², VoIP.
- Incorporar extensiones remotas.
- Ruteador de llamadas salientes basándose en parámetros.
- Soporta redes Ethernet de 10, 100, 1000 Mbits/s.
- Posibilidad de interconectar varias sedes por VoIP (mediante VPN).

En cuanto a conectividad sus funciones son:

- Firewall.
- Router.
- Servidor de correo.
- Antivirus.
- Anti-Spam.
- Servidor DHCP.
- Redes Privadas Virtuales (VPN).
- Servidor FTP.
- Entre otras.

➤ Servicios Brindados

- Tránsito de llamadas internas y externas.
- Servicios de virtualización (VMWare, Virtual Box).
- Desvío de llamadas si está ocupado o no contesta el usuario.
- Grupos de llamadas.
- Servicio de No molestar (Do Not Disturb)
- Llamada en espera.
- Identificador de llamadas.
- Sistemas DISA (este método es para que alguna persona externa a la oficina pueda realizar llamadas a través de la centralita)
- Música en espera y en transferencia (son ficheros mp3 actualizados manualmente por el usuario)

⁷² RDSI.- Red digital de servicios integrados

Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

- Buzón de voz protegido por contraseñas (envió de mensajes al correo electrónico, indicador visual de mensaje en espera, Interfaz web para el acceso a los buzones)
- Operadora Digital.
- Control de listas negras (números prohibidos)
- Base de datos de llamadas entrantes y salientes.
- Detección automática de llegada de fax y envió de este desde el propio sistemas a través de su interfaz web.
- Brinda una plataforma web para la configuración y administración del sistema.
- Soporta videoconferencias con protocolos de VoIP (SIP, IAX2)
- Acciones a realizar según un horario y fecha.
- Salas de conferencia (2 o más terminales simultáneamente)

➤ Capacidad de Integración

Asterisk tiene la capacidad de integrarse a la red de telefonía convencional haciendo uso de las interfaces analógicas (FXO y FXS) o digitales (BRI y PRI) según sea el caso. En cualquiera de estas interfaces se debe instalar el driver Zaptel⁷³

La configuración de interfaces de hardware es almacenada (/etc/zaptel.conf), posteriormente se configura el archivo zapata.conf (etc/Asterisk/zapata.conf) donde se encuentra la configuración de Asterisk para la utilización de dichas interfaces de hardware.

➤ Administración de Asterisk

Asterisk nos brinda dos modos de administración del sistema, ya sea mediante la interfaz web o por línea de comandos CLI. Con el fin de tener una mejor administración es más utilizable la línea de consola.

Mediante CLI se pueden realizar varias acciones para comprobar el funcionamiento del sistema, un ejemplo seria “debugear” o recargar configuraciones en el PBX funcional (necesario cuando se modifica algún archivo de configuración), para acceder al modo de consola se ejecuta “asterisk-r”.

⁷³ Zaptel.- Interfaz del kernel que nos permite acceder a las tarjetas de comunicaciones y de descarga de internet.
Fuente.- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11379/fichero/memoria%252F4.pdf>
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

3.6.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ASTERISK

	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es una de las pocas soluciones libres que soporta telefonía tradicional y telefonía IP.	Puede llegar a tener problemas con los protocolos SIP y H.323 cuando se implementa el NAT.
Las soluciones de telecomunicaciones basadas en Asterisk son económicas, robustas, flexibles y protegen la inversión.	El software posee una complejidad adicional propia de él, lo que hace que nuestro sistema telefónico sea menos confiable.
Es capaz de dar servicio desde 10 usuarios hasta un máximo de 10 000 usuarios repartidos en varias sedes. Se configura y adapta a las necesidades específicas de cada organización, convirtiéndose en un sistema completamente flexible.	Asterisk aunque es multiplataforma fue pensado para funcionar sobre Linux, por tanto se cuenta con más soporte para la configuración y administración de este en Unix.
El usuario tiene la posibilidad de crear nuevas funcionalidades escribiendo un dialplan en el lenguaje propio de Asterisk o bien añadiendo módulos escritos en algún lenguaje de programación.	
Reconoce muchos protocolos de VoIP como los son SIP, H.323 y MGCP.	
Es capaz de interoperar con terminales IP actuando como un registrador y como Gateway entre ambos.	
Existe una gran variedad de softphone gratuitos y teléfonos IP a precios muy cómodos compatibles con Asterisk.	
Según estadísticas Asterisk es 100 veces más seguro que cualquier otro régimen de comunicaciones comercial.	
Fuente: http://www.asterisk.org/	

Tabla 3.5. Ventajas y desventajas de Asterisk (Elaboración propia, 2014)

3.7. TOP DE APLICACIONES VOIP

Cada día se vuelve más exigente la calidad de servicios de comunicación por parte del usuario, esto ha llevado como consecuencia que constantemente se busque mejorar la experiencia del usuario al momento de comunicarse.

En la actualidad han surgido innumerables aplicaciones que ofrecen el servicio de VoIP, permitiéndonos realizar llamadas de buena calidad y además ofreciendo al usuario la ventaja de ser gratis siempre y cuando dispongas de una red de internet. A continuación analizaremos las principales aplicaciones gratuitas que lideran el mercado de VoIP.

➤ Line

Esta aplicación es otra opción para quienes no desean tener WhatsApp ya que nos ofrece los mismos servicios pero con la característica de poder agregar Stickers, lo cual lo ha hecho muy atractivo para los usuarios.

	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es gratuito y multiplataforma, es decir, se puede usar en ordenadores MAC o Windows. Su popularidad radica en que tiene la opción de insertar Stickers.	La compañía permitía llamadas de Skype a través de Fring, pero Skype le quito el acceso.
No es necesario asociar el perfil personal a un número de teléfono	No es muy conocida por los usuarios
Permite la realización de llamadas y video-llamadas, envió de mensajes e incluso tenemos la posibilidad de escuchar o ver a nuestros contactos.	Esta aplicación consume más memoria RAM de lo que debería, por tanto la duración de tu batería se disminuye considerablemente.
Cuenta con una característica llamada Timeline al más puro estilo de Facebook, donde el usuario puede publicar fotos y modificar sus estados mientras que al mismo tiempo puede recibir comentarios y likes.	
Esta aplicación no muestra nuestro estado de conexión, tampoco nos muestra si la persona está escribiendo un mensaje.	
Fuente: http://line.me/es/	

Tabla 3.6. Ventajas y desventajas de Line (Elaboración propia, 2014)

➤ Skype

Sin duda alguna podemos decir que es la aplicación VoIP más popular en el mercado contando aproximadamente con 600 millones de usuarios. Tiene una buena calidad de servicio, su éxito radica en que el usuario no tiene que preocuparse por las tediosas configuraciones SIP, es una de las recientes adquisiciones de Microsoft por ocho millones de dólares.

	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El servicio básico es gratuito. Es muy fácil de usar y su instalación es muy rápida.	La calidad de video y llamadas depende de tu conexión a internet.
Ofrece identificador de llamadas y servicio de correo de voz.	Para hacer uso del servicio requiere registrarse.
Cuenta con la capacidad de realizar llamadas de voz y video-llamadas. Tiene el servicio de video-llamada grupal.	Para la realización de llamadas a teléfonos fijos se tiene que pagar.
Tiene el servicio de chat que nos permite la integración de smileys.	No permite tener en uso el chat y la video-llamada al mismo tiempo.
Realiza llamadas gratuitas entre usuarios de la aplicación.	El servicio de video-llamada aún no es compatible con todos los teléfonos móviles del mercado.
Cuenta con una aplicación para entornos móviles y una para escritorio.	Tiene una tarifa por minuto al momento de realizar llamadas internacionales.
Es compatible con números tradicionales, el costo de las llamadas a otros teléfonos (móviles o fijos) es a precios muy bajos.	En la llamada la voz se tarda en llegar y así mismo en retornar.
Está disponible para Android y MAC.	El buzón de voz tiene un costo.
Tiene un servicio de video-llamadas en Facebook.	
Fuente: http://www.skype.com	

Tabla 3.7. Ventajas y desventajas de Skype (Elaboración propia, 2014)

➤ Viber

Esta aplicación es llamada también el WhatsApp de VoIP, al ser gratuito y sin anuncios su popularidad ha ido aumentando siendo una de las aplicaciones más descargadas por los usuarios de móviles.

	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El servicio es gratuito, sin necesidad de registrarse. Tiene la capacidad de integrarse con tu libreta de direcciones del teléfono móvil.	Para poder realizar una llamada en móviles los 2 usuarios tiene que tener instalada la aplicación.
Nos permite la realización de llamadas de voz, con una muy buena calidad.	No es posible realizar video-llamadas.
Recientemente Viber agrego una aplicación llamada Viber Out que te permite realizar llamadas a cualquier número de teléfono, sin importar que no tengan instalada la aplicación.	La información referente a tu historial de mensajes se guarda en el teléfono y no en la nube, por tanto solo se puede acceder a esta información únicamente desde nuestro teléfono.
Nos permite cambiar al a red GSM en una llamada en directo en el momento que nos encontremos en un sitio sin cobertura de datos.	Para empezar a utilizar el servicio, Viber te tienen que dar un código inicial una vez que colocamos nuestro número de teléfono en la aplicación.
La aplicación se integra perfectamente con Smartphones, Android, iOS o Blackberry OS, y se encuentra disponible para móviles, escritorio y notebooks	
Es posible enviar archivos multimedia como notas de audio, fotos, videos o tu ubicación actual.	
Tiene la capacidad de informarnos si el mensaje ha sido enviado y cuando lo ha recibido el otro usuario.	
Fuente: http://www.viber.com	

Tabla 3.8. Ventajas y desventajas de Viber (Elaboración propia, 2014)

➤ Fring

De las más antañas dentro de VoIP, esta aplicación trabaja sobre su propia red, su mayor atractivo es que permite ponernos en contacto con cualquier protocolo existente.

	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
El servicio es gratuito, la aplicación cuenta con una interfaz muy amigable y su configuración es muy fácil.	La compañía permitía llamadas de Skype a través de Fring, pero Skype le quito el acceso.
Ofrece servicios de mensaje de texto, chat, video y llamadas a teléfonos fijos en todo el mundo.	Fring carece de alguna aplicación para escritorio. La aplicación no es tan conocida.
Permite realizar video chat con hasta cuatro personas a través de 3G. Permite realizar llamadas internacionales a muy bajo costo. Cuenta con un chat ilimitado en vivo entre usuarios, ya sean de Fring u otras redes.	Aún carece de buena calidad en el servicio de llamadas a teléfonos fijos, aun cuando este servicio tiene un costo.
Fuente: http://www.fring.com	

Tabla 3.9. Ventajas y desventajas de Fring (Elaboración propia, 2014)

Existen otras aplicaciones para VoIP no tan populares, pero no por ello dejan de ser buenas en cuanto al servicio se refiere, a continuación mencionaremos otras opciones de aplicaciones en VoIP.

EJEMPLO DE APLICACIONES VoIP	
NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
Rebtel http://www.rebtel.com	Ofrece llamadas y video-llamadas gratis entre usuarios Rebtel.
Ekiga http://ekiga.org	Realiza videoconferencias y telefonía IP, compatible con H.323 y disponible para Linux, Unix y Windows.
Tango http://www2.tango.me	Realiza video-llamada gratuito en sistemas iOS, Android y Windows Phone.

Tabla 3.10. Opciones de aplicaciones VoIP (Elaboración propia, 2014)

3.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VOIP Y TOIP

- ✓ A diferencia de la telefonía convencional (PSTN), la ToIP⁷⁴ se caracteriza por tener solo la mitad de la conexión en uso en cualquier momento de la comunicación, dicho de otra forma, en una llamada ToIP mientras un extremo está hablando el otro solo escucha, añadiendo también que hay pequeños lapsos de tiempo en que ninguno de los extremos está hablando, y por tanto se pueden eliminar estos intervalos reduciéndolo aún más, teniendo como resultado el envío únicamente de los paquetes de octetos que contienen voz.
- ✗ Cuando se utiliza Softphones en ToIP se depende de computadores con especificaciones y capacidades muy variadas, y por ello todas las llamadas telefónicas están sujetas a las capacidades del computador.
- ✓ Único número de teléfono.- La telefonía IP tiene la ventaja de poseer movilidad geográfica, de esta manera el usuario puede tener acceso a su extensión telefónica desde cualquier lugar geográfico mediante una conexión a internet.
- ✗ Calidad de los servicios.- Quizá la mayor desventaja de la ToIP es la calidad de sus servicios que puede variar por varios factores que van desde ecos o interferencias hasta distorsiones de sonido. La gran mayoría de estos factores provienen del ancho de banda utilizado en su conexión a internet.
- ✓ Llamadas a teléfonos fijos o celulares.- Nos permite realizar llamadas a cualquier teléfono fijo o móvil en cualquier lugar del mundo, también nos permite transmitir fax, voz, video, correo electrónico, mensajería, entre otros. Podemos concluir que la telefonía IP nos brinda una gran variedad de servicios en un mismo paquete.
- ✗ Acceso a internet.- Únicamente podrá ser utilizado por aquellas personas que tengan una conexión a internet, computadora, y una línea telefónica.
- ✓ Mantenimiento a recursos.- En el ambiente laboral es muy práctico el dar mantenimiento únicamente a una sola red de voz y datos, en vez de hacerlo a dos redes distintas. Los costos de los traslados, los nuevos usuarios y cambios (MAC, Moves, adds and changes), resulta un proceso pesado cuando se utiliza un sistema basado en telefonía tradicional que implica un acceso físico a la centralita, reduciéndose casi a cero con los sistemas IP, ya que se pueden realizar de forma remota, con una herramienta de autogestión de usuario basada en la web o desde una única consola con funciones complejas.

⁷⁴ ToIP.- Telefonía IP

- ✘ Incompatibilidad de los sistemas.- Actualmente no todos los sistemas utilizados por los proveedores del servicio de telefonía e internet son compatibles entre sí, esto ha causado que el crecimiento de la ToIP se haya estancado un poco. En la actualidad se está atacando este problema basando todos los sistemas en el protocolo H.323 y SIP con la finalidad de que haya compatibilidad entre éstos.
- ✓ Ventajas para las entidades corporativas.- Ésta convergencia de servicios de voz, datos y vídeo en una sola red implica para una empresa que lo adopte, un menor costo de capital, procedimientos simplificados de soporte, configuración de la red, una mayor integración de las ubicaciones remotas y oficinas sucursales en las instalaciones de la red corporativa. La ToIP utiliza la red de datos para proporcionar comunicaciones de voz a toda la empresa, a través de una sola red de voz y datos.
- ✘ Llamadas a números de emergencias.- Actualmente el servicio que brinda la ToIP es incapaz de suministrar la información necesaria del número y localización de la persona que está llamando.
- ✓ Videoconferencia integrada o Multiconferencia.- Con los datos de ancho de banda requeridos actualmente (de 8 a 16kbps por llamada), se podrían establecer de 15 a 30 comunicaciones simultáneas con una línea ADSL estándar, que podrían satisfacer sobradamente los requerimientos de una mediana empresa.
- ✘ Los parámetros principales que ocasionan la disminución de QoS en ToIP son la pérdida de paquetes, el retraso en el arribo de los paquetes, la variación en la entrega y el eco. La latencia en el sistema ToIP se origina principalmente en los Gateways, los procesos de codificación y decodificación de la voz y el trayecto de los paquetes.
- ✓ Hablando de ToIP se puede destacar que su mayor ventaja es el costo por llamada y su principal desventaja es la calidad del servicio.⁷⁵

⁷⁵ Fuente.- <http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/ensayos/TELEFONIA%20VoIP.pdf>

3.9. FUTURO EN VOIP

Debido a que VoIP tiene relativamente muy poco tiempo de vida, aún le falta evolucionar para llegar a convertirse en la primera solución a los excesivos gastos de telefonía por parte de las empresas, sin embargo cabe mencionar que va por buen camino.

Gracias a que la telefonía IP está adaptándose y creciendo a pasos agigantados aún tiene factores que se necesitan perfeccionar, entre los cuales destacan los siguientes:

- Administración del ancho de banda

El ancho de banda en una llamada IP puede variar considerablemente en cada tipo de aplicación de acuerdo a las necesidades del cliente. Como mencione anteriormente la recomendación G.711 es aceptada por el estándar H.323 admitiendo un ancho de banda de 64 kbps, mientras que otras como G.723 y G.729 trabajan a 5.3, 8 o 6.4kbps, estos son opcionales para la determinación del ancho de banda de operación de los códecs ofreciendo compatibilidad con los distintos sistemas del mercado, por consecuencia las posibilidades de que exista un verdadero control son muy limitadas.

- Interoperabilidad

Aquí el problema reside en la ausencia de un estándar único relativo a las características de arquitectura y operación de VoIP. El mercado de ToIP se ve limitado al carecer en algunos casos de interfaces con la telefonía tradicional.

CAPÍTULO 4

Aplicación propuesta de VoIP

4. APLICACIÓN PROPUESTA

Como ya se mencionó en el capítulo anterior actualmente en el mercado existen varias soluciones para VoIP, en esta ocasión con el fin de comprender el comportamiento de esta tecnología se realizará paso a paso un ejemplo básico del funcionamiento de una llamada de VoIP haciendo uso de herramientas que se encuentran al alcance de cualquier usuario.

Con esto se busca que el usuario visualice la facilidad con la que se puede poner en marcha una llamada de VoIP sin necesidad de contar con un conocimiento especializado del tema, y de este modo el usuario pueda considerar la implementación de VoIP dentro de su propia red.

4.1. HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA LA APLICACIÓN

Para la realización de una llamada de telefonía IP haremos uso de herramientas que cuentan con características y servicios que cubren las necesidades básicas del usuario final, para la realización de una llamada. Basándonos en las características de cada aplicación, desde sus servicios, costo y fácil manejo se pudo determinar las herramientas utilizadas para la realización de una llamada para nuestro ejemplo, las cuales serán las siguientes:

➤ AsteriskNow

Es la distribución oficial de Digium, que se ostenta como la distribución más ligera, AsteriskNow está diseñado para hacer funcionar Asterisk en pocos minutos debido a que cuenta con todos los requerimientos necesarios reconfigurados, añadido a esto nos brinda una administración y mantenimiento del servidor muy sencilla, para consultar más información sobre esta aplicación se puede consultar su página oficial (www.asterisk.org)

➤ X-LITE

Es la principal aplicación de SIP en el mercado, dicho de otra manera es un softphone que tiene la función de simular un teléfono IP, por tanto nos permite realizar llamadas desde el ordenador entre todos los usuarios de internet, también ofrece otros servicios como lo son:

- Video llamadas.
- Mensajes de texto.
- Música, Videos.

4.2. DESCARGA E INSTALACIÓN DE ASTERISKNOW

1. Entramos a la página de Asterisk (www.asterisk.org) > **Downloads** > Seleccionamos el tipo del archivo de **AsteriskNOW** > descargamos el archivo ISO (véase figura 4.1)

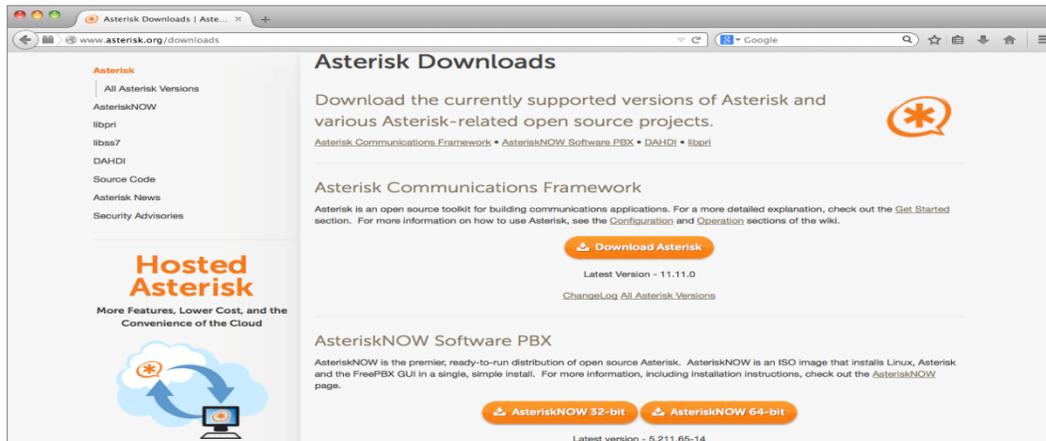


Figura 4.1. Descarga de Asterisk (Fuente: www.asterisk.com, 2014)

4.2.1. CREACIÓN DE MÁQUINA VIRTUAL

Abrimos **VirtualBox** > **Nueva** > establecemos un nombre > seleccionamos el tipo de **Linux** > en versión seleccionamos **Red Hat (64 bits)** > indicamos el tamaño de la memoria en **512 MB** > **Crear un disco duro virtual ahora** > **Crear**. (Véase figura 4.2)

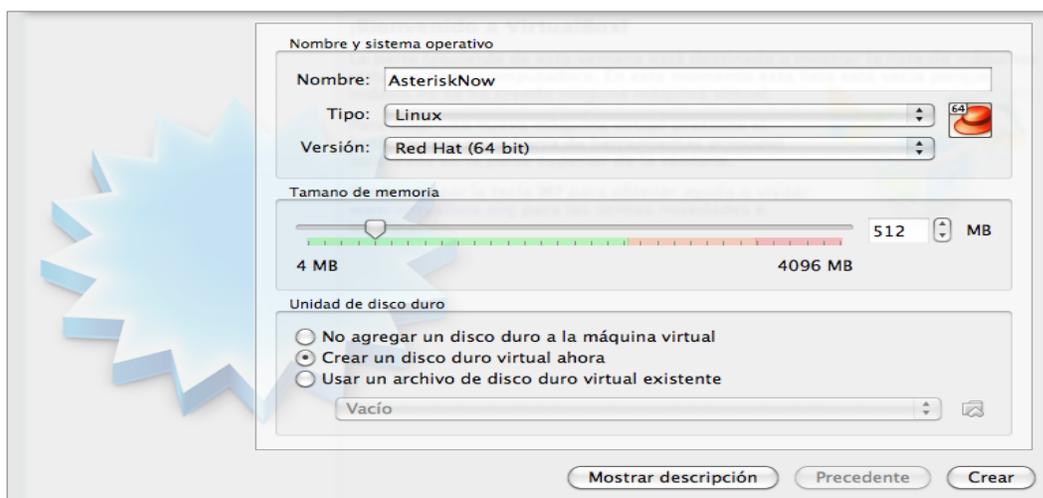


Figura 4.2. Creación de máquina virtual 1 (Fuente: VirtualBox, 2014)

Indicamos el tamaño del disco duro en **8 GB** > Seleccionamos el tipo **VHD** > Seleccionamos **Reservado dinámicamente** > **Crear**. (Véase figura 4.3)

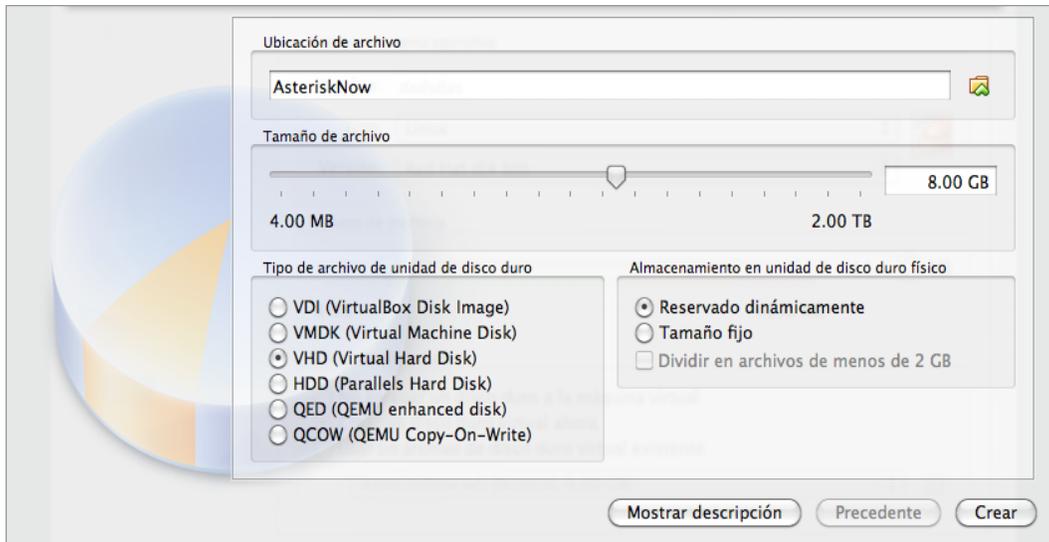


Figura 4.3. Creación de máquina virtual 2 (Fuente: VirtualBox, 2014)

Seleccionamos la máquina virtual creada > clic derecho > **Configuración**. (Véase figura 4.4)

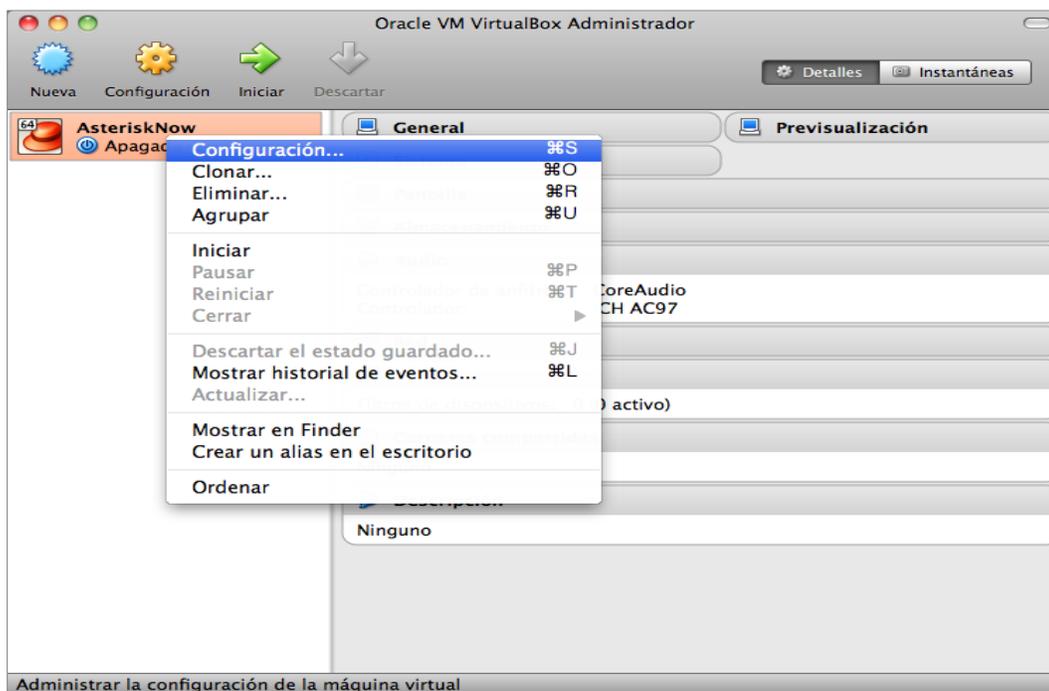


Figura 4.4. Configuración de máquina virtual 1 (Fuente: VirtualBox, 2014)

Nos dirigimos a la pestaña de **Red > Habilitar adaptador de red > Seleccionar Adaptador puente > Aceptar.** (Véase figura 4.5)

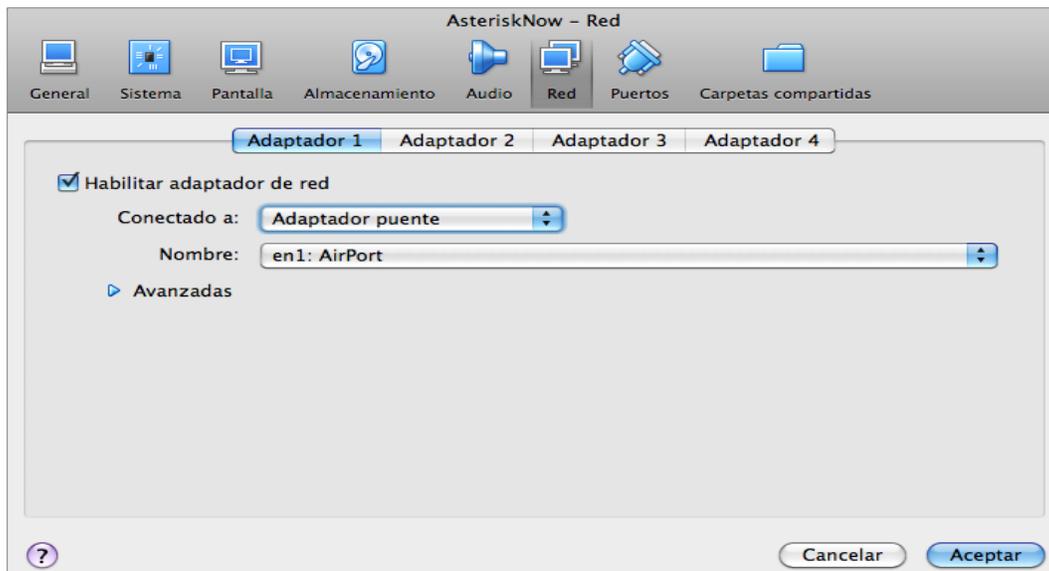


Figura 4.5. Configuración de máquina virtual 2 (Fuente: VirtualBox, 2014)

En la pestaña de **Almacenamiento > seleccionamos Vacío > en Atributos** damos clic en la imagen del disco > Seleccionas la imagen ISO de AsteriskNow descargada anteriormente > **Aceptar** (Véase figura 4.6)

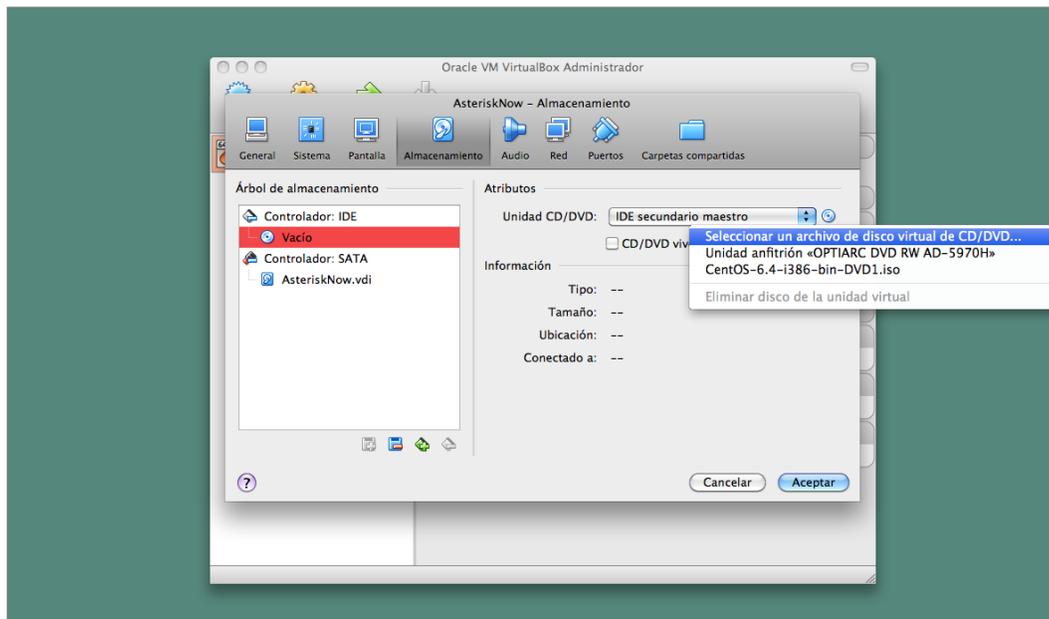


Figura 4.6. Configuración de máquina virtual 3 (Fuente: VirtualBox, 2014)

4.2.2. INSTALACIÓN DE ASTERISKNOW

Encendemos la máquina virtual **AsteriskNow** > Seleccionamos la primera opción **Full Install** > **Enter**. (Véase figura 4.7)

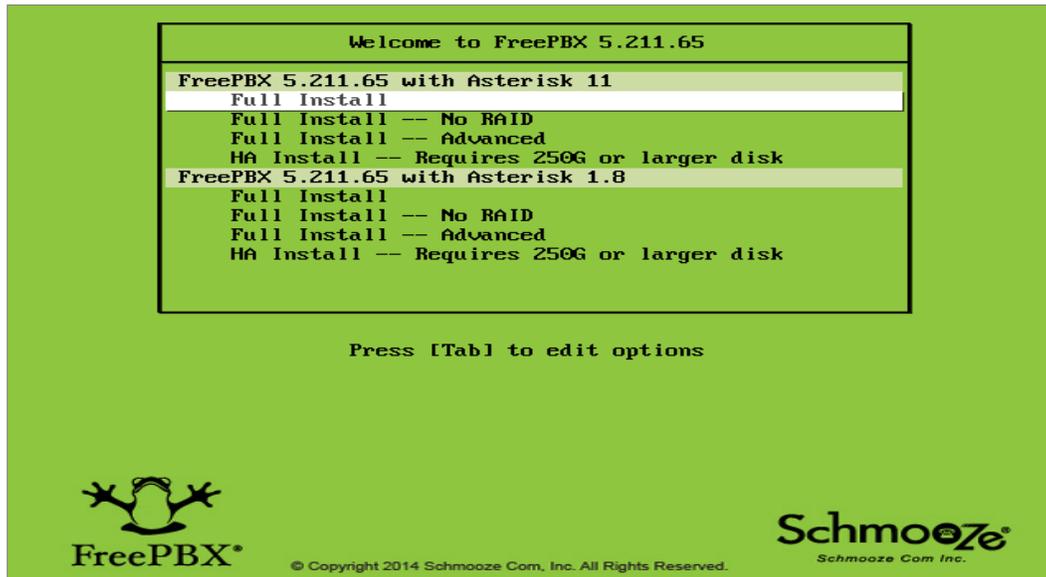


Figura 4.7. Instalación de AsteriskNow 1 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Aparecerá en la ventana el progreso de la instalación conforme este cargando el sistema. (Véase figura 4.8)

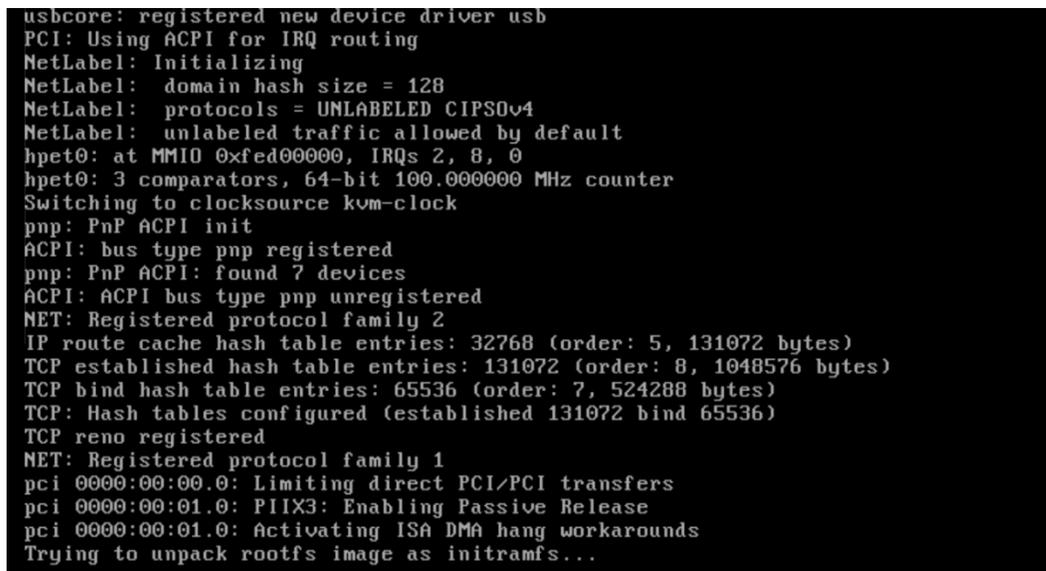


Figura 4.8. Instalación de AsteriskNow 2 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

A continuación nos aparecerá en la ventana la configuración por default para **TCP/IP**, seleccionamos **OK > Enter**. (Véase figura 4.9)

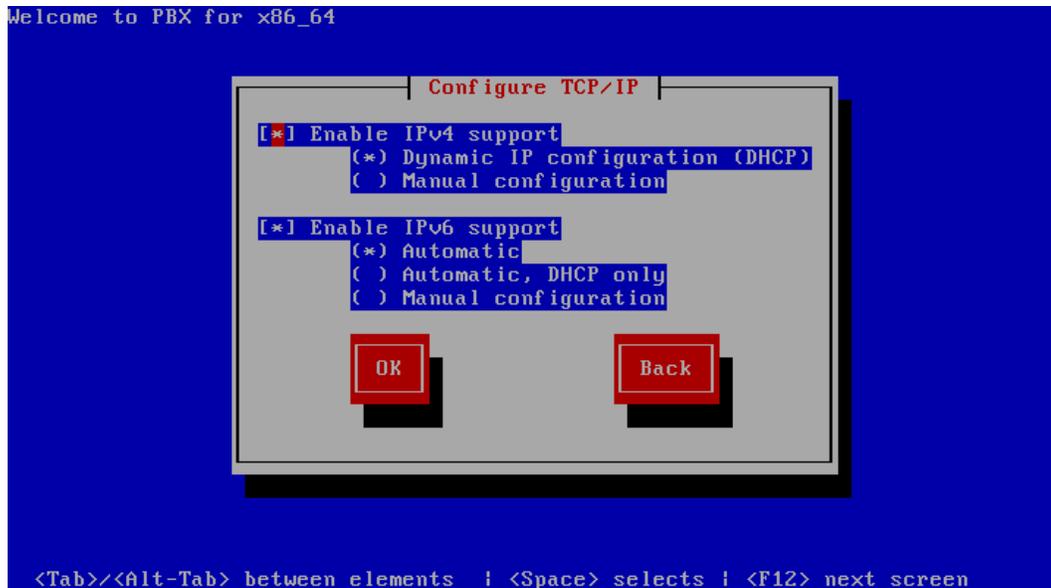


Figura 4.9. Instalación de AsteriskNow 3 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Seleccionamos la zona horaria **America/Mexico City > OK**. (Véase figura 4.10)

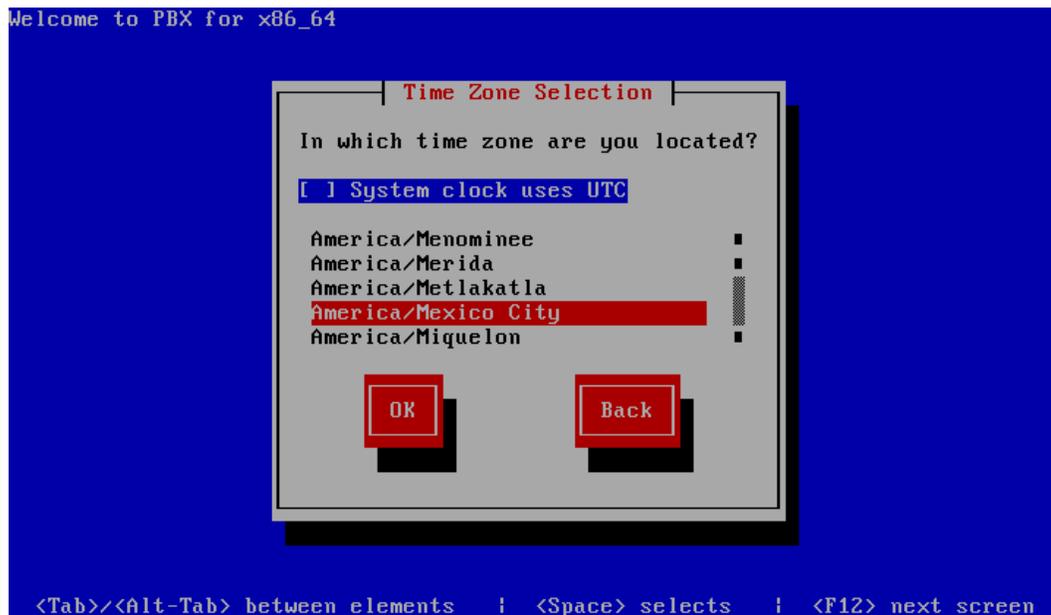


Figura 4.10. Instalación de AsteriskNow 4 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Introducimos el **Password** del usuario root, dicho password será usado para administrar el sistema AsteriskNow y lo confirmamos > **OK**. (Véase figura 4.11)

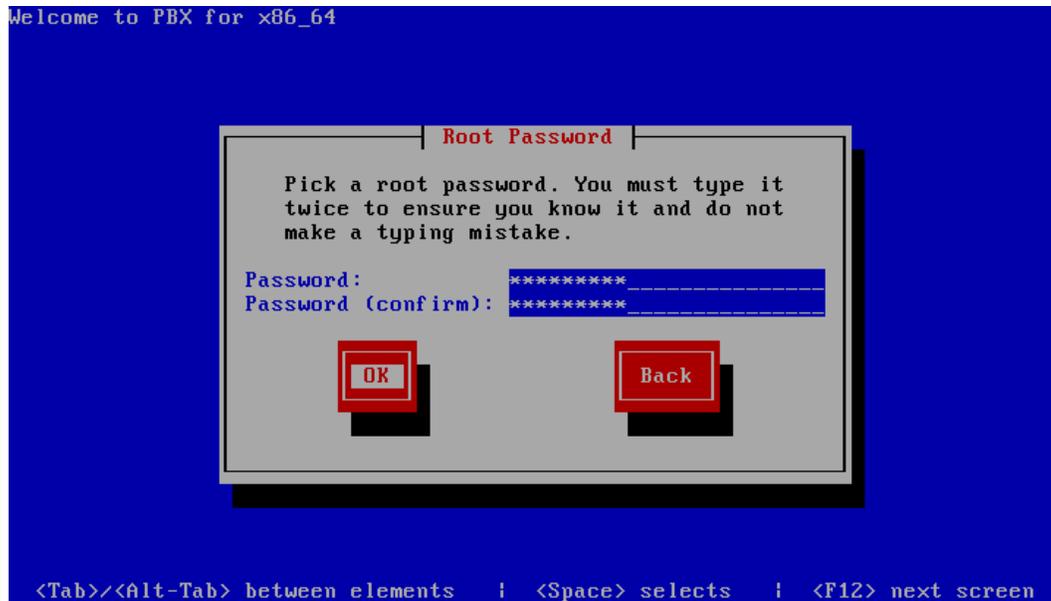


Figura 4.11. Instalación de AsteriskNow 5 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Nos mostrará una ventana indicando el avance de la instalación. (Véase figura 4.12)

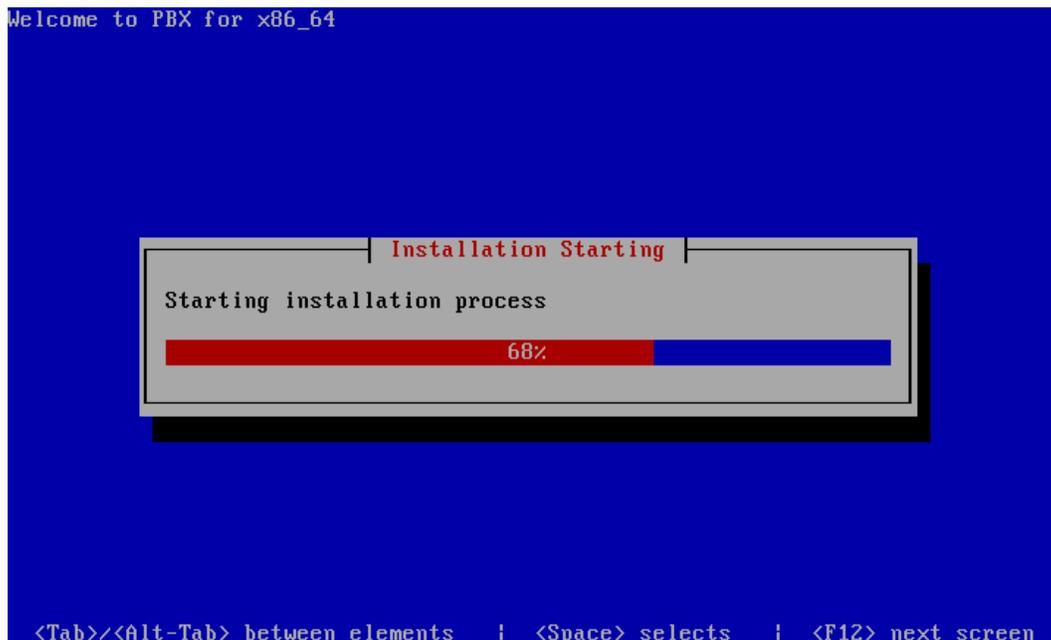


Figura 4.12. Instalación de AsteriskNow 6 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Una vez finalizando la instalación nos pedirá autenticarnos para acceder al sistema PBX. Enseguida nos mostrará una ventana con la IP del sistema PBX. (Véase figura 4.13)

Login: root

Password: asignado anteriormente

```

Password:
Login incorrect

login: root
Password:

          _____
         /         \
        /           \
       /             \
      /               \
     /                 \
    /                   \
   /                     \
  /                       \
 /                         \
/                           \
\                           /
 \                         /
  \                       /
   \                     /
    \                   /
     \                 /
      \               /
       \             /
        \           /
         \         /
          \       /
           \     /
            \   /
             \ /
              \

Interface eth0 IP: 192.168.1.68

Please note most tasks should be handled through the FreePBX UI.
You can access the FreePBX GUI by typing one of the above IP's in to your web browser.
For support please visit http://www.freepbx.org/support-and-professional-services

[root@dhcpc4 ~]#
[root@dhcpc4 ~]#
```

Figura 4.13. Instalación de AsteriskNow 7 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

4.3. ADMINISTRACIÓN DE ASTERISKNOW

Desde un equipo de la misma red ingresamos la dirección IP de nuestro sistema PBX en el navegador web > Creamos un usuario y contraseña utilizado para la administración del sistema > Proporcionamos una dirección de correo electrónico.

Username: admin

Password: xxxxx

Nos aparecerá la pantalla de administración del sistema FreePBX, en el cual nos muestra 4 opciones:

- FreePBX Administration

Es para la configuración de nuestra centralita IP, para el acceso a esta opción introducimos las credenciales configuradas en el punto 4. Su principal función es la de mantener las bases de datos de los usuarios y extensiones, así como las funciones de valor añadido como lo son:

- Diaplan de llamadas entrantes y salientes.
- IVR (operadora automática)
- Time Conditions (gestión de llamadas entrantes según horario y fecha)
- Ring Groups (grupo de llamadas): Round-Robin, todas a la vez, etc.
- Sistema de mensajería vocal.
- Monitorización de llamadas.
- Sala de conferencias.
- Grabación de las llamadas (recomendado para pequeños volúmenes)

➤ User Control Panel

Ayuda a los usuarios a controlar la gestión de llamadas y la configuración personal desde una interfaz web. Esta opción se divide en las siguientes secciones:

- Call monitor (registro de llamadas realizadas y recibidas en la extensión)
- Voicemail (correo de voz)
- Conference Pro (Gestión de la configuración de las salas de conferencias asignadas al propietario)
- Contact Directory (Agregar o importar contactos desde una base de datos)
- Fax (Administración de faxes)
- Presence (manejo de su presencia en la web)
- Feature Codes (Lista completa de todos los códigos de funciones activas en el PBX)
- Follow Me (Sígueme)
- Phone Features (Activar configuraciones tales como llamada en espera, desvió de llamadas, etc.)
- Settings (configuración de opciones generales como lenguaje, contraseñas, notificaciones)
- Logout (Salir del panel de control de usuario)

➤ Operator Panel

Este está pensado para ser utilizado por una recepcionista u operadora de llamadas utilizando una computadora, dependiendo de la distribución instalada puede tener varias aplicaciones como XactView, iSymphony, Flash Operator Panel.

➤ Get Support

Es un icono que nos enlazará a una página web oficial donde podremos obtener soporte comercial. (Véase figura 4.14)



Figura 4.14. Administración de AsteriskNow (Fuente: AsteriskNow, 2014)

4.3.1. CREACIÓN DE EXTENSIONES SIP

Clic en **FreePBX Administration** > Nos logueamos > Aparecerá la siguiente ventana (Véase figura 4.15)

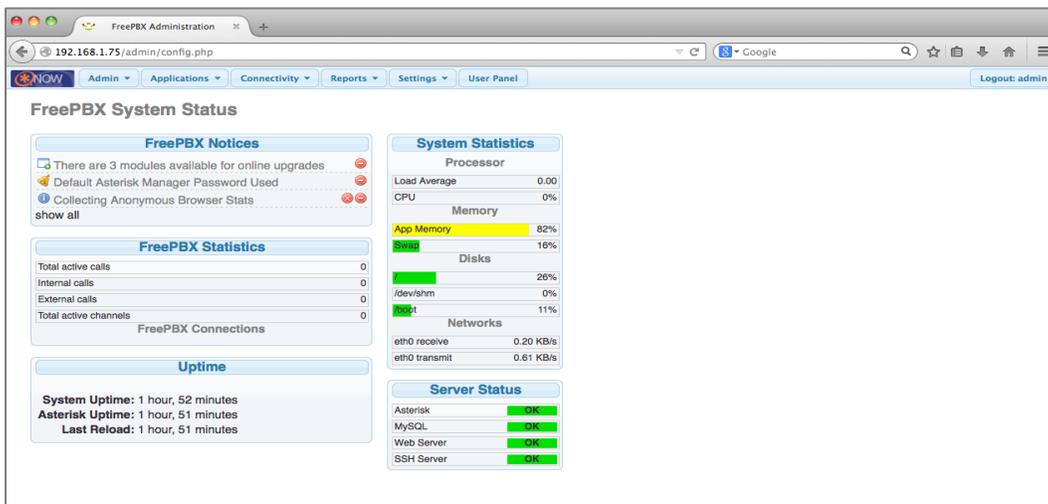


Figura 4.15. Creación de extensiones en AsteriskNow 1 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Seleccionamos **Applications > Extensions > Devices > Seleccionamos Generic SIP Device > Submit** (Véase figura 4.16)

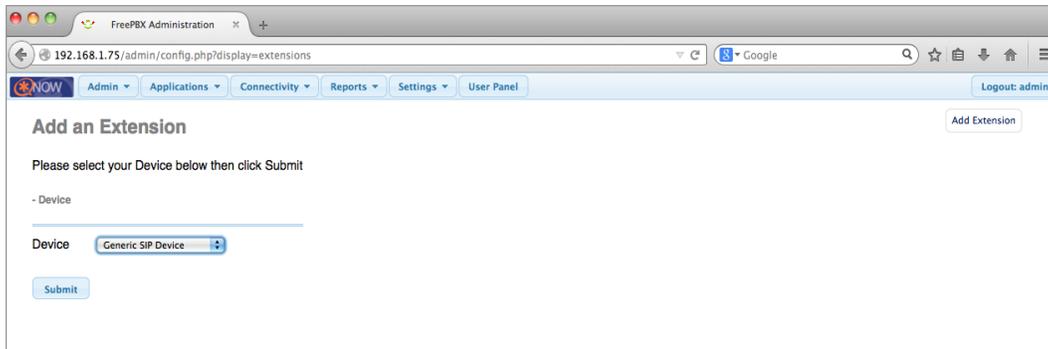


Figura 4.16. Creación de extensiones en AsteriskNow 2 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Enseguida asignamos los datos necesarios de la extensión 6002 > **Submit**.

- **User Extension:** número único por el cual se identificará a una extensión.
- **Display Name:** nombre o etiqueta que llevará la extensión de tal manera que pueda ser identificada más allá de un número, utilizado internamente cuando se realiza una llamada saliente.
- **Secret:** Es la contraseña que el artefacto (teléfono, softphone, etc.) utilizará para autenticarse y registrarse con esa extensión en la PBX. (Véase figura 4.17)

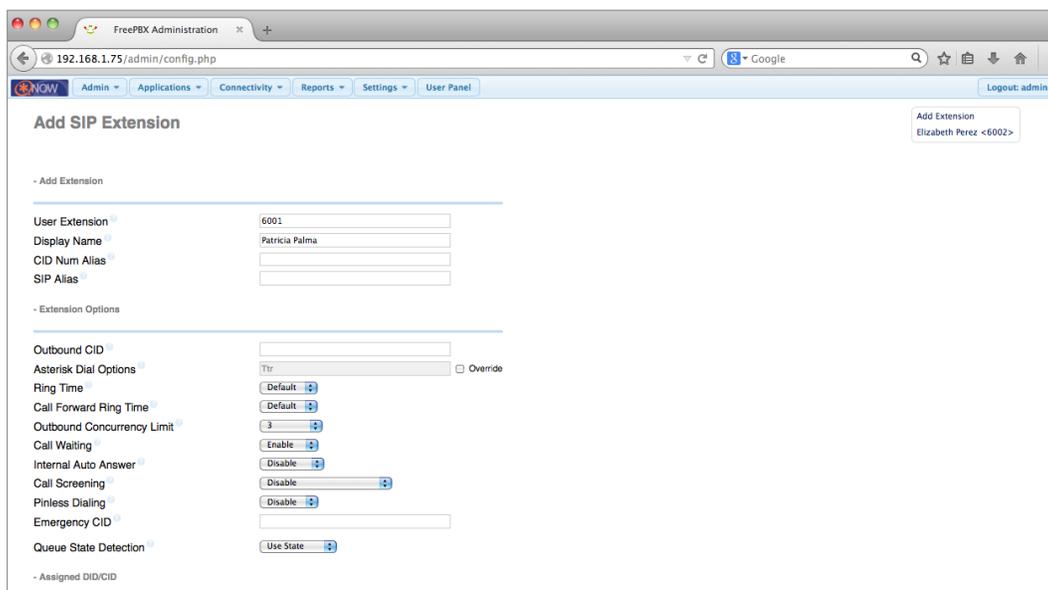


Figura 4.17. Creación de extensiones en AsteriskNow 3 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

Se realizan los pasos anteriores para agregar una extensión más cuyo número será la 6001. Enseguida nos aparecerá una ventana donde podremos observar en la esquina superior derecha en **Add Extension** podemos observar las extensiones que acabamos de crear > **Apply Config** (Véase figura 4.18)

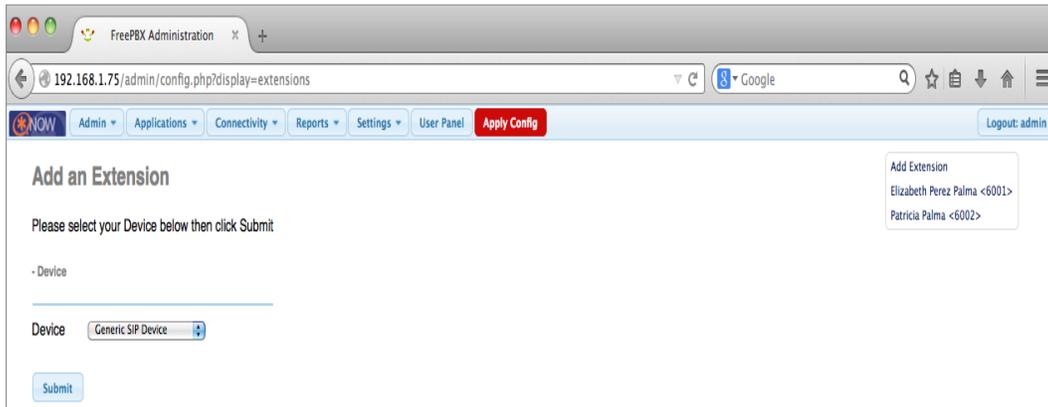


Figura 4.18. Creación de extensiones en AsteriskNow 4 (Fuente: AsteriskNow, 2014)

4.4. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL CLIENTE

Una vez configurada la central IP (AsteriskNow) procedemos a instalar y configurar en 2 equipos el cliente, en nuestro caso utilizaremos un softphone que simula un teléfono IP que nos permitirá realizar una llamada VoIP.

Accedemos a la página del softphone (<http://www.counterpath.com>) > Descargamos e instalamos el software en dos equipos que fungirán como clientes. (Véase figura 4.19)

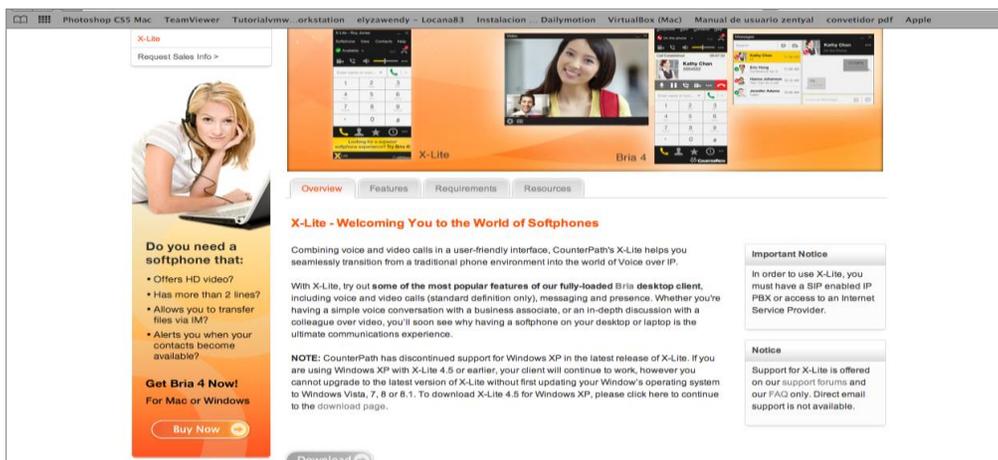


Figura 4.19. Descarga de softphone (Fuente: X-lite, 2014)

4.4.1. CONFIGURACIÓN DE SOFTPHONE X-LITE

Una vez instalado en el equipo procedemos a configurarlo para la realización de llamadas VoIP. Abrimos el softphone **X-Lite** > **Softphone** > **Account Settings** > Configuramos la cuenta de usuario de Elizabeth Pérez para poder realizar y recibir llamadas, del mismo modo en el equipo 2 se configura la cuenta del usuario Patricia Palma con extensión 6001 (Véase figura 4.20)

- **Account name:** nombre de la cuenta.
- **User ID:** número de la extensión con la cual se cargó en el servidor VoIP.
- **Domain:** IP o nombre del dominio correspondiente al servidor VoIP.
- **Password:** contraseña utilizada por el usuario para registrarse en el servidor, esta debe ser la misma que la establecida en AsteriskNow.
- **Display Name:** nombre con el cual queremos que se nos identifique cuando realicemos una llamada hacia otros softphones.
- **Authorization name:** este valor debe ser igual al valor puesto en User ID.
- **Proxy Address:** dirección IP del servidor VoIP.

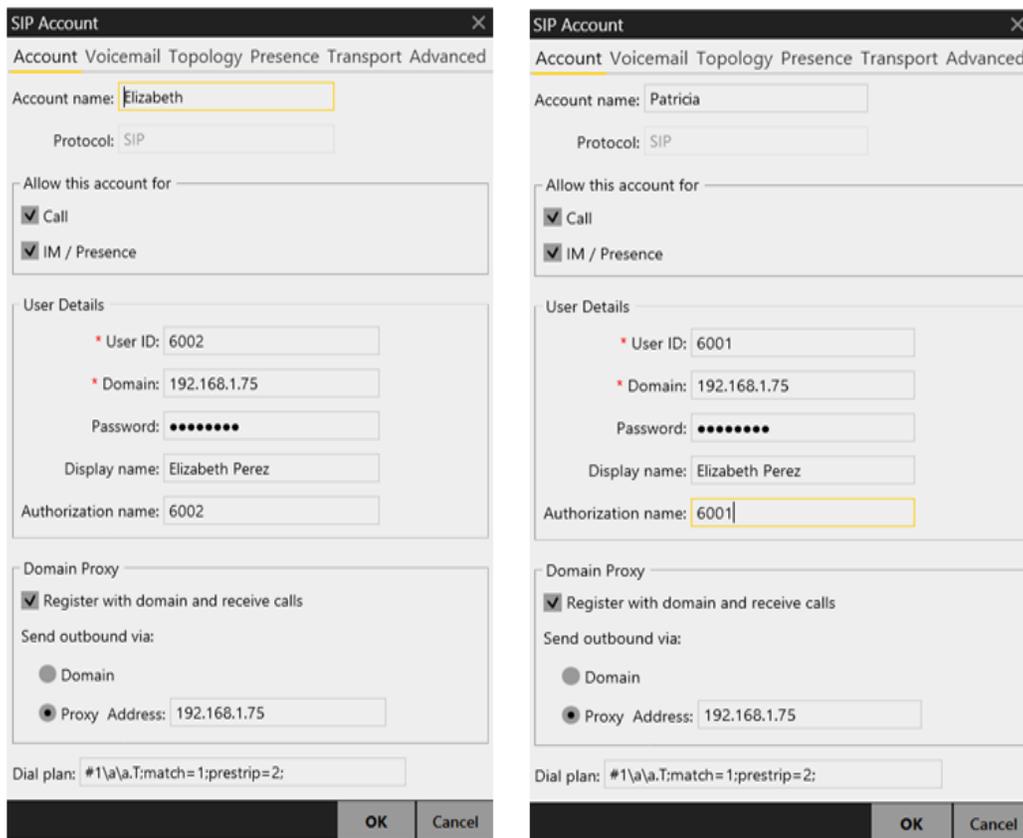


Figura 4.20. Configuración de softphone 1 (Fuente: X-lite, 2014)

Enseguida en el teléfono correspondiente a cada equipo nos aparecerá un mensaje indicando que la cuenta se encuentra habilitada y el softphone está listo para usarse > Enseguida el estado del teléfono pasará a **Available** > El usuario puede realizar una llamada (Véase figura 4.21)

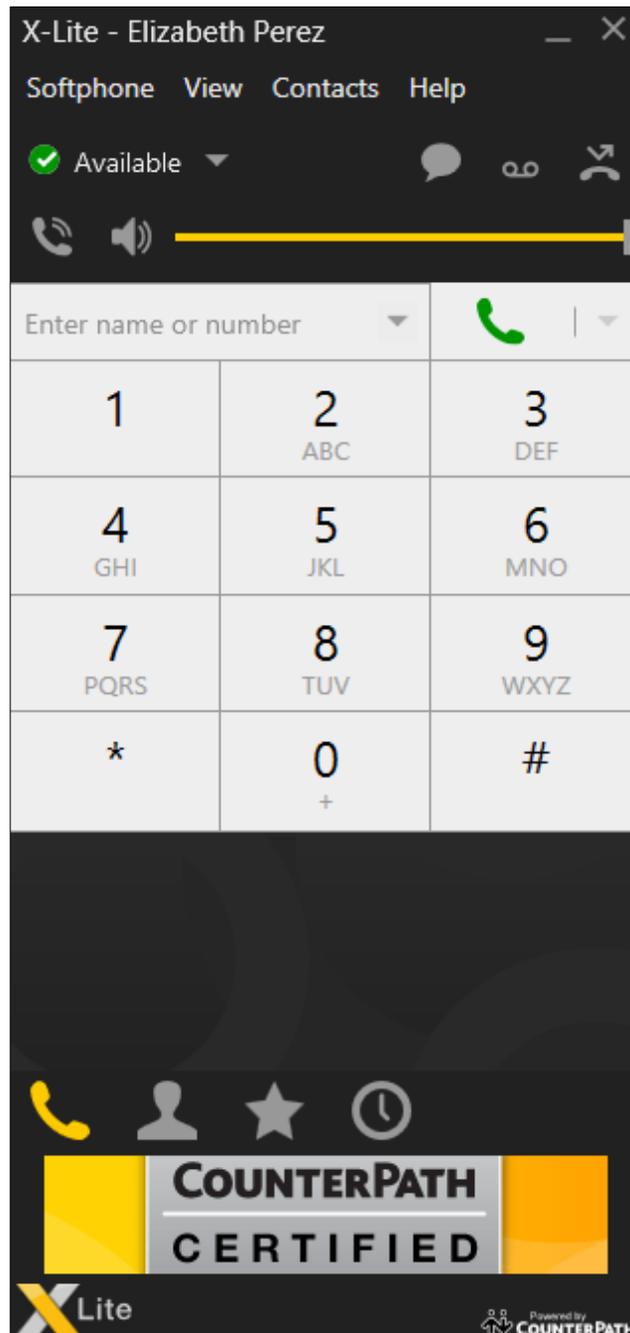


Figura 4.21. Configuración de softphone 2 (Fuente: X-lite, 2014)

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Si bien es cierto que la tecnología VoIP está en sus primeras etapas de crecimiento y como resultado de ello todavía tiene deficiencias en cuanto a seguridad y calidad de voz se refiere, no podemos menospreciar sus múltiples beneficios al integrarse a una red de datos existente.

Al adaptar VoIP a nuestra red aprovecharemos al máximo los recursos ya existentes para tener como resultado un servicio de comunicación estable, de mejor calidad y mejor costo. Permitiendo a las empresas obtener múltiples beneficios como lo son:

- a) Infraestructura simplificada.
- b) Administración sencilla.
- c) Mayor productividad.
- d) Escalabilidad.
- e) Conexiones flexibles.

Desafortunadamente, como cualquier tecnología nueva trae consigo varios retos que cumplir, por ello debemos de tomar en cuenta otras tecnologías para ayudar a proteger nuestros servicios de voz y datos, en la gran mayoría de los casos estas tecnologías se encuentran en nuestra red de datos ordinaria y por tanto sólo debemos de saber identificar cuáles de ellas nos podrán ser útiles.

Al poseer VoIP la capacidad de ser soportada en redes IP, no podemos negar que el hecho de tener una red en vez de dos es muy beneficioso para cualquier administrador que ofrezca ambos servicios, por ello esta tecnología se considera altamente escalable sin dejar de mencionar la posibilidad de explorar nuevas herramientas de comunicación conforme la tecnología avanza, esta misma característica es la que ha hecho que las organizaciones empresariales muestren gran interés en su incorporación inmediata a su red.

Podemos concluir que aunque la tecnología Voz sobre IP todavía muestra carencias propias de su corta edad en el mercado, su gran auge y los múltiples beneficios que ofrece a los usuarios y administradores de una red han hecho de VoIP una solución de telefonía altamente rentable si se quiere prestar un servicio de buena calidad, y sobre todo mejor costo. Por ello la implementación de esta tecnología en una buena inversión que nos permitirá como usuarios experimentar nuevas formas de comunicación.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Andrade, T. R., & Díaz rojas, J. (s.f.). *Aplicaciones sobre Telefonía Ip*. Recuperado el 2014, de http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_voip.pdf
- Artigas, J., Méndez, M., & Mohamed El, H. (s.f.). *Protocolo SIP*. Recuperado el 2014, de <http://locortes.net/Vicenc/Telematica/Enginyeria%20de%20Xarxes/Protocolo%20SIP.pdf>
- Asterisk . (s.f.). *Asterisk* . Recuperado el 2014, de Asterisk Now : <http://www.asterisk.org/>
- CounterPath. (s.f.). *Softphone X-Lite* . Recuperado el 2014, de <http://www.counterpath.com/>
- Esquivel, C. M. (s.f.). *La red PSTN*. Recuperado el 2013, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf
- Esquivel, G. (s.f.). *Animal Politico*. Recuperado el 2013, de www.animalpolitico.com
- FI-UNAM. (s.f.). *Capitulo III*. Recuperado el 2013, de Red VoIP: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A5.pdf?sequence=5>
- Galan, A. C. (s.f.). *Fundamentos Básicos de la Telecomunicaciones*. Recuperado el 2013, de http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Manual%20Basico%20Telefonia%20Tradicional.pdf
- Gil, R. G. (s.f.). *Seguridad en VoIP: Ataques, Amenazas y Riesgos* . Obtenido de <http://www.uv.es/montanam/ampliacion/trabajos/Seguridad%20VoIP.pdf>
- International Communication Union . (s.f.). *Estandar H.323*. Recuperado el 2014, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11252/fichero/2-H.323.pdf>
- Introducción a la Telefonía* . (s.f.). Obtenido de Telefonía Tradicional : http://www.naser.cl/sitio/Down_Papers/Introduccion%20a%20la%20telefonía.pdf
- Morales, D. R. (s.f.). *Telecomunicaciones y empresas*. Recuperado el 2014, de La Telefoía IP VS Telefoía Tradicional : <http://www.teleley.com/revistaperuana/7Rafael-53.pdf>
- Núñez, I. M. (s.f.). *Telefonos de México: modernización, privatización y nuevas relaciones laborales*. Recuperado el 2013, de <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/espinal/espinalpdf/Espiral3/133-154.pdf>
- OCDE. (s.f.). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de Telecomunicaciones en México*. Recuperado el 2013, de <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>

- OCDE, C. d. (s.f.). *Estudio de la OCDE sobre Políticas y Regulación de Telecomunicaciones en México*. Recuperado el 2013, de <http://www.oecd.org/centrodemexico/49528111.pdf>
- Pereira, C. E. (2006). *Análisis y Evaluación de Parámetros para una Óptima Calidad de Servicio en Telefonía IP*. Recuperado el 2014, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd3521a/doc/bmfcd3521a.pdf>
- Plaza, J. B. (s.f.). *Implantación de un sistema VoIP basado en Asterisk*. Recuperado el 2014, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6798/2/Mem%C3%B2ria.pdf>
- Públicas, D. d. (s.f.). *Funcionamiento del Teléfono*. Recuperado el 2013, de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r43390.PDF>
- Rivas, C. G. (Julio de 2005). *Parámetros actuales y nuevas tendencias en QoS en el mercado de la telefonía sobre IP*. Recuperado el 2014, de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0507t.pdf>
- Rodríguez, A. S. (Septiembre de 2008). *Instalación de un sistema VoIP corporativo basado en Asterisk*. Recuperado el 2014, de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/737/1/pfm35.pdf>
- Soto, I. D., Moreno, I. J., & Díaz, I. M. (Abril de 2009). *Artículo sobre Telefonía VoIP*. Recuperado el 2014, de <http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/ensayos/TELEFONIA%20VoIP.pdf>
- Telecomunicaciones, I. F. (s.f.). *COFETEL*. Recuperado el 2013, de <http://www.cft.gob.mx:8080/portal/wp-content/uploads/2012/11/INFORME-CFT-2006-2012.pdf>
- Ugalde, E., & Narváez, W. (s.f.). *Telefonía IP*. Recuperado el 2014, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/208/2/Capitulo%201.pdf>
- Vázquez, J. M. (s.f.). *AsteriskNOW paso a paso*. Recuperado el 2014, de <http://blog.unlugarenelmundo.es/2007/07/26/asterisknow-paso-a-paso/>
- Wiki. (s.f.). *Installing AsteriskNOW official Distro*. Recuperado el 2014, de <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Installing+AsteriskNOW>
- Zambrano, L. C., & Hostos G., A. E. (s.f.). *Diseño de una Topología de Red VoIP*. Recuperado el 2014, de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR6248.pdf>