



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO DE LA TESIS:

DISEÑO DE UN LABORATORIO VIRTUAL DE TELEFONÍA IP UTILIZANDO
ELASTIX.

Previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones

ELABORADO POR:

Ing. Victor Leonel Castillo Borja

DIRECTOR:

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

Guayaquil, Febrero de 2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster Víctor Leonel Castillo Borja como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, Febrero de 2015

DIRECTOR DE TESIS

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

REVISORES:

MSc. María Luzmila Ruilova Aguirre

MSc. Orlando Philco Asqui

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, VÍCTOR LEONEL CASTILLO BORJA

DECLARÓ QUE:

La tesis “DISEÑO DE UN LABORATORIO VIRTUAL DE TELEFONÍA IP UTILIZANDO ELASTIX”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, Enero de 2015

EL AUTOR

Ing. Víctor Leonel Castillo Borja



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, VÍCTOR LEONEL CASTILLO BORJA

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución de la Tesis de Maestría titulada: “DISEÑO DE UN LABORATORIO VIRTUAL DE TELEFONÍA IP UTILIZANDO ELASTIX”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Febrero de 2015

EL AUTOR

Ing. Víctor Leonel Castillo Borja

Dedicatoria

Al obtener el título de Magister, dedico este trabajo a mis amados padres y queridos hermanos por su incondicional ayuda y motivación constante para culminar cada una de mis metas. Al resto de mi familia por depositar su confianza en mí y acompañarme en los buenos y malos momentos, a todos ellos les dedico mi esfuerzo y amor.

Agradecimientos

A Dios por sobre todas las cosas, a mi alma máter la UCSG y a todos mis profesores de la Maestría en Telecomunicaciones que contribuyeron para mi formación académica y profesional y que aportaron directa e indirectamente con la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
Resumen.....	XIII
Abstract.....	XIV
Capítulo 1: Introducción del Trabajo de Intervención.	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Definición del Problema	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Hipótesis.....	3
1.6 Metodología de la investigación	4
Capítulo 2: Breve descripción de la tecnología VOIP y telefonía IP.....	5
2.1 Introducción	5
2.2 La telefonía fija	5
2.2.1 Técnica de conmutación de la telefonía fija.....	8
2.3 La Señal de Voz.	10
2.3.1 Muestreo.....	12
2.3.2 Cuantificación.	12
2.3.3 Codificación de la Voz.....	12
2.3.4 Códecs (Codificador/decodificador).	13
2.4 Voz sobre IP (Voice over IP)	15
2.4.1 Redes de voz sobre paquetes.....	16
2.4.2 Técnica de conmutación de las redes de voz sobre paquetes.....	19
2.4.3 La telefonía IP.....	20
2.4.4 Ventajas de la migración hacia la tecnología VoIP	20
2.5 Concepto de calidad de la voz.....	21
2.6 Factores que influyen en la calidad.....	22
2.6.1 Disponibilidad.....	233

2.6.2 Jitter.....	233
2.6.3 Retardo	24
2.6.4 Pérdidas	25
2.6.5 Eco.....	26
2.6.6 Ancho de banda.....	27
2.7 Protocolos utilizados en VoIP.....	288
2.7.1 Protocolos de Señalización.	30
2.7.2 H.323.....	30
2.8 Noción sobre los PBX y PBX IP.	311
2.8.1 Central Privada (PBX O PABX).....	31
2.8.2 PBX IP	32
2.8.3 Migración de la PABX PSTN a los sistemas de telefonía IP.....	334
Capítulo 3: propuesta de diseño del laboratorio.....	35
3.1 Introducción.	35
3.2 Etapa I infraestructura.	36
3.3 Etapa II Propuesta del Software a utilizar por el sistema.....	37
3.3.1 Selección de herramientas.....	37
3.3.2 Esquema general de la red.....	41
3.3.3 Descripción de los elementos del laboratorio.	41
3.4 Etapa III. Integración de los componentes del Laboratorio VoIP.....	42
3.4.2 Estructura de prácticas de laboratorio	44
3.5 Implementación del servidor Elastix.....	46
3.5.1 Introducción al Asterisk	46
3.6 Desempeño de Elastix	48
3.7 Protocolos y códecs utilizados en Elastix	48
3.8 Principales herramientas que contiene Elastix.....	49
3.9 Hardware para instalación de Elastix.....	51
3.10 Instalación de Elastix.	51
3.10.1 Direccionamiento por consola.....	51
3.11 Elementos fundamentales del sistema.....	52
3.11.1 Administración Web de Elastix.	54
3.12 Configuración PBX y creación de Extensiones.	54

Capítulo 4: Propuesta de las prácticas de laboratorio.....	56
4.1 Introducción.	56
4.2 Módulos de prácticas de laboratorios.....	56
4.2.1 Práctica No.1: Análisis de los protocolos de señalización y transporte. ...	56
4.2.2 Practica No.2 Creación de extensiones y asignación de códecs a la consola telefónica Elastix	82
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	96
ANEXOS.....	98

ÍNDICE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1 Red totalmente interconectada. (B) Conmutador centralizado. (C) Jerarquía de niveles. Fuente: (Rodríguez, 2012).....	6
.Figura 2. 2 Circuito para una llamada de media distancia	7
Figura 2. 3 Esquema de la conmutación de circuitos.....	9
Figura 2. 4 Espectro de la señal vocal.....	11
Figura 2. 5 Etapas de conversión de la una señal analógica a digital.	11
Figura 2. 6 Alguno de los equipos que forman una red VoIP.....	17
Figura 2. 7 Teléfono IP.	17
Figura 2. 8 Interfaz ATA, SPA-3000.....	18
Figura 2. 9 Supresión del Jitter.	244
Figura 2. 10 Procesamiento de la voz extremo a extremo	25
Figura 2. 11 Protocolos utilizados para VoIP.	29
Figura 2. 12 Protocolos de la familia H.323	311
Figura 2. 13 PBX IP integrada a servicios de redes de datos y PTSN.....	3333

Capítulo 3:

Figura 3. 1 Algoritmo para la propuesta de diseño del laboratorio VoIP.	35
Figura 3. 2 Distribución en planta del laboratorio virtual.	36
Figura 3. 3 Esquema general del laboratorio VoIP.	41
Figura 3. 4 Algoritmo para el funcionamiento del laboratorio de VoIP.	43
Figura 3. 5 Relación entre factores proceso Enseñanza-Aprendizaje.	44
Figura 3. 6 Estructura de las guías de laboratorio.	45
Figura 3. 7 Consola de autenticación	52
Figura 3. 8 Consola del área de trabajo	52
Figura 3. 9 Interfaz web de Elastix para asegurar.	53
Figura 3. 10 Interfaz web de Elastix.	54
Figura 3. 11 Creación de extensiones.	55

Capítulo 4:

Figura 4. 1 La interfaz del Softphone X-lite	58
Figura 4. 2 Configurar cuenta	59
Figura 4. 3 Escenario de establecimiento, transferencia y finalización de la llamada. Elaborada por el Autor	62
Figura 4. 4 Interface para la selección de la opción de Preferences	62
Figura 4. 5 Interface para la selección de la opción de <i>Application</i>	63
Figura 4. 6 Interface para la selección del códec G.711.	63
Figura 4. 7 Interface del analizador de protocolo Wireshark.....	64
Figura 4. 8 Fase de registro del softphone SIP.....	65
Figura 4. 9 Fase de registro del softphone SIP.....	65
Figura 4. 10 Fase de registro del softphone SIP.....	66
Figura 4. 11 Filtrado del protocolo SIP.....	67
Figura 4. 12 Selección de la opción telefonía	68
Figura 4. 13 Llamadas detectadas	68
Figura 4. 14 Secuencia de protocolo de señalización SIP.....	69
Figura 4. 15 Flujo de mensajes en una llamada VoIP: ventana Graph Analysis	71
Figura 4. 16 Capturas de paquetes de voz entre dos softphones.....	73
Figura 4. 17 Escenario del laboratorio	74
Figura 4. 18 Filtrado iax2.....	75
Figura 4. 19 Cantidad de paquetes transmitidos	76
Figura 4. 20 Flujo de mensajes del protocolo IAX2	76
Figura 4. 21 Filtrado del protocolo RTP.	78
Figura 4. 22 Cabecera RTP	80
Figura 4. 23 Paquetes consecutivos pertenecientes a una misma SSRC.....	80
Figura 4. 24 Cantidad de paquetes /tiempo del protocolo SIP (derecha) vs cantidad de paquetes/tiempo del protocolo iax.	81
Figura 4. 25 Interfaz de Putty.....	84
Figura 4. 26 Proceso de autenticación.	84
Figura 4. 27 Directorio de configuración de asterisk.....	88
Figura 4. 28 Archivo de configuración de Asterisk.	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Utilitarios evaluados para ser utilizados en el Laboratorio de VoIP.	37
Tabla 3. 2 Criterios de selección para evaluación de herramientas	38
Tabla 3. 3 Evaluación de PBX IP	39
Tabla 3. 4 Evaluación de softphones.....	39
Tabla 3. 5 Evaluación de analizador de protocolos.....	40
Tabla 4. 1 Diferentes extensiones creadas y sus respectivos <i>Display name</i>	60
Tabla 4. 2 Comandos básicos de Linux	85

Resumen

En la última década la telefonía IP ha alcanzado un gran desarrollo a nivel mundial debido a las ventajas económicas que esta trae consigo, ventajas estas que ha llevado a muchos a cuestionarse por el futuro de la telefonía tradicional.

La idea fundamental de este trabajo de investigación es implementar una central telefónica IP bajo la distribución de software libre Elastix. Esta central telefónica y el analizador de protocolo Wireshark y softphones se utilizarán en el laboratorio de telecomunicaciones de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo y permitirá a los estudiantes de la carrera poner en práctica los conocimientos adquiridos en las clases teóricas.

Se incluyen en este trabajo las guías de las prácticas.

Palabras claves: telefonía IP; softphones, Elastix, laboratorio, Wireshark.

Abstract

In the last decade telephony IP has attained a great worldwide development due to the advantages cheap to run that it is brings along I get, advantages this that it has led many to wonder for the future of the traditional telephony.

The fundamental idea of this work of diploma is to implement a telephone exchange IP under the distribution of freeware Elastix. This phone system and protocol analyzer Wireshark and softphones are used in the telecommunications laboratory of the Faculty of Technical Education for Development and would allow the students of the race to put the knowledge acquired in the lectures in practices.

Practice guidelines are included in this work.

Key words: Telephony IP; Softphones, Elastix, laboratory, Wireshark.

Capítulo 1: Introducción del Trabajo de Intervención.

1.1 Justificación

En los últimos años la telefonía tradicional ha presentado avances en sus procesos de propagación de voz para disminuir el alto precio que significa el equipamiento necesario para la gestión de llamadas, lo cual se realiza en los centros de conmutación. Este desarrollo se opera para brindar aplicaciones de telefonía al más bajo precio y que satisfagan los requerimientos de los usuarios cuyo número se incrementa y requiere tales aplicaciones.

Por lo expuesto, las operadoras telefónicas se han visto obligadas a realizar procedimientos de reingeniería en sus procesos de telefonía y producto de ello están aplicando técnicas de unificación de los métodos empleados en las redes informáticas. Para alcanzar este propósito se han implementado plataformas para establecer técnicas virtuales de telefonía empleando *software* con la capacidad de ejecutar las mismas operaciones que los centros de conmutación, lo cual significa evolucionar los procedimientos basados en *hardware* hacia otros virtualizados mediante *software*. De la misma manera, en el sector industrial y comercial se están utilizando centralitas (PBX) virtuales, disminuyendo costos y extendiendo las aplicaciones que tales componentes brindan.

El presente trabajo de investigación nace de la necesidad de implementar un laboratorio virtual de telefonía IP, el cual estará constituido por una central telefónica privada IP y las computadoras de los laboratorios de computación. Cada computadora tendrá instalados el analizador de protocolos *Wireshark*, los *softphones* X-lite y ZoIPer. Además se diseñarán y se redactarán las guías de laboratorio para los estudiantes, las que cumplirán con el objetivo de capacitar a los alumnos en los fundamentos teóricos y prácticos de la tecnología de VoIP que representa en la actualidad una oportunidad muy grande de desarrollo profesional.

1.2 Antecedentes

Un SoftPBX o un PBX IP, también llamado *softswitch*, es aquella consola telefónica implementada en un *software*, que se ejecuta en equipamiento no convencional para la conmutación telefónica, por ejemplo, una computadora, que son capaces de brindar las mismas funcionalidades que las consolas convencionales e implementar otras más avanzadas.

Su surgimiento viene unido al desarrollo del sistema operativo GNU/Linux, así como de protocolos de comunicación de voz para TCP/IP que permitieron a la comunidad desarrollar este tipo de aplicaciones bajo la Licencia Pública General (GPL), aumentando exponencialmente el número de usuarios a nivel global de las SoftPBX.

Una de las aplicaciones que más éxito ha tenido a nivel mundial ha sido *Asterisk*, a partir de la cual se han desarrollado distribuciones GNU/Linux entre las que se encuentran *Trixbox*, *AsteriskNow*, *Elastix*, entre otras.

Elastix es un *software* aplicativo el cual unifica los mejores instrumentos utilizables para centralitas PBX soportadas por *Asterisk* en una interfaz sencilla y cómoda para operar. También incluye su propio grupo de herramientas para implementar ejemplares de terceros convirtiéndose así en el mejor paquete de *software* útil para telefonía de código abierto(Elastix-0.9-alpha)(CertificaciónECE-Elastix).

En la enseñanza de la telefonía IP se necesitan módulos de entrenamiento capaces de suplir los conocimientos básicos de telefonía IP que requiere el estudiante en el trabajo con PBX basadas en *software*, o IP PBXs.

1.3 Definición del Problema

La necesidad de realizar prácticas de laboratorios con una central telefónica IP PBX en la enseñanza de la Telefonía IP.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Diseñar un laboratorio virtual de telefonía IP utilizando un servidor Elastix y proponer módulos de prácticas de laboratorio.

Objetivo Específicos

- Estudiar las PBX utilizadas en la telefonía IP.
- Seleccionar el servidor a utilizar e instalar el mismo.
- Proponer el laboratorio virtual detallando las prácticas de laboratorio.
- Proporcionar a los estudiantes herramientas que faciliten el aprendizaje y comprensión de los protocolos de la tecnología VoIP.

1.5 Hipótesis

La implementación de un sistema telefónico que integre una centralita privada SoftPBX (Elastix) para realizar prácticas de laboratorio de telefonía brindará apoyo a la docencia en la enseñanza de la Telefonía IP.

Este trabajo consta con la siguiente configuración

Capítulo I. En este capítulo se hará una descripción precisa de las características generales de VoIP. Se verán algunas diferencias que tienen la telefonía fija y la telefonía IP, como es el caso de sus tecnologías de conmutación. Se abordará sobre el tratamiento que se le debe dar a la voz para poder transmitirla por este tipo de redes. Por último se tratará acerca de los diferentes protocolos que están presentes en este tipo de comunicación.

Capítulo II. En este capítulo se presenta la descripción de las etapas funcionales requeridas para la puesta en funcionamiento del laboratorio de VoIP propuesto.

Capítulo III. El tercer capítulo aborda la implementación de las guías del dicho laboratorio.

1.6 Metodología de la investigación

Para la realización de este proyecto de investigación se empleó la siguiente metodología:

Alcance: este trabajo es del tipo explicativo porque se pretende buscar el porqué de los hechos, en este caso la tecnología de transmisión de VoIP, a través de la determinación de relaciones causa-efecto, es decir se pretende establecer las causas (investigación Ex post facto) y sus efectos empleando la prueba de la hipótesis planteada. Se plantea el empleo del método Ex post facto porque se desarrolla en este trabajo la evolución tecnológica que ha tenido VoIP y su relación causa-efecto entre los equipamientos utilizados en este sistema. Se explica cómo opera la tecnología VoIP y su importancia mediante una investigación documental que permite profundizar en el conocimiento existente, aquello que ha producido este recurso que posibilita la transmisión de la voz a través de Internet y pretende explicarlo y demostrar que VoIP puede ser estudiado en un laboratorio virtual de telefonía IP.

Paradigma: esta investigación corresponde al paradigma Empírico-Analítico.

Enfoque: cualitativo porque se evaluará la tecnología VoIP considerando la calidad del servicio que se puede obtener con su aplicación y cuantitativo porque se presenta una serie de expresiones matemáticas con las que se realiza el cálculo de parámetros importantes y necesarios para determinar la eficiencia y disponibilidad de esta tecnología.

Diseño de la investigación: en este caso es un diseño no experimental transversal, porque no se manipulan a propósito las variables estudiadas, sino que únicamente se observará directamente su operación, con lo cual se hará el análisis correspondiente.

Capítulo 2: Breve descripción de la tecnología VOIP y telefonía IP.

2.1 Introducción

Las llamadas de voz sobre IP a través de internet, o telefonía por internet se han convertido en una manera muy popular de ahorro en las comunicaciones, ya que resultan muy baratas y, en muchas ocasiones, incluso gratis al hacer uso de redes de transporte de datos para la transmisión de la voz, lo que está haciendo que la telefonía tradicional pierda terreno entre aquellos clientes que se adaptan bien a las nuevas tecnologías. Por lo mencionado anteriormente en este capítulo se hará una breve introducción a la telefonía tradicional para que el lector pueda llevarse la idea de cómo funciona este tipo de tecnología y qué diferencias puede tener con la telefonía IP. Posteriormente se estudiarán los distintos aspectos que resultan necesarios para proporcionar el servicio de VoIP, empezando por elementos fundamentales como son la digitalización de la voz y su transmisión por redes de datos, se describirán los protocolos que intervienen en todo este proceso, así como las pasarelas entre las redes de datos y telefónicas.

2.2 La telefonía fija

Tan pronto como Alexander Graham Bell patentó el teléfono en 1876 (tan sólo unas cuantas horas antes que su rival, Elisha Gray), se produjo una gran solicitud por esta creación. Se inicia comercialmente la venta de aparatos telefónicos que se vendían en parejas y el usuario los conectaba empleando un solo alambre ya que la corriente retornaba por tierra. Cuando el usuario quería conectarse con otros abonados, se necesitaba unir cables individuales a cada destino. De esta manera, las localidades se cubrieron de cables instalados sobre los inmuebles y árboles como una telaraña. Esto demostró que el conectar un teléfono con todos los demás, como puede verse en la figura 2.1 (A) no funcionaría(Rodríguez, 2012)(Rizo, 2005).

Bell advirtió esto y creó en 1878 la *Bell Telephony Company*, con su primera central telefónica en New Haven, Connecticut. Esta empresa instaló un cable en el domicilio

o local de cada abonado. Un usuario tenía que girar una manivela en su equipo para efectuar una llamada, produciendo un tono en la central para poder ser atendido por una operadora, que se encargaba de enlazar manualmente al abonado A con el usuario B mediante un cable de enlace. El modelo empleando una central telefónica se puede observar en la figura 2.1 (B)(Rizo, 2005)(Cruz, Hernández, & Jiménez, 2013).

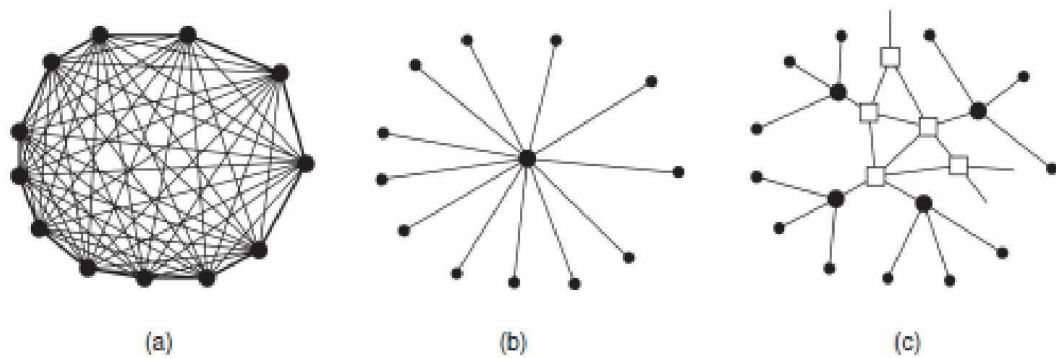


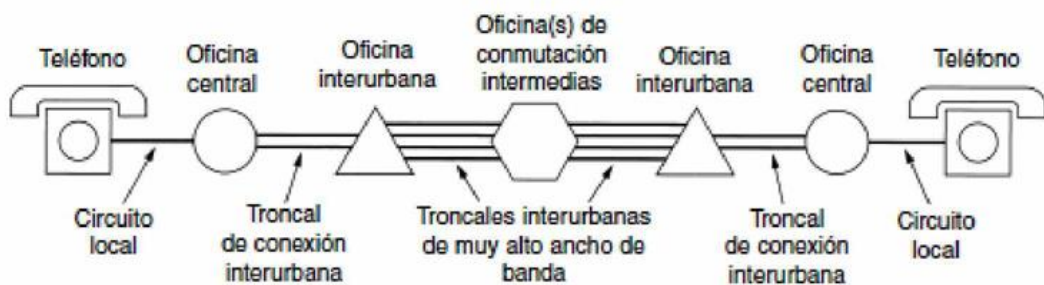
Figura 2. 1 Red totalmente interconectada. (B) Conmutador centralizado. (C) Jerarquía de niveles.Fuente: (Rodríguez, 2012)

Con modelos similares *Bell System* nacen centrales telefónicas en todos los sectores y los clientes demandan ahora poder llamar a otras ciudades, surgiendo la necesidad de enlazar cada central existente con las otras. Esto se realiza mediante cables y resurge el mismo inconveniente mostrando lo impráctico de este procedimiento de conexión. La solución fue la implementación de centrales de un segundo nivel jerárquico, como se muestra en el diagrama de la figura 1.1 (C)(Rizo, 2005).

Por último, la jerarquía creció a cinco niveles. De esta manera se implementa un sistema jerárquico de varios niveles para la telefonía. Este sistema era sencillo: cada teléfono posee un cable con dos hilos de cobre conectado a la central de conmutación local. Estos cables eran de poca longitud en las ciudades pero en las zonas rurales podían ser de 1Km a 10 Km. En telecomunicaciones esta clase de conexión mediante cables de dos hilos entre el teléfono de los abonados y la central telefónica se denomina circuito local(Rizo, 2005).

Si un abonado conectado a una central específica llama a otro abonado de la misma central, el módulo de conmutación de la central realiza una conexión eléctrica entre los dos circuitos locales, la cual se mantiene mientras continua la llamada. En cambio, cuando el abonado al que se llama corresponde a otra central, se requiere que cada central tenga algunas líneas salientes hacia una o más centrales de conmutación cercanas, denominadas interurbanas o tándem según su jerarquía y los cables que las conectan se conocen como troncales. En el caso que la central del abonado que llama y la del que es llamado poseen una troncal a la misma central interurbana, el enlace se puede constituir en la central interurbana. En la figura 2.1 (C) se muestra una red telefónica que consiste únicamente en teléfonos (los puntos pequeños), oficinas centrales (los puntos grandes) y oficinas interurbanas (los cuadrados). En los casos en que el abonado que llama y el que es llamado no tienen una central interurbana común, la ruta se deberá instaurar en un nivel jerárquico superior. De esta manera se establecen centrales primarias, seccionales y regionales constituyendo una red de enlace a las centrales interurbanas(Rizo, 2005).

Los centros indicados están enlazados entre sí a través de cables troncales con gran ancho de banda. El tipo de central telefónica puede ser diferente en cada país de acuerdo a sus necesidades en telefonía. En la figura 2.2 se puede apreciar la forma de direccionar un enlace de distancia media(Rizo, 2005)(Tanenbaum, 2003).



.Figura 2. 2 Circuito para una llamada de media distancia

Fuente:(Rodríguez, 2012)

En el ámbito de las comunicaciones se emplean diferentes medios de transmisión, los cuales actualmente son pares trenzados que reemplazan a los cables no aislados separados 25 centímetros que se instalaban originalmente en los postes telefónicos(Tanenbaum, 2003).

En la actualidad se emplean cables multipares, coaxiales, fibra óptica y sistemas de microondas. Anteriormente, las transmisiones eran analógicas, en los que la voz se transporta en forma de voltaje eléctrico desde el teléfono del abonado que llama hasta su destino. Esta situación cambia con el desarrollo de los sistemas con fibra óptica, la evolución de las computadoras y la electrónica digital, permitiendo que los enlaces troncales sean digitales y las centrales telefónicas también, con lo que la parte analógica se reduce al circuito local o última milla (Rizo, 2005).

Resumiendo lo indicado, un sistema de telefonía comprende tres elementos fundamentales(Tanenbaum, 2003):

- 1) Circuito local (o última milla, construida con cables de par trenzado desde los domicilios y empresas a las centrales).
- 2) Enlaces troncales (mediante fibra óptica interconectando las centrales telefónicas).
- 3) Centrales telefónicas (donde las llamadas pasan de una troncal a otra).

2.2.1 Técnica de conmutación de la telefonía fija.

Al realizar una llamada telefónica, los elementos de conmutación determinan una ruta física desde el aparato telefónico al receptor(Cruz, Hernández, & Jiménez, 2013).

Este método es la conmutación de circuitos representado en el esquema de la figura 2.3, en la cual los rectángulos representan las centrales telefónicas. En este esquema cada central presenta tres líneas entrantes y tres salientes. Al pasar una llamada por la central, se instaura un enlace físico entre la línea por la ingresa la llamada y una línea

saliente, el cual se mantiene todo el tiempo que dure la llamada(Rodríguez, 2012)(Tanenbaum, 2003).

Este es un ejemplo de cómo se realiza una llamada telefónica por la red pública telefónica:

1. El abonado A toma el teléfono y escucha un tono, esto le permite saber que tiene conexión con la oficina local de su portador telefónico.
2. El abonado A marca el número de la persona con quien desea hablar, en este caso el abonado B.
3. La llamada se enruta desde el proveedor local a la persona que se está llamando B.
4. Una conexión física se hace entre el teléfono de A y el teléfono de B.
5. El teléfono de B suena y seguidamente este contesta la llamada.
6. La conexión abre el circuito.
7. Se habla por un periodo de tiempo, el circuito se mantiene durante toda la llamada.
8. Cuando cuelgan, se libera el enlace físico.

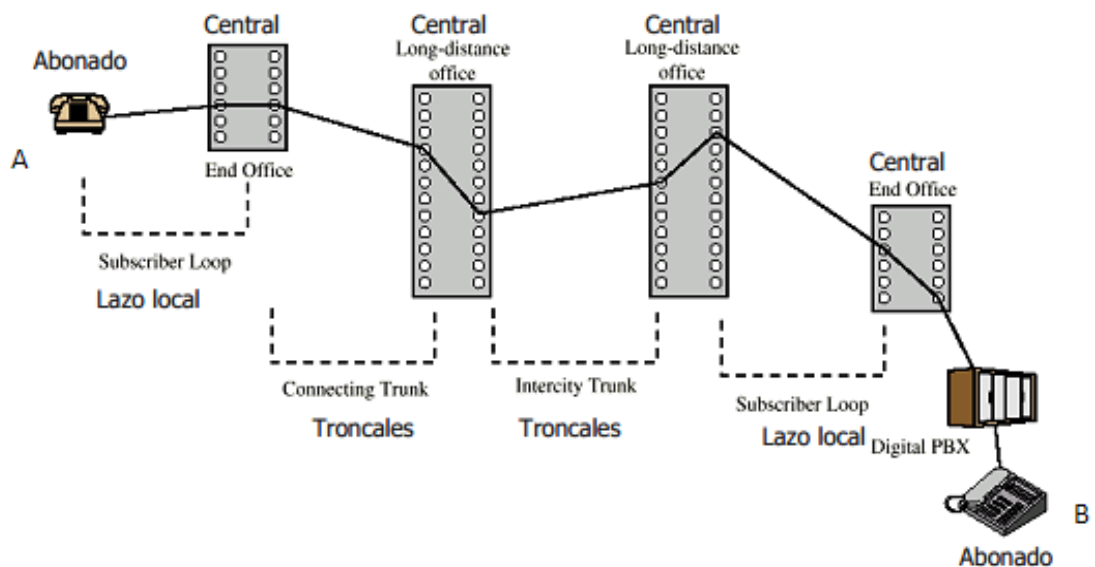


Figura 2. 3 Esquema de la conmutación de circuitos.
Fuente: (Stalling, 2001)

Este modelo de la figura 2.3 es muy sencillo si se considera que algunos tramos de la ruta de cobre entre los dos aparatos telefónicos de los abonados que se están comunicando, pueden ser enlaces de microondas donde se multiplexan muchas llamadas, pero la representación fundamental es adecuada, es decir que al establecerse una llamada, se establece una ruta dedicada entre los dos extremos de la comunicación y se mantendrá hasta que concluya la llamada. Una característica fundamental de la conmutación de circuitos consiste en que se requiere constituir una ruta de un extremo a otro antes de transmitir cualquier información(Tanenbaum, 2003).

El tiempo desde la marcación en el teléfono del número al que se desea llamar hasta que el timbre empieza a sonar puede ascender a 10 segundos y aún más si se trata de llamadas de larga distancia o internacionales. En este lapso de tiempo, el sistema telefónico determina una ruta de cobre, como puede verse en la figura 2.3(Tanenbaum, 2003).

Antes de iniciar el envío de información, la señal de solicitud de llamada se transmite hasta el destino y este confirma su recepción. Al constar una ruta de cobre entre los abonados en comunicación, luego del establecimiento de la llamada, solo se tiene el retardo de la información correspondiente al tiempo de transmisión de la onda electromagnética, esto es aproximadamente 5 mseg por cada 1000 km. El establecer una ruta dedicada evita la posibilidad de congestión, por lo tanto una vez que la llamada ingresa, no es posible tener un tono de ocupado, pero este podría ocurrir antes de establecer el enlace por la falta de capacidad en la central o en los cables(Tanenbaum, 2003).

2.3 La Señal de Voz.

Al tratar acerca de redes de voz sobre paquetes, es necesario indicar el propósito de éstas, es decir el envío de la señal de voz(Pérez, 2013).

Al vibrar las cuerdas vocales se produce una onda con un contenido espectral muy particular, esto es la banda vocal compuesta por las frecuencias correspondientes a la señal de voz y que va de los 50 Hz a los 15 KHz, pero la mayor parte de la información está entre los 300 y 3400 Hz, este rango de frecuencias es el que se envía a través de la red telefónica y se denomina canal de voz telefónico (Ver la Figura 2.4). (Huidobro & Roldán, 2006) (Pérez, 2013).

La señal de voz es analógica y no puede transmitirse a través de sistemas digitales a menos que se cambie su formato y se transforme en una señal digital (Pérez, 2013).

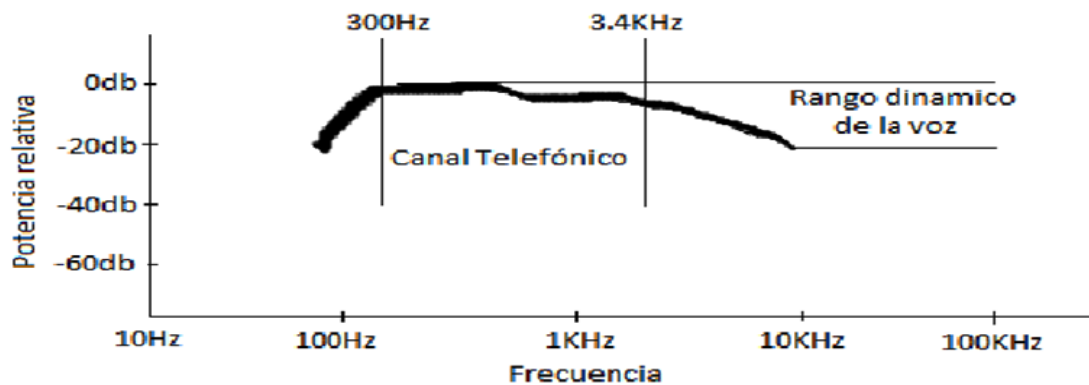


Figura 2. 4 Espectro de la señal vocal.
Fuente: (Huidobro & Roldán, 2006)

Para darle el formato adecuado, debe muestrearse la señal y después cuantificar las muestras obtenidas. Estas muestras cuantificadas son codificadas apropiadamente para su envío por el canal de transmisión (Pérez, 2013) (Ver la Figura 2.5).

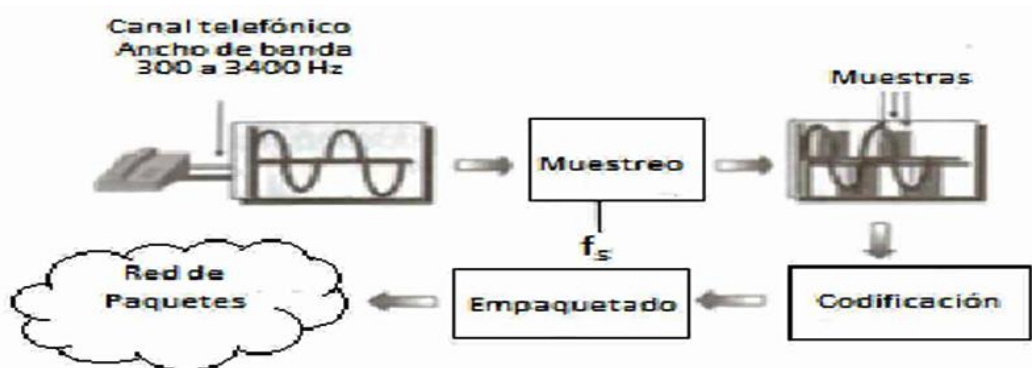


Figura 2. 5 Etapas de conversión de la una señal analógica a digital.
Fuente: (Huidobro & Roldán, 2006)

2.3.1 Muestreo.

El muestreo de una señal se fundamenta en la selección de todos los valores que adopta la señal en el transcurso del tiempo, de manera instantánea o sea en determinados instantes concretos, los cuales deben elegirse adecuadamente para que la pérdida de datos a causa del muestreo no sea importante. Para esto es importante considerar en el proceso de muestreo la limitación en ancho de banda de la señal, razón por la cual debe aplicarse el teorema de muestreo o de Nyquist, el cual establece que la frecuencia de muestreo de la señal debe ser por lo menos del doble de su ancho de banda(Pérez, 2013):

$$f \geq 2BW_{señal} \quad 2-1$$

Así, en el caso de un canal telefónico de 4 KHz con las frecuencias de guarda, el muestreo debe ser a 8,000Hz es decir, una muestra cada 0,125 milisegundos. De no cumplirse con este teorema (2-1) ocurriría solapamiento entre versiones desplazadas del espectro que hace imposible la recuperación de la señal original (Huidobro & Roldán, 2006).

2.3.2 Cuantificación.

El objetivo de la cuantificación es, pues, conseguir que la señal quede representada en número finito de bits, N, con el que podrán representarse hasta valores diferentes. El resultado será la representación digital de la señal. Para cuantificar la señal, se divide su rango dinámico (ver la figura 2.5) en M niveles de tamaño (paso del cuantificador), de manera que el cuantificado vendrá dado según una cierta distribución.

2.3.3 Codificación de la Voz.

Una vez que la señal de voz está digitalizada, se procede a codificarla, esto es adecuarla para que sus propiedades sean las adecuadas para su transmisión por el

canal de comunicación. Este proceso significa asignar un código binario a cada valor discreto o muestra de la señal, con k bits se codifica M valores, siendo en el ejemplo del canal telefónico $M=256$ y $K=8$ ($256=2^8$)(Pérez, 2013).

Tradicionalmente, en entornos telefónicos se ha venido utilizando la modulación por codificación de pulsos o PCM o MIC (Modulación por Impulsos Codificados), en la que cada muestra de voz se presenta por 8 bits, resultando un flujo de 64 Kbps (8000×8). El ancho de banda de un codificador, también llamado régimen binario de salida, es función de la frecuencia de muestreo (f_s) y del número de bits empleados para codificar cada muestra (N) (Huidobro & Roldán, 2006):

$$R=N*f_s$$

2-2

2.3.4 Códecs (Codificador/decodificador).

La comunicación a través de la voz es analógica como ya se indicó, en cambio la red de datos es digital. Ya se describió el proceso muestreo-cuantificación-codificación para transformar señales analógicas a digitales, el cual se ejecuta en un dispositivo denominado codificador/decodificador o códec, el cual comprime la serie de datos y permite la cancelación del eco. Los códecs brindan una salida consistente en una serie de datos que se acomodan en paquetes IP y se envían por la red a su destino, donde es necesario aplicar los mismos protocolos e indicadores comunes para ejecutar el proceso inverso para evitar que se reciba una comunicación incoherente. Algunos códecs utilizan la compresión y/o la supresión del silencio para poder así economizar ancho de banda en la transmisión. Este proceso consiste en no enviar los paquetes de la voz entre silencios en conversaciones humana (Huidobro & Roldán, 2006)(Pérez, 2013).

2.3.4.1 Tipos de códecs.

1. **Codificadores de Forma de Onda:** Reproducen la forma de onda de la voz lo más exactamente posible, incluyendo el ruido de fondo y todo tipo de señal que llegue a la entrada. Es un procedimiento de alta calidad en el muestreo, sin embargo este tipo de codificador opera con una razón de muestreo muy alta por lo que consumen demasiado ancho de banda.
2. **Vocoders:** Éstos no reproducen la forma de onda original. El codificador construye un juego de parámetros que son enviados al receptor para manejar un modelo de producción de voz. Los códigos de predicción lineal (LPC) se utilizan para derivar parámetros de un filtro digital de tiempo variable. Este filtro modela la salida de la voz. La calidad de los vocoders aún no es lo suficientemente buena para ser usados en los sistemas telefónicos.
3. **Híbridos:** Los códecs híbridos son los que prevalecen en la telefonía IP, ya que combinan las características atractivas de los codificadores de forma de onda con las de los vocoders. Tienen un ancho de banda pequeño (de 4-16 Kbit/s). Estos códecs utilizan técnicas de predicción lineal y análisis por síntesis, LPAS (*Linear Prediction Analysis by Syntesis*). Los cuales se relacionan a continuación (Huidobro & Roldán, 2006).

La tabla 2.1 presenta varios protocolos de codificación difundidos por la ITU (*International Telecommunication Union*) y puede verse que la calidad es menor a mayor compresión y además se necesita mayor capacidad en el CPU (*Central Processing Unit*) (Pérez, 2013).

Tabla 2. 1Códex más conocidos.
Elaborada por el autor

Codec	Bit Rate (Kbps)	Tamaño de la muestra (Bytes) (1Byte = 8 bits)	Intervalo de la muestra (ms)	Mean Opinion Score (MOS)
G.711	64	80	10	4.2
G.729	8	10	10	4.0
G.723.1	6.3	24	30	3.9
G.723.1	5.3	20	30	3.8
G.726	32	20	5	3.85
G.726	24	15	5	
G.728	16	10	5	3.61
G722	64	80	10	4.13
ilbc mode 20	15.2	38	20	NA
ilbc mode 30	13.33	50	30	NA

2.4 Voz sobre IP (Voice over IP)

Originalmente la telefonía pública conmutada se aplicaba a la transmisión de voz y un mínimo flujo de datos. Sin embargo, la transmisión de datos aumentó hasta igualar a la cantidad de bits de voz transmitidos, considerando que la aplicación de PCM (*Pulse Code Modulation*) para digitalizar la voz permite expresarla en bits/segundo. Posteriormente el flujo de datos superó al de voz y actualmente continúa aumentando exponencialmente, comparado con el aumento del flujo de voz que presenta un incremento anual de aproximadamente 5%. Debido a estas cifras, los operadores de redes de conmutación de paquetes empezaron a transmitir voz por sus redes de datos(Rizo, 2005).

El incremento de ancho de banda necesario para la transmisión de voz es mínimo porque las redes de paquetes están diseñadas para el flujo de datos, pero generalmente la factura por telefonía de los abonados es mayor que la de Internet, razón por la cual los operadores de redes de datos consideraron la telefonía por Internet como una forma de aumentar sus ingresos sin instalar nuevos cables de fibra: así se origina la tecnología VoIP(*Voice over Internet Protocol*)(Rizo, 2005).

Según el autor José M. Huidobro, la VoIP no es más que el enrutamiento de las comunicaciones de voz mediante Internet u otra red IP (*Internet Protocol*)(Borda, Navarro, Pérez, & Reynoso, 2011).

El flujo de datos de voz se transmite a través de una red de conmutación de paquetes de propósito general en lugar de utilizar las líneas de transmisión telefónica de una red de conmutación de circuitos dedicada.

En palabras simples, VoIP permite realizar llamadas telefónicas a través de Internet. El concepto de VoIP es el de transformar la voz en “paquetes de información”, para poder ser manejados en una red IP (Huidobro & Roldán, 2006).

2.4.1 Redes de voz sobre paquetes

Estas redes usualmente tratan de emplear las redes de datos para transmitir voz. Para esto, debe digitalizarse la señal de voz y acomodarla en paquetes IP(Pérez, 2013).

Sin embargo, las redes de voz sobre paquetes siguen siendo redes de datos con otros elementos agregados para soportar las funcionalidades de telefonía (ver figura 2.6). Así, además de enrutadores (*routers*), conmutadores (*switches*) y concentradores (*hubs*) en una red de VoIP se puede emplear teléfonos IP, pasarelas y dispositivos para el control de llamadas y señalización (Huidobro & Roldán, 2006)(Pérez, 2013).

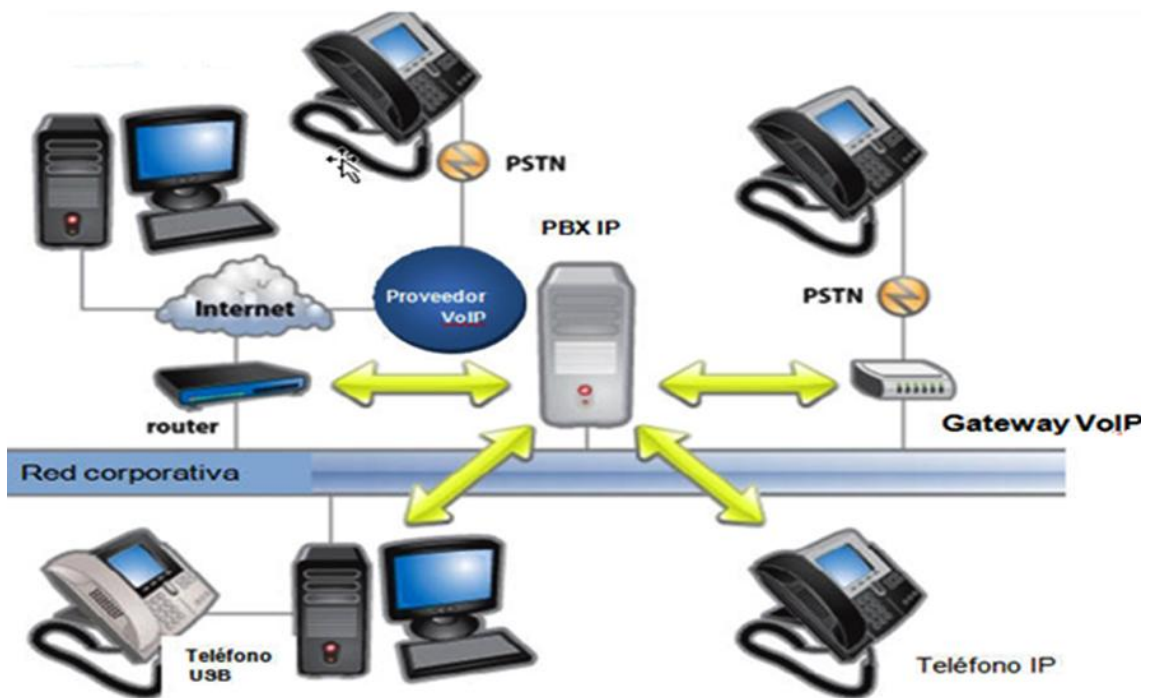


Figura 2. 6 Alguno de los equipos que forman una red VoIP.
Fuente: (3CX, 2014)

Los teléfonos IP son los terminales de usuario, presentan aspecto similar al de un equipo tradicional pero puede contener aditamentos tales como una pantalla y un teclado para navegar por la web (ver figura 2.7). También es diferente su conexión a la red ya que los equipos convencionales utilizan los conectores RJ-11 para conectarse a la red telefónica, mientras que los equipos IP manejan datos y para eso emplean conectores RJ-45 típico de una red Ethernet (Muñoz, 2010)(Pérez, 2013).



Figura 2. 7 Teléfono IP.
Fuente: (Muñoz, 2010)

Otro tipo de teléfono IP son los *Softphones*, su operación se basa en un *software* ejecutado en un computador para emplear éste como un teléfono(Pérez, 2013).

ATA (*Analogue Telephone Adaptor*): Una de las maneras más simples y más comunes es el uso de un dispositivo llamado ATA, que posibilita conectar un teléfono convencional al computador. Se trata de un conversor analógico-digital que recibe la señal analógica del equipo convencional y la transforma a datos digitales para transmitirla por Internet. Con este adaptador se puede conectar uno o más teléfonos análogos a una red VoIP, usualmente los ATA's viene con un puerto Ethernet y otro para RJ-11. Este dispositivo es el encargado de establecer la comunicación entre un teléfono convencional y un servidor VoIP, además, realiza las funciones de codificar y descifrar la señal de las voz usando los códecs anteriormente mencionado (Ver la figura 2.8) (Muñoz, 2010)(Pérez, 2013).



Figura 2. 8 Interfaz ATA, SPA-3000.
Fuente: (Muñoz, 2010)

Otro elemento de las redes de voz sobre paquetes es el **Gateway**, que consiste en un dispositivo cuya función es interconectar redes heterogéneas. En VoIP, el *Gateway* de voz posibilita el paso de la red IP a la red conmutada y viceversa. Las funciones básicas de estos dispositivos son la traducción de protocolos de establecimiento y

liberación de llamadas y la conversión de los formatos de la información entre diferentes tipos de redes (Muñoz, 2010)(Pérez, 2013).

El *Gatekeeper*, es el componente más crítico de una red, cuando este está presente, es el encargado de cumplir con las tareas de control en su zona de influencia. Dentro de su zona, el *Gatekeeper* provee una serie de servicios a entidades registradas, entre los que se encuentran la gestión de zona, el control de admisión, la gestión del ancho de banda y la traducción de direcciones (IP-números de teléfono) (Muñoz, 2010).

Las Unidades de Control Multipunto (MCU, *Multiconference Control Unit*): Se emplean en comunicaciones simultáneas entre más de dos usuarios (multiconferencias). Se encarga de mezclar los flujos de audio y video y distribuir dichos flujos entre todos los participantes (Muñoz, 2010).

2.4.2 Técnica de conmutación de las redes de voz sobre paquetes.

Es importante decir que las redes IP que transportan la voz utilizan la técnica de conmutación de paquetes la cual divide un mensaje de datos (voz digitalizada) en unidades más pequeñas llamadas paquetes, con un tamaño fijo y limitado que contienen la información del destinatario en la cabecera del paquete. Éstos se envían a su destino siguiendo la mejor ruta disponible, y se re-ensamblan en el extremo de recepción. En las redes de conmutación de paquetes, como es Internet, los paquetes se enrutan a su destino por la ruta más oportuna, pero no todos los paquetes que viajan entre dos *hosts* siguen la misma ruta, ni siquiera los que pertenecen a un mismo mensaje. Esto prácticamente garantiza que los paquetes lleguen en diferentes momentos y desordenados. En una red de conmutación de paquetes, los paquetes (mensajes o fragmentos de mensajes) se enrutan individualmente entre los nodos en vínculos que pueden estar compartidos por otros nodos. En la conmutación de paquetes, a diferencia de la conmutación de circuitos, las diferentes conexiones con nodos de la red comparten el ancho de banda disponible (Reza, 2001).

2.4.3 La telefonía IP

Según la definición adoptada por la ITU, la telefonía IP consiste en brindar servicios de voz, fax y otros servicios semejantes, transportados de manera parcial o total por redes IP con conmutación de paquetes. Esta tecnología también incluye servicios que agreguen el envío de señales de voz y fax con otros medios como textos e imágenes(Carrión, Cardenas, & Valverde, 2007).

VoIP implica modificar la idea de telefonía convencional ya que antes las llamadas telefónicas viajaban por una red de conmutación de circuitos a través de una ruta fija y dedicada mientras dure la comunicación. Con VoIP las llamadas se transportan en una red de paquetes hasta su destino con la misma trayectoria pero puede ir por rutas diferentes y son reagrupados para recobrar la información original (Black, 1999)(Pérez, 2013).

2.4.4 Ventajas de la migración hacia la tecnología VoIP

Cambiar la telefonía convencional por las nuevas técnicas de transmisión de voz sobre datagramas IP, permite traer grandes ventajas en los diferentes centros donde estas se implementen.

- **Reducción de costos en instalación y mantenimiento.**

Hoy día es indispensable para un centro de envergadura disponer de una red de datos que interconecte sus distintos ordenadores y servidores. Por ese motivo, y asumiendo los costos que suponen la creación y mantenimiento de una red de datos, no tiene sentido asumir los costos de una red de voz independiente. La telefonía IP permite la disminución de costos derivados de la instalación y mantenimiento de dos redes independientes.

Este punto es un aspecto clave en escenarios donde se prevé la creación de nuevas sucursales o nuevos edificios, ya que desplegando la red de datos se tiene desplegada la red de voz con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

- **Reducción de los costos de facturación.**

La telefonía IP aprovecha las conexiones de datos que existen entre los distintos escenarios, ya sean conexiones normales a Internet o Redes Privadas Virtuales. Al tratar la voz como datos, las llamadas se realizarían utilizando estas conexiones. De esta forma se pueden evitar los costos de facturación y las cuotas de abono mensuales de las líneas arrendadas de voz.

Ventajas competitivas

Las aplicaciones y servicios IP integrados mejoran la productividad y la atención al cliente y permiten incrementar nuevos usuarios en menor tiempo mediante un proceso de agregación, facilita la implementación de nuevos servicios porque emplea una estructura IP común y una interfaz de estándares abierta, permitiendo de esta manera realizar nuevas aplicaciones.

Una ventaja adicional es que los usuarios tienen la posibilidad de ingresar a todas las aplicaciones de la red, requiriendo únicamente acceder a la misma (Huidobro & Roldán, 2006).

2.5 Concepto de calidad de la voz

El concepto de calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) es demasiado amplio y, por ello, su interpretación depende del contexto concreto en que se emplee el término. Este apartado se centrará en la calidad de la voz desde el punto de vista del usuario, es decir, de cómo se escuchan entre sí los interlocutores de una conversación telefónica a través de una red de voz sobre paquetes. Las consideraciones generales

sobre la evaluación de la calidad del servicio telefónico se encuentran en la recomendación E.420 de la ITU-T. Esta recomendación subraya los aspectos que mayor influencia ejercen sobre la percepción de la calidad del servicio de telefonía por parte de los usuarios:

- Tasa de conectividad: Hace referencia a la probabilidad con la que la red dispondrá de recursos para cursar un intento de llamada
- Inteligibilidad de la voz: Un requisito, previo a todos los demás, es que cada extremo sea capaz de entender claramente las palabras de su interlocutor. En este sentido, juega un papel fundamental la claridad de la voz.
- La claridad de la voz es un parámetro subjetivo que puede definirse como la fidelidad con que la voz es percibida por el extremo remoto e indica cuanta información puede extraerse de las palabras del otro extremo. Depende de la distorsión introducida por los componentes de la red. Sin embargo es independiente del retardo y del eco
- Codificación de la voz: Una vez que la llamada ha sido establecida y que la voz del otro extremo puede entenderse con claridad el siguiente paso es codificar la voz, transmitirla a través de la red y ver qué tal se escucha. El resultado será una medida de la bondad del esquema de codificación empleado.
- La calidad de la codificación y la inteligibilidad de la voz están relacionadas entre sí y ambas dependen de la tasa binaria y de la tasa de error (Curwin & Ramos, 2007)(Huidobro & Roldán, 2006).

2.6 Factores que influyen en la calidad

Para los usuarios de las redes de voz sobre paquetes las diferencias tecnológicas que existen entre las redes de conmutación de circuitos y de paquetes deben ser totalmente transparentes. Es decir, que de alguna manera hay que conseguir que las redes de conmutación de paquetes ofrezcan una calidad del servicio telefónico similar a la de las redes de conmutación de circuitos sin perder sus características

propias. En general, los factores que determinan esta calidad son, por orden de importancia, la disponibilidad, el jitter, las pérdidas, el retardo y el ancho de banda. Además, en comunicaciones telefónicas otra limitación que hay que tener en cuenta es el eco(Martínez, 2006)(Huidobro & Roldán, 2006).

2.6.1 Disponibilidad

La disponibilidad de un sistema es una medida de la probabilidad con que se encontrará en condiciones de funcionamiento, de manera que en cuanto mayor es la disponibilidad mayor es dicha probabilidad.

2.6.2 Jitter

En redes IP, y en general en cualquier red de paquetes, no es posible garantizar que todos los paquetes de una misma comunicación sigan el mismo camino, al contrario de lo que ocurre en las redes de conmutación de circuitos. Como consecuencia, cada paquete llegara al destino atravesando un número de distintos nodos de la red y, por tanto, alcanzarán su objetivo con un retardo diferente. Esta variabilidad del retardo recibe el nombre de *jitter*. Los paquetes se generan en el origen con una cadena fija, por ejemplo, un paquete de voz cada 20 ms. Sin embargo, al llegar al destino esta cadencia es variable debido a las diferencias en retardos de encolado y propagación fundamentalmente.

Para absorber estas variaciones se utilizan los llamados *buffers* de supresión de *jitter*. La supresión consiste en el almacenamiento de los paquetes durante el tiempo suficiente para que los paquetes que han llegado fuera de secuencia puedan reordenarse y reproducirse en el orden correcto, tal y como muestra la figura 2.9.

Por tanto cuanto mayor es *jitter* de los paquetes, tanto mayor es el tamaño del *buffer* de supresión de *jitter* necesario para reducir su impacto en la calidad. La supresión del *jitter* introduce otro factor que será tocado más adelante, el retardo, este puede

afectar la calidad de la voz resultante. Por ello, es necesario encontrar una solución de compromiso entre el tamaño del *buffer*, el retardo y las pérdidas.

La situación ideal es aquella en la que el tamaño del *buffer* varía dinámicamente con las condiciones de la red durante su funcionamiento.

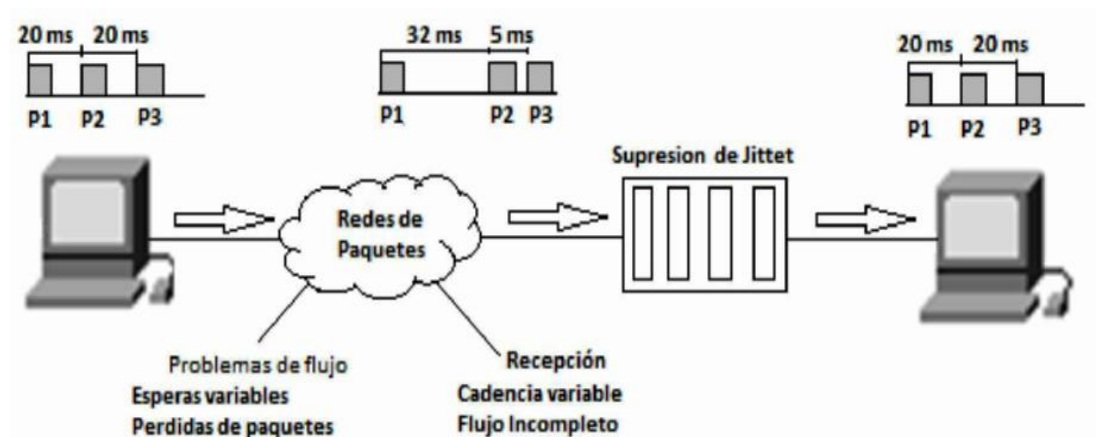


Figura 2. 9 Supresión del Jitter.
Fuente: (Huidobro & Roldán, 2006)

2.6.3 Retardo

El retardo o latencia es el tiempo invertido por la señal de voz en su viaje desde el origen hasta el destino.

Una de las características más importantes de la voz es su temporalidad, no solo porque el intervalo de pronunciación de dos sílabas determina su pertenencia a una misma palabra, sino porque la convergencia entre dos interlocutores sigue un esquema temporal de escucha-respuesta cuya alteración puede convertir la conversación en ininteligible (piénsese en dos interlocutores hablando la vez).

Al estudiar la influencia del retardo en las comunicaciones de voz sobre paquetes son dos los aspectos que van a determinar: el retardo máximo aceptable y las fuentes de retardo.

El retardo máximo aceptable marca un umbral por encima del cual la calidad de la voz resultante es inaceptable y la conversación resulta imposible. La recomendación G.144 de la ITU-T establece este umbral entorno a los 150 ms o 200 ms. Aunque en el caso de la comunicación vía satélite el usuario está dispuesto a tolerar retardos hasta de unos 400 ms.

Una vez que ya se dispone de un objetivo de diseño en cuanto al retardo se refiere, el paso siguiente es estudiar las distintas fuentes de retardo con el fin de optimizar su comportamiento. Para ello, conviene analizar todo el proceso que sufre la señal de voz desde que es emitida por un extremo hasta que llega a su receptor (Barberán, 2009).

En la figura 2.10 se muestra un esquema del procesamiento de la voz extremo a extremo en un sistema de telefonía.

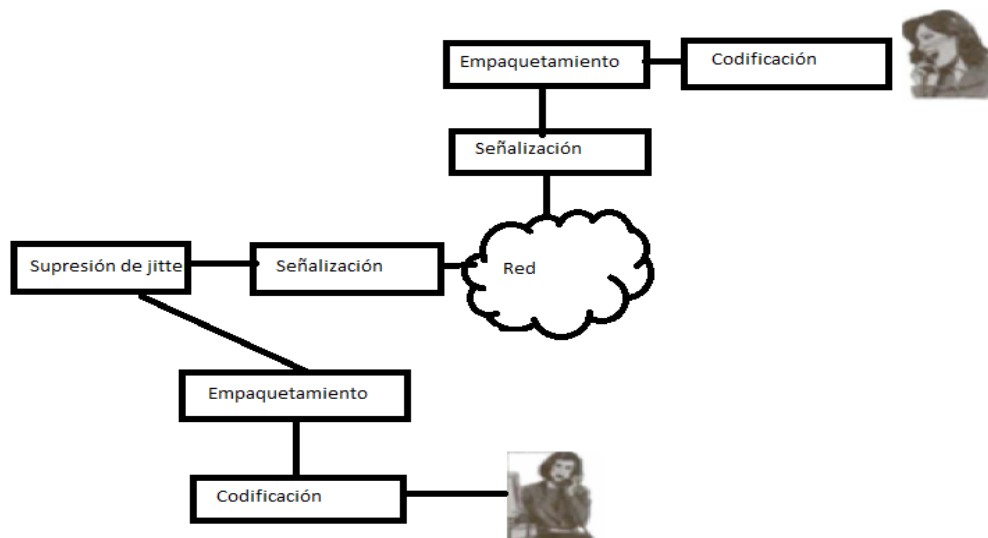


Figura 2. 10 Procesamiento de la voz extremo a extremo
Elaborada por el Autor

2.6.4 Pérdidas

Las pérdidas de paquetes son el resultado del descarte de paquetes que se producen en los nodos de la red como consecuencia de la congestión de dichos nodos. Puesto

que en las redes de conmutación de paquetes no se produce una reserva de recursos previa al envío de la información de usuario, las pérdidas son inevitables. El efecto de las pérdidas influye en una disminución de la calidad de la voz, puesto que faltan paquetes a la hora de reconstruir la señal vocal. Esta disminución de la calidad es tanto mayor cuanto mayor sea la tasa de compresión del códec. La solución más inmediata al problema de las pérdidas es la mejora de la arquitectura de la red. En efecto, puesto que las pérdidas son, básicamente, una cuestión de capacidad, si se sustituyen las líneas y los enrutadores por otros de mayor capacidad el problema queda aparentemente resuelto. Sin embargo, esta solución no es definitiva debido a que en cuanto aumente ligeramente el tráfico de la red, los efectos nocivos de las pérdidas volverán a aparecer por lo que la alternativa que puede parecer más obvia es solicitar la retransmisión de los paquetes perdidos. Sin embargo, esto introduciría un retardo adicional que todavía empeoraría más la calidad de la voz (Huidobro & Roldán, 2006).

2.6.5 Eco

El otro fenómeno común en las redes telefónicas y en las redes de voz sobre paquetes es el eco. El mismo se produce cuando el emisor escucha parte de su propia voz junto con la voz del otro interlocutor o en ausencia de ella.

Las causas del eco son muy variadas. En primer lugar, se encuentran el eco acústico, que surge debido a un acoplamiento entre el micrófono y el auricular del teléfono. Debe considerarse, sobre todo, en teléfonos manos libres o inalámbricos y se suele solucionar utilizando terminales de gran calidad y mayor precio. El otro tipo de eco es el eco eléctrico, que es a consecuencia de una desadaptación de impedancias en el extremo receptor.

Para el caso de la redes de voz sobre paquetes, se ha de tener en cuenta que el eco solamente se produce en los segmentos analógicos de la red y no en los digitales. Estos segmentos susceptibles de sufrir eco reciben el nombre de circuitos de cola.

Por ejemplo, cuando una llamada es realizada en la red de voz sobre paquetes y la misma abarca la red completa es decir IP extremo a extremo, no se produce eco puesto que toda la comunicación tiene lugar a través de la red de datos. Sin embargo, esta situación es muy poco común. Generalmente, la voz sobre paquetes debe interactuar con teléfonos convencionales y centrales telefónicas en los que sí existe circuito de cola y, por lo tanto, en los que se produce cierta cantidad de eco que habrá que eliminar o, al menos, reducir a unos niveles tolerables.

Para disminuir los efectos del eco, algunas pasarelas y teléfonos IP incluyen canceladores de eco.

Un cancelador de eco lleva a cabo un filtrado adaptativo de la señal recibida (eco + voz del otro extremo) que estima el valor del eco que contiene e intenta neutralizarlo (Huidobro & Roldán, 2006).

2.6.6 Ancho de banda

El ancho de banda (BW, *BandWidth*) de una red puede definirse como la cantidad máxima de información que la red es capaz de transportar. El primer requisito que debe cumplir una red de voz sobre paquetes para ofrecer la calidad adecuada es disponer del ancho de banda suficiente para cursar las comunicaciones de voz. Por lo mencionado anteriormente el ancho de banda medio de la red debe ser tal que:

$$BW = \frac{BW_{voz} + BW_{video} + BW_{datos}}{0.75} \quad 2-3$$

De esta manera, se deja un 25% de margen para hacer frente a posibles picos de tráfico. Al dimensionar la red según este criterio, es decir, al garantizar que habrá ancho de banda suficiente para cursar las comunicaciones, se reduce la probabilidad de que el retardo, el *jitter* o las pérdidas tengan un impacto considerable. Sin embargo, esto no quiere decir, ni mucho menos, que sobredimensionado la red en

cuanto a ancho de banda se refiere se resuelvan definitivamente los problemas de calidad.

Una comunicación de voz sin comprimir, por cada sentido de la comunicación consume 64kbps. Sin embargo, puesto que el ancho de banda es un recurso escaso (sobre todo, porque se paga), sería deseable poder comprimir la voz y aumentar la eficiencia de utilización de ancho de banda cursando un mayor número de comunicaciones. Sin embargo, el precio a pagar es una disminución de la calidad. Aunque no existe ninguna relación directa entre el ancho de banda y calidad de la voz, en general, cuanto mayor es la compresión, menor es la calidad de la voz ya que la señal es más sensible a las pérdidas y al retardo (Huidobro & Roldán, 2006).

2.7 Protocolos utilizados en VoIP.

Al igual que ocurre en cualquier red, las redes de voz sobre paquetes requieren de una serie de normas que especifiquen las funcionalidades y servicios que este tipo de redes deben de proveer en todas y cada una de sus dimensiones. Estas normas son los protocolos y un aspecto muy importante es que tengan carácter abierto y que sean internacionalmente aceptados con el fin de garantizar la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes, facilitando la elección de los usuarios y disminuyendo los precios de los equipos al fabricarse a mayor escala (Puentes, 2005).

En las redes telefónicas convencionales, una llamada consta de tres fases: establecimiento, comunicación y desconexión. Este esquema continúa siendo válido, aunque con algunos matices distintos, para las redes de voz sobre paquetes. En estos casos, tradicionalmente, se han venido distinguiendo tres grandes grupos de protocolos, que pueden ir bien sobre TCP y/o UDP, y ambos sobre IP.

- **Protocolos de Señalización:** El objetivo es establecer un canal de comunicaciones a través del cual fluya la información de usuario y liberar el canal cuando finalice la comunicación.
- **Protocolos de transporte:** Son las normas que definen como debe realizarse la comunicación entre los extremos por un canal de comunicaciones previamente establecido.
- **Protocolos de gestión:** Cuando el tamaño de las redes aumenta, se convierte en un entramado muy complejo de *hardware* y *software* y, si no se toman las medidas oportunas, se corre el riesgo de volverse inmanejable. Esto es, precisamente, lo que pretende evitar el sistema de gestión y mantenimiento.

A continuación en la figura 1.11 puede observarse un esquema detallado de los principales protocolos utilizados para VoIP.

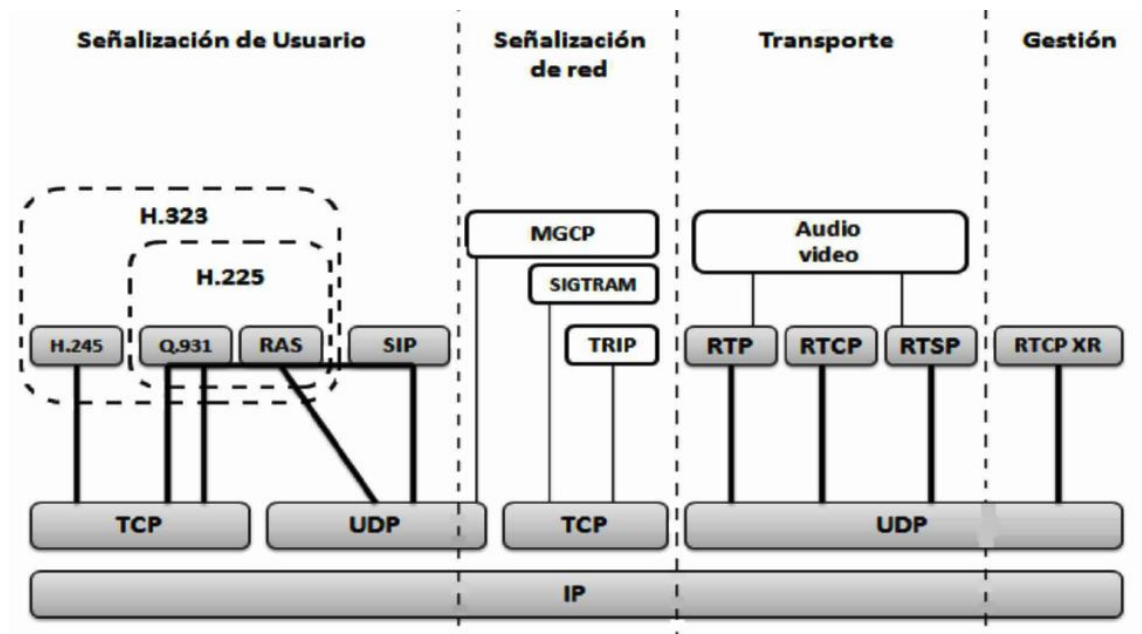


Figura 2. 11 Protocolos utilizados para VoIP.
Elaborada por el Autor

2.7.1 Protocolos de Señalización.

Los protocolos de señalización en redes de voz sobre paquetes realizan muchas funciones similares a las que llevan a cabo sus homólogos en redes telefónicas (establecimiento de la sesión, señales de progreso de llamadas, gestión de los participantes en la llamada, etc.).

En realidad, los protocolos de señalización entre terminales son comunes a cualquier tipo de comunicación de multimedia (voz, video y audio) a través de la red de paquetes. Aplicadas a la voz sobre paquetes, estos tienen como objetivo generar los tonos y señales necesarios para el usuario no perciba que la tecnología de soporte de las llamadas telefónicas ha cambiado con respecto a la tradicional.

Los protocolos más destacados y que se estudiarán a continuación son:

H.323 de la ITU-T y SIP del IETF.

2.7.2 H.323.

La familia de protocolos H.323 fue presentada por el ITU *Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T) como mecanismo para proveer sesiones de comunicación audio – visual sobre cualquier red basada en paquetes y ha sido ampliamente adoptada por el sector empresarial debido a su fácil integración a las redes de telefonía tradicional PSTN (Public Switched Telephone Network), ya que el protocolo H.323 es un protocolo binario lo cual se acopla perfectamente a la lógica de funcionamiento de las redes PSTN. Los protocolos que son el núcleo de la familia H.323 son los que se muestran a continuación en la figura 2.12(Rico, 2013).

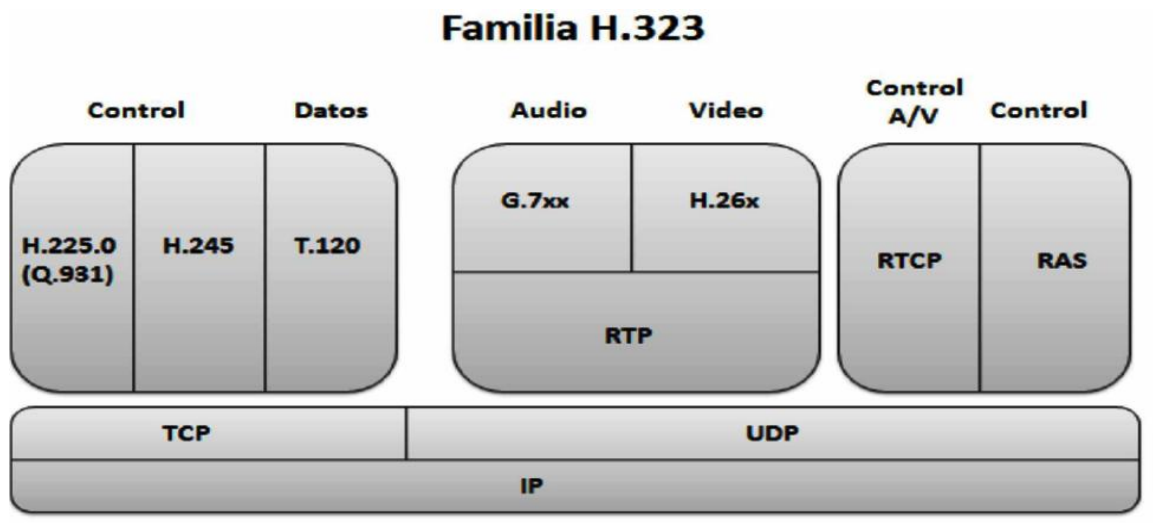


Figura 2. 12 Protocolos de la familia H.323
Elaborada por el Autor

2.8 Noción sobre los PBX y PBX IP.

El uso más común de una PBX es compartir de una a varias líneas telefónicas con un grupo de usuarios. Una PBX se enlaza entre las líneas telefónicas y los teléfonos (terminales de voz). La PBX tiene la propiedad de ser capaz de redirigir las llamadas entrantes a uno o varios teléfonos.

2.8.1 Central Privada (PBX O PABX)

PBX(*Private Branch Exchange*), es cualquier centralita telefónica enlazada a la red telefónica pública mediante cables troncales para encargarse de las llamadas internas, entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Usualmente este equipo pertenece a la empresa en que está implementada y no a la empresa de teléfonos, por eso la denominación de privada. Puede incluir de dos a diez mil extensiones y un enlace al sistema telefónico tradicional PSTN (*Public Switch Telephone Network*) para llamadas hacia y desde el exterior de la empresa(Sinche & Ortega, 2011).

Una PBX es un equipo que opera como un ramal de la red primaria pública de telefonía, es decir que los usuarios no utilizan líneas telefónicas tradicionales para comunicarse al exterior sino que como la PBX está conectada a la PSTN, ésta se encarga de enrutar la llamada a su destino a través de enlaces integrados de transmisión de voz denominados cables troncales(Sinche & Ortega, 2011).

Lo expresado implica que los usuarios de una PBX no están enlazados a una central telefónica pública, puesto que la PBX opera como tal, semejante a una central pública brindando cobertura a un área y una PBX lo hace para las instalaciones de una empresa usualmente(Sinche & Ortega, 2011).

PBX posea su propia inteligencia para facilitar la conmutación de llamadas. Esta inteligencia es gestionada por al menos una unidad central (CPU), con procesadores de entradas/ salidas que maneja las interfaces de líneas y cuenta también con una memoria viva. Actualmente una PBX es un hardware o software capaz de agrupar varios usuarios de teléfonos para hacerlos compartir una a varias líneas telefónicas, entre las características más comunes de una PBX se tiene (Kasse, 2006):

- Contestación automática
- Menús de llamadas
- Administración de extensiones
- Correo de voz y buzones de voz
- Re-direccionamiento de llamadas
- Llamada en espera
- Llamada en conferencia

2.8.2 PBX IP

Una PBX IP reemplaza a una PBX tradicional y provee a un número de extensiones la capacidad para realizar conferencias, transferir llamadas y marcación a otras extensiones. Todas las llamadas son enviadas a través de paquetes de datos sobre

una red de datos en lugar de la red telefónica tradicional. Con el uso de una *GatewayVoIP*, se pueden conectar líneas telefónicas convencionales a la PBX IP para hacer y recibir llamadas telefónicas a través de las líneas a una PSTN (Ver Figura 2.13).

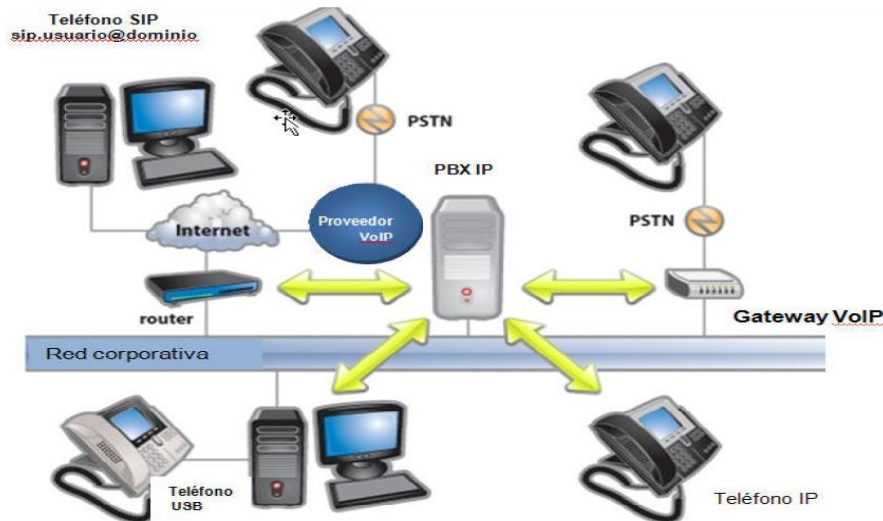


Figura 2. 13 PBX IP integrada a servicios de redes de datos y PTSN.
Fuente: (3CX, 2014)

Un sistema telefónico VoIP está constituido de uno o más teléfonos IP (*hardware* o *software*) un servidor PBX IP e incluye en forma opcional un *GatewayVoIP*.

El servidor es semejante a un servidor proxy: clientes SIP mediante *softphones* o teléfonos IP convencionales, se registran con el servidor PBX IP y cuando requieren hacer una llamada, se comunican con la PBX IP para establecer el enlace, ésta posee un directorio de los usuarios telefónicos y sus direcciones SIP, esto permite el enlace de una llamada interna o el enrutamiento para una externa mediante el *GatewayVoIP* o a través del proveedor de servicios VoIP(3CX, 2014).

Un *GatewayVoIP* es un dispositivo que convierte el tráfico telefónico en paquetes IP para su transmisión sobre la red de datos. Básicamente se utilizan para 2 funciones:

1. Convertir llamadas provenientes de la línea telefónica PSTN hacia líneas telefónicas VoIP/SIP.
2. Conectar una PBX tradicional a una red de datos

2.8.3 Migración de la PABX PSTN a los sistemas de telefonía IP

Para un proveedor o una empresa privada que posea su propia central telefónica analógica, es ventajoso sustituir los PBX por un servidor de telefonía IP.

Reducción de costo

Las empresas gastan mucho dinero en comunicaciones telefónicas, la solución será entonces la comunicación de voz sobre la red de datos y tiene los siguientes beneficios (Kasse, 2006).

- Llamadas gratis vía internet entre diferentes operadores.
- Llamadas locales o internacionales a tarifas bajas por intermedio de un operador pasarela.
- No hace falta utilizar pares de cobre por la instalación de una nueva línea telefónica.
- Existencia de muchos *softphones* gratis.
- Libertad de hacer conferencias sin la dependencia de un operador de servicio.

Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se abordaron los diferentes elementos que son necesarios para prestar correctamente los servicios de telefonía IP. Además, se estudiaron los distintos aspectos que afectan la transmisión de la voz en las redes de conmutación de paquetes, así como el *jitter*, el retardo, las pérdidas, etc. Se trataron también en el capítulo, la telefonía fija y la telefonía IP, permitiéndole esto al lector sacar sus propias conclusiones.

Capítulo3: propuesta de diseño del laboratorio.

3.1 Introducción.

En este capítulo se presenta la descripción de las etapas funcionales requeridas para la puesta en funcionamiento del laboratorio de VoIP propuesto.

El proyecto de desarrollo e implementación del laboratorio de VoIP implica una serie de actividades con un inicio y un fin determinados para obtener la aplicación requerida. En la figura 3.1 se muestra el algoritmo utilizado para realizar la propuesta de diseño de la solución.

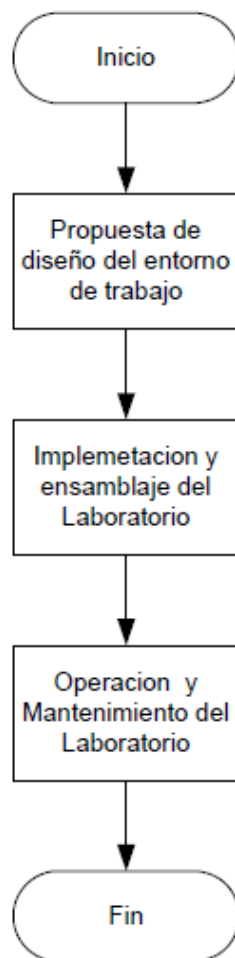


Figura 3. 1 Algoritmo para la propuesta de diseño del laboratorio VoIP.
Elaborada por el Autor

Del algoritmo mostrado en la figura 3.1 en el proceso de propuesta del diseño del entorno de trabajo se puede identificar 3 etapas a desarrollar:

- **Etapa I.** Requerimientos de infraestructura
- **Etapa II.** Propuesta de software a utilizar por el sistema.
- **Etapa III.** Integración de los componentes del laboratorio VoIP.

A continuación se detallan las etapas mencionadas.

3.2 Etapa I infraestructura.

Determinación de requerimientos.

Es necesario en la implementación del laboratorio de VoIP definir cuáles serán los requerimientos necesarios para implementar la red de datos sobre la cual funciona el entorno de trabajo. Se debe disponer de un espacio físico para la ubicación de dicho laboratorio con la distribución como se muestra en la figura 3.2:



Figura 3. 2 Distribución en planta del laboratorio virtual.
Elaborada por el Autor

En este trabajo únicamente se definirán criterios para la selección del software necesario para implementar la red telefonía IP.

3.3 Etapa II Propuesta del Software a utilizar por el sistema.

La selección de herramientas tales como *softphones*, analizadores de protocolos y PBX IP, es el siguiente paso a desarrollar. En la tabla 3.1 se muestra las alternativas presentadas para cada caso.

Tabla 3. 1 Utilitarios evaluados para ser utilizados en el Laboratorio de VoIP.
Elaborado por el Autor

Herramientas	Alternativas Evaluadas
PBX	Asterisk
	Siemens
	Panasonic
	Ericsson
	Alcatel-lucent
Softphones	X-lite
	Wengophone
	SJphone
	ZoIPer
Analizador de Protocolos	Wireshark
	IP Snifer
	Tektronic

3.3.1 Selección de herramientas.

A continuación se presenta la evaluación y posterior selección de las herramientas a utilizar en la red a utilizar en el laboratorio VoIP.

Metodología.

Para la selección y evaluación de las herramientas a utilizar se realizó un análisis de las alternativas más viables tomando como referencia aspectos prácticos y de interés ya sea técnico como económico. En la tabla 3.2 se presenta una matriz de resultados en la que se muestra la suma de puntos obtenidos por cada alternativa y por cada criterio de selección.

Tabla 3. 2 Criterios de selección para evaluación de herramientas
Elaborada por el Autor

Criterio de Selección	
Resultado de la evaluación	Puntuación
Excelente	81-100
Muy bueno	61-80
bueno	41-60
regular	21-40
malo	0-20

Selección de PBX IP

Los criterios que se utilizaron y consideraron para la selección de esta herramienta son(Elastix, 2013):

- Dominio de la plataforma: se refiere al conocimiento y profundidad de éste, que el desarrollador tiene acerca de la PBX IP.
- Documentación existente: hace referencia al material bibliográfico de ayuda existente para desarrolladores y usuarios acerca de la plataforma en cuestión.
- Complejidad de integración: determina el grado de dificultad que implica la puesta en operación de un sistema de este tipo, entendiéndose la escala de clasificación como excelente equivalente a fácil integración y malo integración con alto grado de dificultad.

- Costo de operación y mantenimiento: implica los montos de dinero invertidos en su implementación, operación y mantenimiento, entendiéndose la escala de clasificación como excelente equivalente a costo bajo y malo costo alto.

De acuerdo a los criterios indicados para la selección del PBX IP se estableció la tabla 3.3:

Tabla 3. 3 Evaluación de PBX IP
Elaborada por el Autor

Alternativas	Dominio de la plataforma	Documentación existente	Complejidad de integración	Costo de operación y mantenimiento	Total
Alcatel-lucent	15	10	60	10	95
Panasonic	10	10	60	20	100
Asterisk	85	90	70	90	335
Siemens	10	5	60	10	85
Ericsson	15	20	60	5	100

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 2.3, la PBX IP seleccionada para la implementación del laboratorio VoIP es Asterisk.

Selección de los *softphones*.

Los criterios que se utilizaron y consideraron (para este caso serán 2 opciones las que se elegirán) para la selección de esta herramienta se muestran en la tabla 2.4.

- Compatibilidad con los protocolos SIP, H.323 y IAX.
- Compatibilidad con el sistema operativo Windows.
- Documentación existente.

Tabla 3. 4 Evaluación de softphones
Elaborada por el Autor

Alternativas	Compatibilidad Con SIP	Compatibilidad Con H.323	Compatibilidad Con IAX	Compatibilidad Con Windows	Documentación Existente	Total
X-Lite ⁵	100	0	0	100	100	300
Wengophone	100	0	0	100	70	270
Sjphone ³	0	100	0	100	100	300
ZoiPer	100	100	100	100	100	500

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 3.4, los *softphones* seleccionados para utilizarse en las prácticas del laboratorio VoIP son: ZoIPer (para IAX), X-lite (para SIP) y SJphone (para H.323).

Selección del analizador de protocolos

Los criterios que se utilizaron y consideraron para la selección de esta herramienta son:

- Dominio de la aplicación: se refiere al grado de conocimientos que el desarrollador tienen del analizador respectivo.
- Compatibilidad: este punto está relacionado con la posibilidad del analizador de ser utilizado sin necesidad de interfaces de *hardware* y/o *software* adicionales al producto estándar.
- Costo: indica los términos de licencia y otros costos relacionados, entendiéndose la escala de clasificación como excelente equivalente a costo bajo y malo costo alto.

Los resultados se muestran de manera detallada en la tabla 3.5:

Tabla 3. 5 Evaluación de analizador de protocolos
Elaborada por el Autor

Alternativas	Dominio de la aplicación	Compatibilidad	Costo	Total
Wireshark	90	95	100	285
IP Sniffer	40	50	40	130
Tektronix	40	100	5	145

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 3.5, el analizador de protocolos seleccionado será *Wireshark*.

3.3.2 Esquema general de la red

El laboratorio requiere de 10 PCs, más una estación de trabajo para el profesor, así como también un servidor en el cual estará instalada la central PBX IP que estará en el laboratorio virtual de telefonía IP de cuyo diseño se trata esta investigación, además se tendrá un servidor secundario implementado en un máquina virtual VirtualBox. En la figura 3.3 se muestra un esquema general de la red.

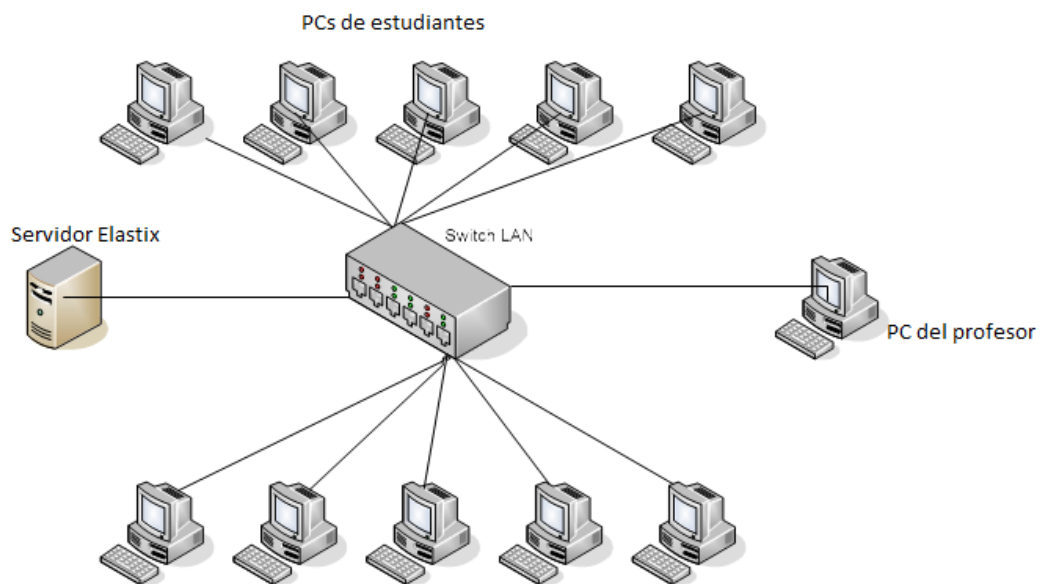


Figura 3. 3 Esquema general del laboratorio VoIP.
Elaborada por el Autor

3.3.3 Descripción de los elementos del laboratorio.

El laboratorio estará compuesto de tres elementos básicos para la transmisión de voz sobre la red IP.

Estaciones del estudiante:

Son unas computadoras, con 1GB de RAM, disco duro de 80GB, MS Windows 7. Bajo estas características servirían como terminales telefónicas y para ello se

instalará software (*Softphone*) como el X-lite o el SJphone. Además dispondrá de herramientas para el análisis de protocolos (*sniffers*) como lo es *Wireshark* y los estudiantes podrán utilizar las guías de los laboratorios, las cuales pueden estar en formato físico o digital, esto implicaría que se podrá tener acceso a ellas a través de las plataformas de la universidad.

Estación del profesor:

Es una computadora, con 1GB en RAM, disco duro de 80GB, MS Windows 7. Esta estación tendrá la función de administrador las prácticas de laboratorio

Servidor de aplicaciones:

Este dispositivo será el encargado de comportarse como una central IP y capaz de transmitir la voz sobre la red de datos. Dispondrá de un *software* de aplicación GPL especializado que adaptará la señal de voz en una comunicación para cada uno de los diferentes estándares. Provee funciones administrativas para el enrutamiento de las llamadas.

El servidor tiene instalado Asterisk para ejercer la funcionalidad de PBX IP, todo esto bajo un sistema operativo CentOS 5.7 (es importante aclarar que este sistema operativo está en función de las aplicaciones instaladas en él, es decir que se seleccionó porque así lo requería la PBX IP)

3.4 Etapa III. Integración de los componentes del Laboratorio VoIP.

Descripción del funcionamiento global del Laboratorio

Tal como lo muestra en el diagrama, la ejecución de una práctica de laboratorio requiere el seguimiento de una serie de pasos lógicos para lograr su aprovechamiento, además se muestra cómo interactúan entre si todos los elementos

que componen el laboratorio VoIP, a continuación se detallan los pasos descritos en el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.4.

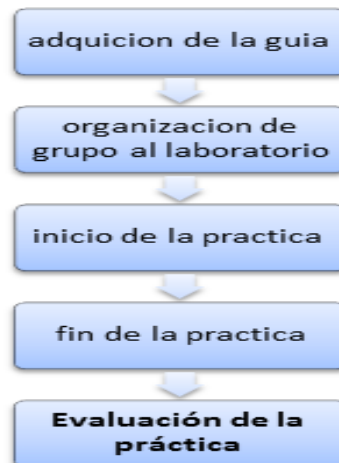


Figura 3. 4 Algoritmo para el funcionamiento del laboratorio de VoIP.
Elaborada por el Autor

Adquisición de guía del laboratorio.

El profesor encargado de la asignatura pone a la disposición de los alumnos a través del medio que él estime apropiado la guía de laboratorio. De esta manera el estudiante accede a la guía respectiva y está listo para presentarse al laboratorio según la planificación docente en el horario correspondiente.

Organización de grupos de trabajo: los alumnos son agrupados por el docente de acuerdo a la práctica de laboratorio a realizar y después de proceder a la revisión de conectividad entre las máquinas de la red y comprobar que está correcta, el profesor da el visto bueno para poder iniciar la sesión de laboratorio.

Inicio de la práctica de laboratorio: Cada grupo de estudiantes en sus estaciones de trabajo siguiendo los pasos indicados en sus guías y apoyándose del material de la asignatura desarrollan los procedimientos requeridos.

Fin de la práctica: El estudiante finaliza la práctica de laboratorio y como complemento la asesoría del instructor en temas de la teoría que se estudia.

Evaluación de la práctica: El profesor decide el criterio de evaluación del laboratorio, es decir es responsable de definir la forma de evaluación de la práctica de laboratorio.

3.4.2 Estructura de prácticas de laboratorio

En la educación, el proceso de enseñanza-aprendizaje es de suma importancia para el desarrollo de contenidos de una asignatura y en este caso de asignaturas con carácter tecnológico y aplicado. En tal proceso intervienen tres grandes factores, a saber: la teoría, el estudio personal y las prácticas de laboratorio. La figura 3.5 muestra la relación entre estos factores:

El laboratorio para el análisis de protocolos de VoIP pretende ser una herramienta metodológica complementaria en el proceso antes mencionado y para ello se diseñaran guías de laboratorio. De esta forma el alumno tendrá la posibilidad de poner de manifiesto los conocimientos teóricos vistos en las conferencias.

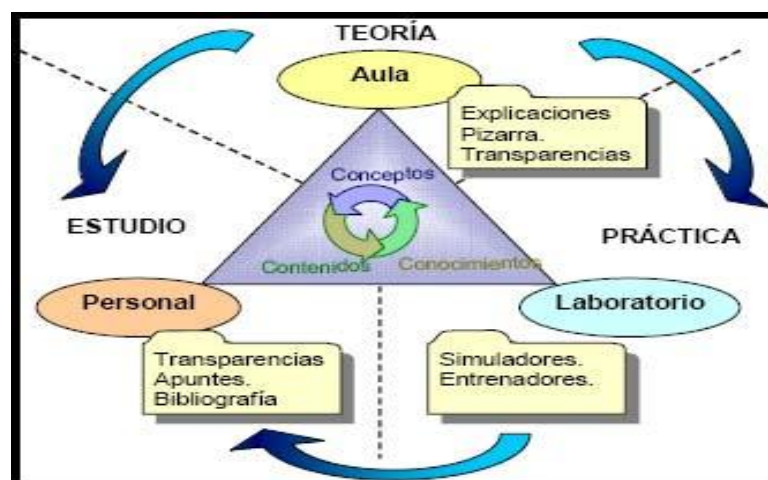


Figura 3. 5 Relación entre factores proceso Enseñanza-Aprendizaje.
Fuente: (Aguilar, Figueroa, & González, 2008)

Los objetivos que persiguen las guías son:

- Favorecer la asimilación de los conceptos, comprobándolos experimentalmente.
- Despertar el interés en los estudiantes por los temas tratados, para que profundice en forma personal.
- Propiciar el intercambio de ideas al trabajar en equipo

A continuación en la figura 3.6 se presenta la estructura de las guías de laboratorio:

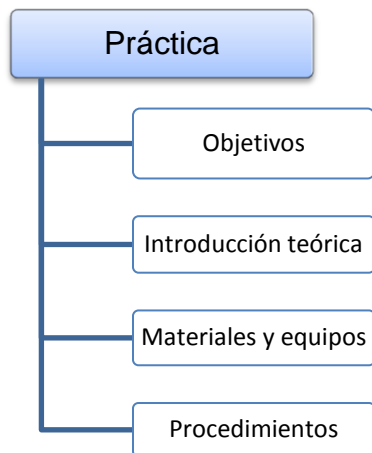


Figura 3. 6 Estructura de las guías de laboratorio.
Elaborada por el Autor

Descripción de las partes de una guía de laboratorio práctico

Objetivos: Se plantean las metas que se pretende que el alumno alcance al finalizar la práctica.

Introducción teórica: En este apartado se brindará un resumen de los conceptos necesarios para la comprensión y desarrollo de la práctica. De esta manera se asegura que los objetivos que persigue la misma se cumplan.

Materiales y equipo: Se presenta un listado de las herramientas, *hardware* o *software*, necesarios para el desarrollo de las prácticas.

Procedimiento: En este apartado comprende los pasos a seguir para el desarrollo de la práctica, la cual puede estar formada por uno o más ejercicios prácticos relacionados entre sí.

3.5 Implementación del servidor Elastix

De acuerdo con el estudio realizado se seleccionó Asterisk como plataforma de PBX IP para el laboratorio.

3.5.1 Introducción al Asterisk

Asterisk es una central de *software* con código abierto. Este software es una aplicación servidor que permite que terminales clientes se conecten a él. Una vez conectados, los usuarios pueden transmitir voz y video en tiempo real utilizando cualquiera de los protocolos y códec soportados por Asterisk, el cual es una de las PBX que más éxito ha tenido a nivel mundial.

Su creador es Mark Spencer, fundador de Digium quien es el principal desarrollador de las actuales versiones. Es un *software* libre y por eso tiene miles de programadores y contribuyentes en todo el mundo. Este capítulo hará referencia a Asterisk y Elastix, considerando que ambas denominaciones se pueden intercambiar porque Elastix es un potencializador de Asterisk por las múltiples herramientas que abarca (Elastix, 2013)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

¿Qué es Elastix?

Elastix es hoy por hoy la distribución de Asterisk más popular y utilizada en sistemas de telefonía IP *Open Source*, es muy estable, fácil de instalar, configurar, además de

tener un excelente soporte por parte de la comunidad de usuarios y de sus creadores que mantienen produciendo actualizaciones constantemente.

Una de las desventajas de utilizar Asterisk puro, en especial para los novatos que se inician en este mundo de la telefonía IP, es la necesidad de tener un nivel de conocimiento sobre Linux de intermedio a avanzado, especialmente a nivel de línea de comandos, esto hace que muchos desistan en su intención, sin embargo esa es también una de las ventajas de utilizar Asterisk puro ya que permite casi un control total sobre lo que se está haciendo cuando se llega a dominar, lo que llega a gustar al usuario al utilizar Linux y Asterisk desde la línea de comandos, el hecho de tener el control sobre lo que se está haciendo. Sin embargo el problema si se ve de esa manera es que poner en operación una PBX-IP con Asterisk puro puede tomar mucho más tiempo que el que se toma hacerlo con Elastix, además del grado de dificultad que se presenta por no contar con la experiencia y el conocimiento necesario.

La importancia de Elastix consiste en la introducción de una interfaz Web común para la gestión de estos instrumentos y la unificación de las mismas de manera fácil y sencilla(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010). También agrega su propio conjunto de utilidades y permite la creación de módulos de terceros para hacer de este el mejor paquete de *software* disponible para la telefonía de código abierto(Elastix-0.9-alpha).

En poca palabra Elastix es una distribución de Asterisk que permite poner en operación toda una plataforma de telefonía IP, desde un ambiente grafico Web, sin que sea necesario conocer la línea de comandos de Linux y Asterisk, la interfaz gráfica es bien amigable y prácticamente desde ella se pueden ejecutar todas las configuraciones sin requerir conocer e ingresar a la línea de comandos, exceptuando ciertas configuraciones especiales y especializadas la mayoría de las funcionalidades telefónicas se pueden poner marcha desde aquí, aunque siempre se recomienda que se tenga la base del uso de la línea de comandos de Linux, es por eso que se incorpora a este trabajo un apartado sobre Fundamentos de Linux.

Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre cuatro programas de *software* muy importantes como son Asterisk (Central telefónica), Hylafax (manejo de documentos de fax), Openfire (mensajería instantánea) y Postfix(sistema de correo electrónico), la sección correspondiente al sistema operativo se basa en CentOS, una popular distribución Linux orientada a servidores (Elastix, 2013)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

La meta de Elastix es la confiabilidad, modularidad y sencilla operación, lo cual agregado a la reciedumbre para reportar lo presentan como la mejor elección para desarrollar una PBX IP con Asterisk. Las propiedades brindadas por Elastix son muchas y variadas, ya que incluye algunos paquetes de *software*, los cuales tienen sus propias particularidades. También agrega nuevas interfaces para el control y los reportes de sí mismo, lo que lo hace un paquete muy completo(Elastix-0.9-alpha)(CertificaciónECE-Elastix).

3.6 Desempeño de Elastix

El desempeño de un servidor Elastix es un asunto muy complejo de analizar. En muchos casos interesa conocer los resultados y recomendaciones principalmente desde el punto de vista de una PBX, es decir el desempeño de Asterisk, puesto que es uno de los componentes más populares.

3.7 Protocolos y códecs utilizados en Elastix

Elastix soporta los siguientes protocolos:

- SIP
- IAX
- H.323
- MGCP
- SKINNY

- ZAP

Códexes soportados: ADPCM, G.711 (la ley-A y la ley- μ), G.722, G.723.1 (*passthrough*), G.726, G.7299 (si se compra licencia comercial), GSM, iLBC. Una vez conectados, los usuarios pueden transmitir voz y vídeo en tiempo real utilizando cualquiera de los protocolos y códexes soportados por Elastix.

3.8 Principales herramientas que contiene Elastix.

La versión de Elastix que se utilizó para este trabajo es la 2.3.0 (estable) la cual tiene incluida la versión 1.8.11 de Asterisk como núcleo. Esta versión de Elastix trae incluido un grupo de programas que ayudan a la implementación de una central telefónica (PBX) y que se detallan a continuación (Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010):

- vTiger CRM and Sugar CRM, Sistemas de CRM.
- A2BillingR – Plataforma de tarjetas de llamadas y facturación para Asterisk.
- Flash Operator Panel, Consola de Operadora vía Web.
- Hylafax un software bastante depurado y estable para sistemas de faxes.
- Openfire - Servidor de mensajería instantánea.
- Free PBX - Interfaz de administración Web de Asterisk y componente esencial en Elastix.
- Sistemas de Reportes – Este se encarga de brindar información detallada de las operaciones de la PBX.
- OSLEC - Cancelador de Eco basado en *software*.
- Postfix, servidor de correos sumamente estable.

Una ventaja de Elastix es que los elementos mencionados vienen instalados o pre-instalados. Este *software* viene en un CD o un **iso** autoinstalable con todos los componentes en un mismo lugar, por lo que no se tiene que ser un experto para iniciarlo (Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Las características provistas por Elastix son muchas y variadas, como ya se explicó antes, este incluye varios paquetes de software, donde cada uno incluye su propio conjunto de características(Jiménez, 2010)(Muñoz, 2010):

- Soporte para Video: se pueden realizar video-llamadas con Elastix.
- Soporte para Virtualización: es posible correr múltiples máquinas virtuales de Elastix sobre un mismo equipo.
- Interfaz Web para el usuario: realmente amigable.
- “Fax a email” para faxes entrantes: también se puede enviar documentos digitales a un número de fax a través de una impresora virtual.
- Interfaz para tarifas.
- Configuración grafica de parámetros de red.
- Reportes de uso de recursos.
- Opciones para reiniciar/apagar remotamente.
- Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.
- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz Web para correo de voz.
- Módulo de panel operador integrado.
- Módulos extras SugarCRM y CallingCard incluidos (Ast2billing).
- Sección de descargas con accesorios comúnmente usados.
- Interfaz de ayuda embebido.
- Servidor de mensajería instantánea (Openfire) integrado.
- Módulo de Call Center (se debe descargar para su posterior instalación).
- Soporte multilinguaje.

3.9 Hardware para instalación de Elastix.

Al escoger a una computadora conveniente para realizar el servidor Elastix se debe pensar en el ambiente en que este sistema correrá. Por lo que se refiere a requisitos de recurso, las necesidades de Elastix son similares a aquellos de cualquier aplicación de tiempo real. Esto es debido a la necesidad de tener el acceso de prioridad al procesador y buses del sistema. Es por consiguiente indispensable que cualquier función en el sistema no directamente relacionada con las tareas del proceso de llamadas de Asterisk se corra a una prioridad baja. Sin embargo, en los sistemas de alta capacidad, las limitaciones de la actuación manifestarán problemas como la calidad de audio para los usuarios como el eco, la estática, etcétera. La máquina con que se va instalar el servidor Elastix versión 2.3 debe tenerlas siguientes características:

- 526MB de RAM
- 20GB de disco duro
- Procesador Intel Celeron a 1.84GHz

3.10 Instalación de Elastix.

La instalación de Elastix se hace de una forma muy fácil, para mayor información ver el anexo 1 de este documento. La imagen (en formato .iso) de Elastix se puede obtener de internet en <http://www.elastix.org/index.php/es/descargas.html>.

3.10.1 Direccionamiento por consola.

Al terminar de instalar Elastix, se verá la consola de la PBX, aquí solicita un usuario Elastix (*login:*), ahí se colocará "*root*" y en el *password* se pondrá la contraseña que se haya escrito cuando se hizo la instalación (Ver figura 3.7)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

```
CentOS release 5.7 (Final)
Kernel 2.6.18-238.12.1.el5 on an i686

laboratorio login: _
```

Figura 3. 7 Consola de autenticación
Descargada por el Autor

Al ingresar al sistema aparece el mensaje: *For Access to the Elastix web GUI use this URL http://direccion IP que se le dio al servidor cuando se hizo la instalación* (figura 3.8)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

```
CentOS release 5.7 (Final)
Kernel 2.6.18-238.12.1.el5 on an i686

laboratorio login: root
Password:
Last login: Thu Apr 18 16:09:04 on tty1

Welcome to Elastix
-----

Elastix is a product meant to be configured through a web browser.
Any changes made from within the command line may corrupt the system
configuration and produce unexpected behavior; in addition, changes
made to system files through here may be lost when doing an update.

To access your Elastix System, using a separate workstation (PC/MAC/Linux)
Open the Internet Browser using the following URL:
http://10.30.6.53

[root@laboratorio ~]# _
```

Figura 3. 8 Consola del área de trabajo
Descargada por el Autor

Para mayor información ver anexo 1.

3.11 Elementos fundamentales del sistema.

Antes de dar el primer paso, se debe estar seguro de que la central telefónica IP y el computador que se va a utilizar para acceder a la misma, se pueden comunicar entre ellos a nivel de red(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Para acceder a la interface web del servidor Elastix, se abre el navegador *Mozilla Firefox* en el mismo se coloca la dirección IP asignada a la centralita PBX que es <https://10.30.6.53>, aparecerá un aviso indicando que no conoce esa entidad emisora de certificados (lo que sucede es que Elastix se comunica por SSL (*Secure Sockets Layer*), que es la conexión segura y emite un certificado, se debe aceptar esos avisos sobre seguridad y luego se verá la página de inicio de Elastix, donde hay que autenticarse (Ver Figura3.9)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).



Figura 3. 9 Interfaz web de Elastix para asegurar.
Descargada por el Autor

Luego de introducir el nombre de usuario “*admin*” y la contraseña aparece la ventana *Dashboard* que es donde la PBX entra por defecto a este *Dashboard*, así se puede tener un resumen de las actividades principales del PBX, como lo son llamadas, E-mails, Faxes, *Voicemails*, eventos del calendario y e-mails del sistema según se muestra en la figura3.10(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

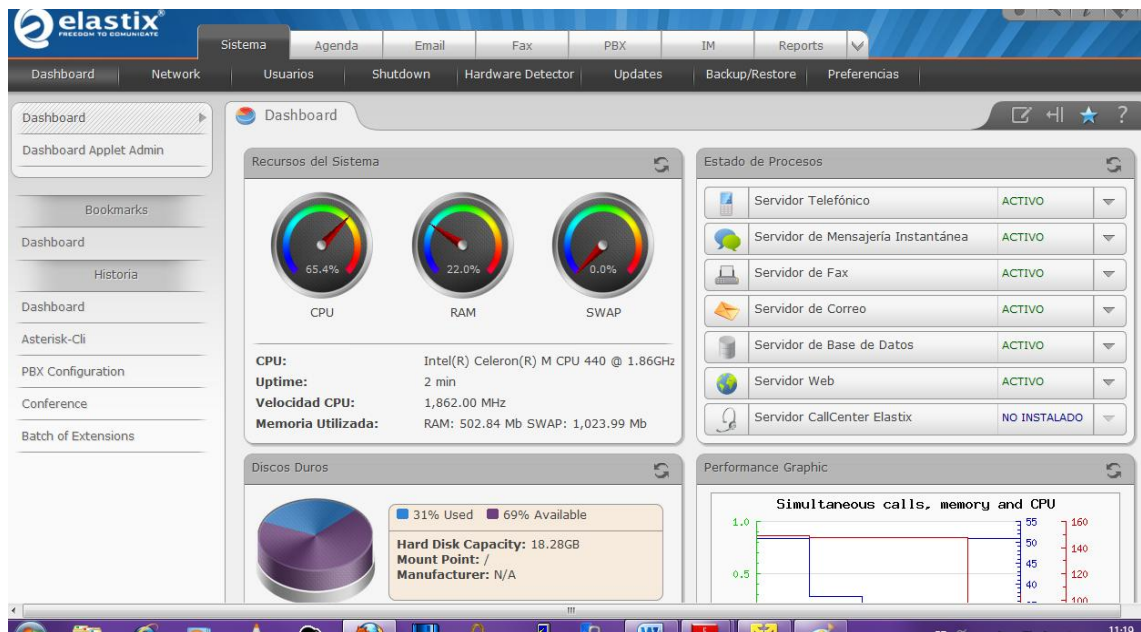


Figura 3. 10 Interfaz web de Elastix.
 Descargada por el Autor

3.11.1 Administración Web de Elastix.

Preferencias (*Preferences*)

Como se puede observar, la administración Web de Elastix está en inglés, aunque se haya instalado el sistema en español. Para corregir esto, se va hacia a la pestaña “System” y después a “Preferences” y se selecciona el idioma Español del listado de idiomas.

En este mismo campo, se pueden realizar algunas variaciones: fecha y hora (que deben ser precisas y configuradas porque muchos programas que emplea la PBX se basan en esa información), aspecto del sistema, y *Currency*, para indicar el tipo de moneda a usar en el sistema (Muñoz, 2010) (Jiménez, 2010).

3.12 Configuración PBX y creación de Extensiones.

Ahora se va a tratar una parte muy interesante: la creación de extensiones, lo primero que se ve será la opción de crear extensiones tipo SIP.

Para crear una extensión se hace clic en la pestaña que dice PBX. Ahí se va a encontrar con un amplio menú (Ver figura 3.13)(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Para empezar a crear la nueva extensión se debe indicar que tipo de extensión se va a crear, para el caso de una extensión SIP e IAX se da clic el botón "submit" y se presentará una serie de campos que se debe llenar y al final se da clic en *submit* para guardar los cambios.

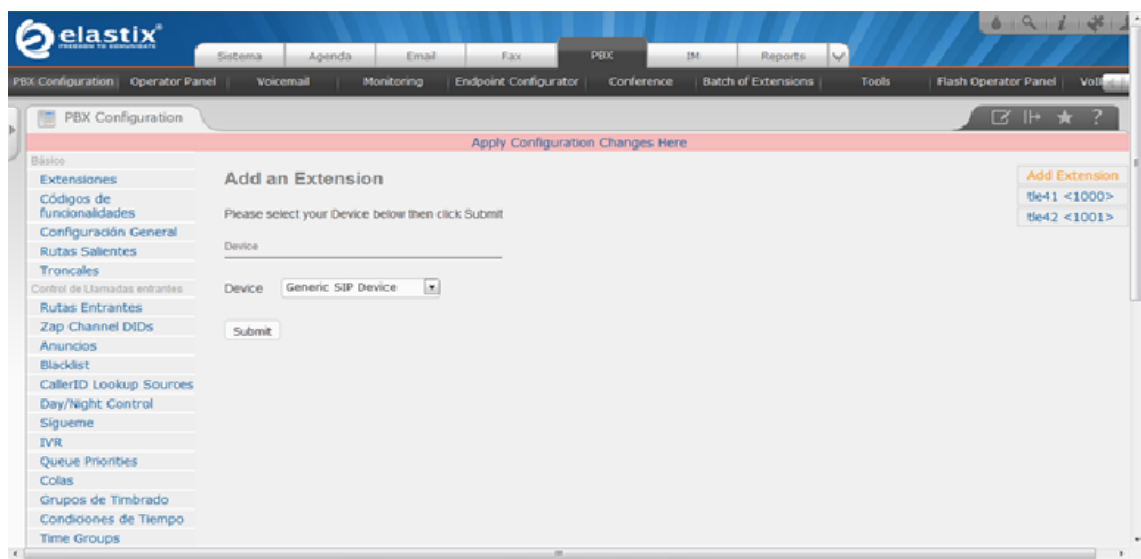


Figura 3. 11 Creación de extensiones.
Descargada por el Autor

Conclusión del capítulo.

Con la caracterización de la tecnología de VoIP se logró escoger un servidor que cumpliera con las características deseadas y se propuso una metodología para el funcionamiento del laboratorio virtual implementado.

Capítulo4: Propuesta de las prácticas de laboratorio.

4.1 Introducción.

En este último capítulo se presenta la descripción de la etapa de implementación y ensamblaje del laboratorio VoIP, como se mencionó en la etapa de propuesta de solución, la estructura de las guías de laboratorio será la siguiente:

Introducción teórica: En este apartado se brindará un resumen de los conceptos necesarios para la comprensión y desarrollo de la práctica. De esta manera se asegura que los objetivos que persigue la misma se cumplan.

Materiales y equipo: Se presenta un listado de las herramientas, *hardware* o *software*, necesarios para el desarrollo de las prácticas.

Procedimiento: Este apartado comprende los pasos a seguir para el desarrollo de la práctica, la cual puede estar formada por uno o más ejercicios prácticos relacionados entre sí.

4.2 Módulos de prácticas de laboratorios.

4.2.1 Práctica No.1: Análisis de los protocolos de señalización y transporte.

Objetivos generales de la práctica.

- Configuración y uso de *softphones*.
- Análisis de los protocolos de señalizaciones SIP IAX y H.323 través del analizador del protocolo *Wireshark*.
- Análisis de los protocolos de transportes RTP través del analizador del protocolo *Wireshark*.

Configuración y uso de softphones.

Breve introducción teórica necesaria para la práctica.

Tipos de teléfonos.

Con la aparición de la telefonía IP aparecieron teléfonos para VoIP entre estos se puede hacer una distinción: *hardphones* y *softphones*.

Hardphones:

1. **Analógicos y digitales** son los que se conecta a la línea normal de telefonía tradicional (PSTN).
2. **Teléfonos IP** son parecidos a los teléfonos convencionales. Ya se indicó que los teléfonos IP usan conectores RJ-45 para conectar directamente al *switch* o al *router* de la red y tienen todo el *hardware* y *software* necesario para manejar las llamadas VoIP. se puede distinguir entre teléfonos propietarios, como los distribuidos por Alcatel, Ericsson, Siemens, etc. y teléfonos genéricos tales como los distribuidos por Grandstream, Polycom, etc.

Softphones:

Un *Softphone* es un *software* o programa de aplicación que permiten hacer llamadas desde una computadora a otros *softphones* o a teléfonos convencionales, usando la tecnología VoIP. Pueden funcionar bajo el estándar SIP (X-lite) o IAX (ZoIPer) o H.323 (*SJphone*) cualquier otro. Se puede distinguir dos tipos de *softphones*, entre los cuales es posible mencionar:

- Propietarios; tal como *Skype*.
- De uso libre; al como el X-lite, ZoIPer, SJphone, SipXphone, Linphon.

Materiales y Equipo a utilizar.

- Computadora personal con Windows
- Audífonos con micrófono
- *Softphone* instalado: X-lite o ZoIPer
- Analizador de protocolo *Wireshark*

Procedimiento de la práctica del laboratorio.

1. Configuración del X-lite.

En esta sesión de práctica se familiariza el estudiante a la configuración y el uso del X-lite (se utilizará la versión 5). A continuación se describen los pasos a seguir:

Nota: Para evitar alteraciones al momento de que los *softphones* registren su cuenta, primero el estudiante deberá tener deshabilitado a la opción de *Firewall* o Cortafuego, ya que por lo general este *software* bloquea los puertos 5060 y 5061 (puertos responsables para la comunicación de la Telefonía VoIP).

1. Abrir la aplicación X-lite y se mostrara el teléfono (Ver Figura 3.1).

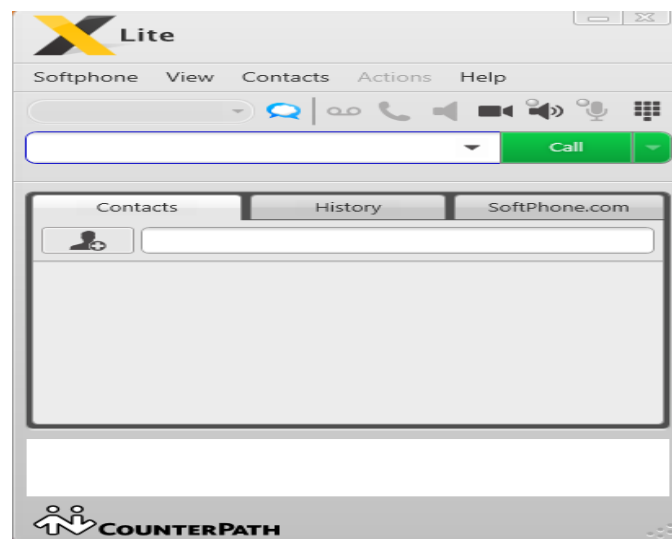
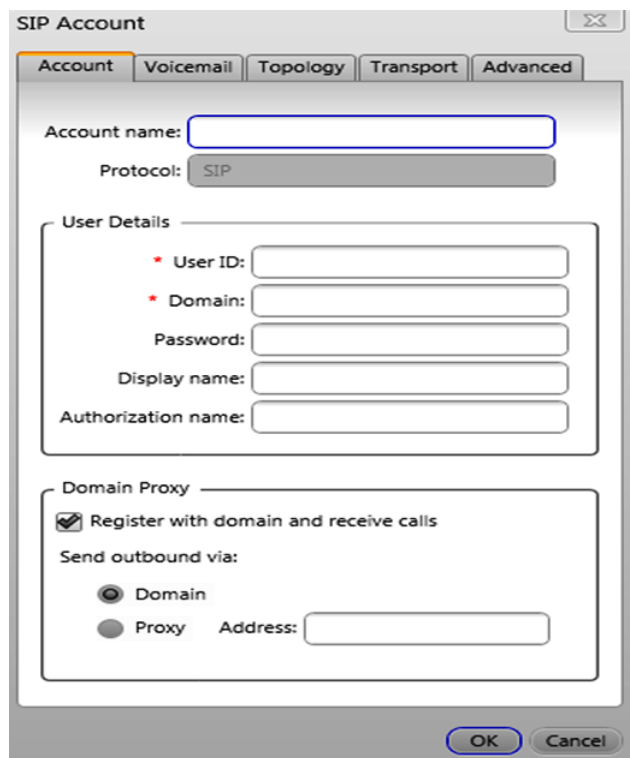


Figura 4. 1 La interfaz del Softphone X-lite
Descargada por el Autor

2. Posicionar el cursor sobre el menú *Softphone* y hacer clic sobre *Accountsettings*, para crear cuentas SIP, aparecerá una pestaña algo donde podrá colocar sus cuentas SIP (Ver Figura 4.2).



The image shows a 'SIP Account' configuration window. It has a title bar with a close button. Below the title bar are five tabs: 'Account', 'Voicemail', 'Topology', 'Transport', and 'Advanced'. The 'Account' tab is selected. The main area contains the following fields and options:

- Account name:** A text input field.
- Protocol:** A dropdown menu showing 'SIP'.
- User Details:** A group box containing:
 - User ID:** A text input field with a red asterisk.
 - Domain:** A text input field with a red asterisk.
 - Password:** A text input field.
 - Display name:** A text input field.
 - Authorization name:** A text input field.
- Domain Proxy:** A group box containing:
 - Register with domain and receive calls**
 - Send outbound via:** Two radio buttons: 'Domain' (selected) and 'Proxy'.
 - Address:** A text input field, only visible if 'Proxy' is selected.

At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 4. 2 Configurar cuenta
Descargada por el Autor

3. Se observará campos que hay que llenar:

- **Accountname:** Es el nombre que se asigna a la cuenta SIP, escribe su nombre o cualquier cosa
- **Protocolo:** Esta opción está inhabilitada en SIP no se preocupe por eso porque X-lite es compatible nada más con SIP no con el protocolo H.323 ni otros protocolos de VoIP
- **User ID:** Es el número de identificación asignado en el plan de numeración de la PBX IP o en otras palabras es el número de la extensión que se estableció en el servidor Elastix en la tabla 4.1 se

encuentra las extensiones establecidas en el PBX y sus respectivos *Displayname*.

Tabla 4. 1Diferentes extensiones creadas y sus respectivos *Displayname*.
Elaborada por el Autor

Displayname	User ID(Número de extensiones)
t1e41	100
t1e42	101
t1e43	102
t1e44	103
t1e45	104
t1e46	105
t1e47	106
t1e48	107
t1e49	108
t1e50	109

- **Domain:** Se escribe la dirección IP del servidor PBX IP Elastix que es 10.30.6.53
- **Password:** Es la clave que se estableció para la extensión y es: 123456
- **Displayname:** Es el nombre que se quiere mostrar al llamar, es el mismo que se usó cuando se configuró la extensión en el servidor PBX, en la tabla 3.1 se encuentran estos *Displayname* y sus respectivos *User ID*.
- **Authorizationname:** Se coloca nuevamente el mismo número de identificación (número de extensión) del plan de numeración (*User ID*) para que la comunicación pueda ser registrada.

4. Después de haber ingresado la información necesaria haga clic en OK

Ahora se mostrará que la cuenta SIP (*SIP Account*) fue registrada.

5. Volverá a ver el X-lite registrándose la PBX IP, después de unos segundos se activará el botón del teclado del *Softphone*.
6. Proceda a realizar una llamada a alguno de sus compañeros que estén registrados, marcando en su teléfono el número de su extensión
7. Realice el paso 6 con diferentes estudiantes que hayan realizado el registro.

2. Configuración del *Softphone ZoIPer Free* y establecimiento de llamadas entre este y x-lite

El segundo paso consiste a configurar el *Softphone ZoIPer* creando nuevas cuentas IAX y establecer comunicación entre esta cuenta IAX y la ya creada con X-lite (cuenta SIP) el objetivo de esto es que los estudiantes sepan que es perfectamente posible la comunicación entre un teléfono SIP (X-lite) y un teléfono IAX, además generar tráfico para su posterior análisis.

En el anexo 3 se describen los pasos a seguir para crear una nueva cuenta IAX.

Análisis del protocolo de señalización SIP a través de Wireshark

Procedimiento

En la figura 4.3 se muestra el escenario utilizado en esta práctica de laboratorio.

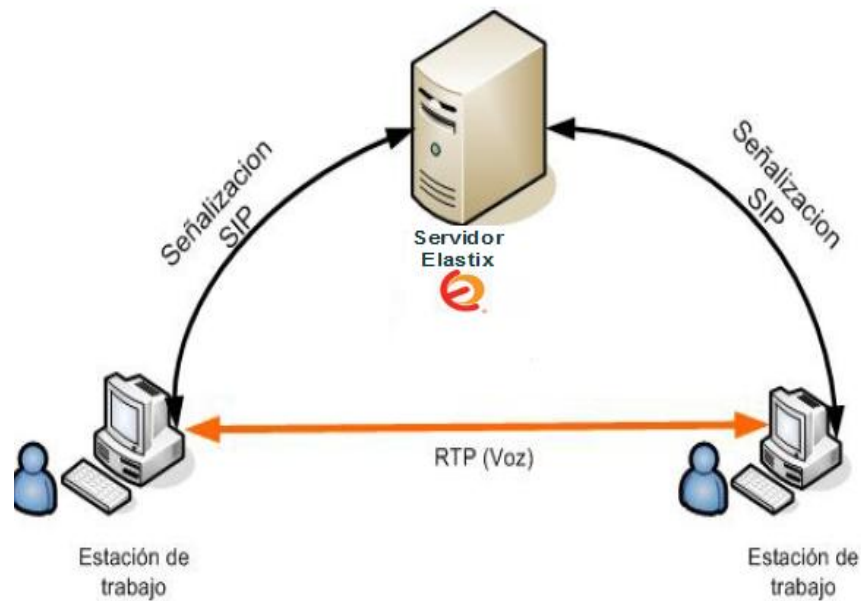


Figura 4. 3 Escenario de establecimiento, transferencia y finalización de la llamada.

Elaborada por el Autor

El estudiante tiene que seguir los pasos siguientes:

1. Abrir el *Softphone X-lite* ya configurado anteriormente y dar clic en el menú *Softphone*, como se puede apreciar en la figura 4.4
2. Seleccionar en el menú *Softphone* la opción *Preferences*.

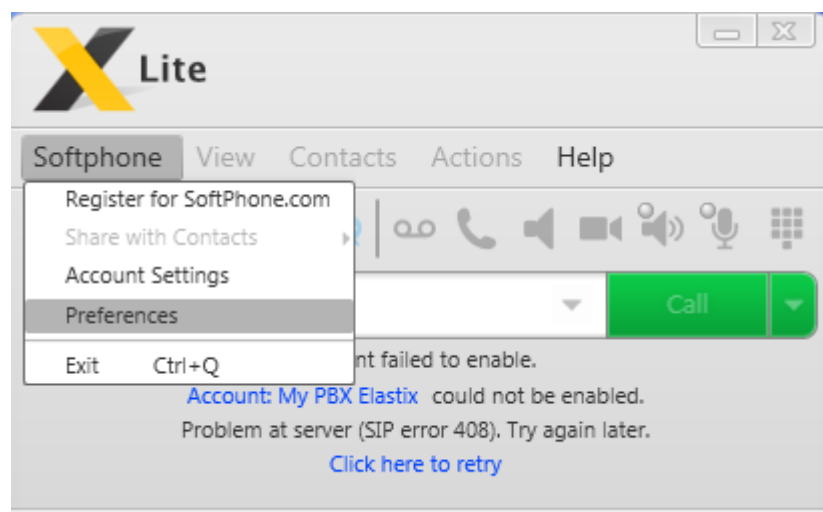


Figura 4. 4 Interface para la selección de la opción de Preferences
Descargada por el Autor

Y luego le aparecerá la siguiente interface como se muestra en la figura 4.5:

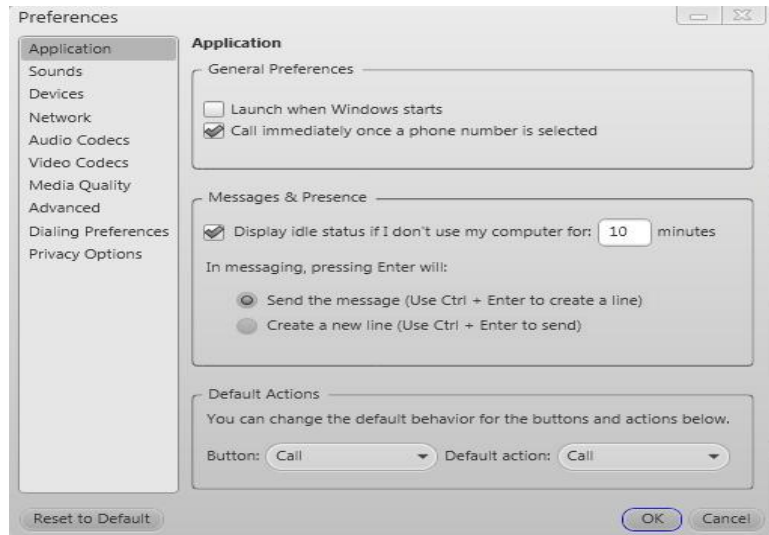


Figura 4. 5 Interface para la selección de la opción de *Application* Descargada por el Autor

Como se muestra en la figura4.6 se da clic en la opción *Audio Códexs* para escoger el códec, en este caso se escoge G.711 con la ley μ .

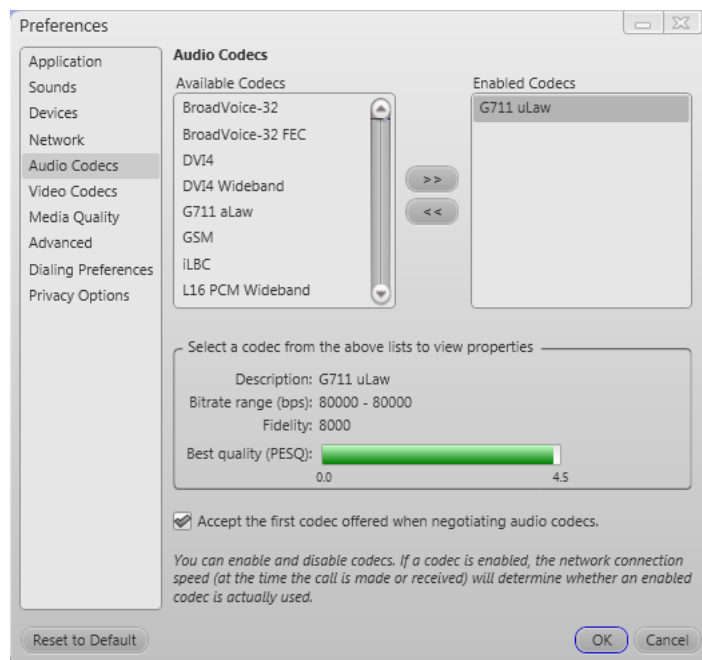


Figura 4. 6 Interface para la selección del códec G.711. Descargada por el Autor

Luego de escoger el códec G.711, abrir *Wireshark* y configurarlo para analizar tráfico VoIP (Ver figura 4.7)

Se escoge la interface Ethernet de la tarjeta de red (*Fast Ethernet NIC*) y después dar clic en *Start* aparecerá la siguiente interface, como se muestra en la figura 3.7 aparecerá una interfaz que mostrara los protocolos que están actuando en la llamada.

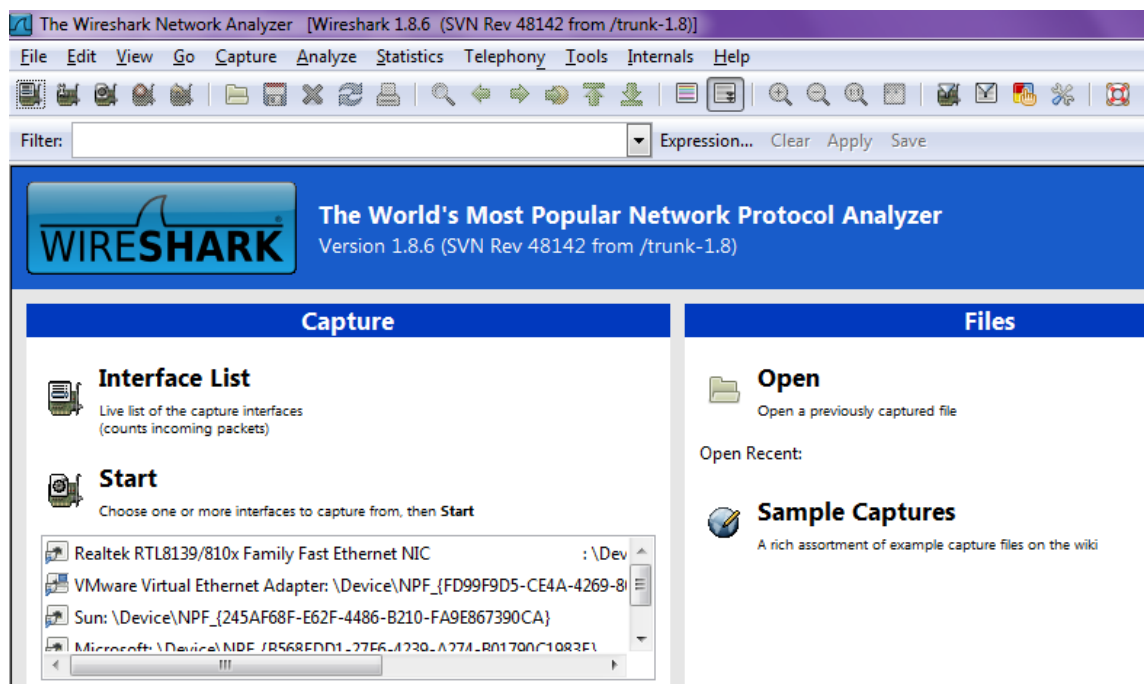


Figura 4. 7 Interface del analizador de protocolo Wireshark
Descargada por el Autor

Fase de registro de los *softphones*.

Al configurar el *softphone* SIP x-lite instalado en la máquina de dirección IP 10.30.6.1 este último envía una petición **arp** preguntando la dirección MAC del servidor de dirección IP 10.30.6.53 (Ver figura 4.8)

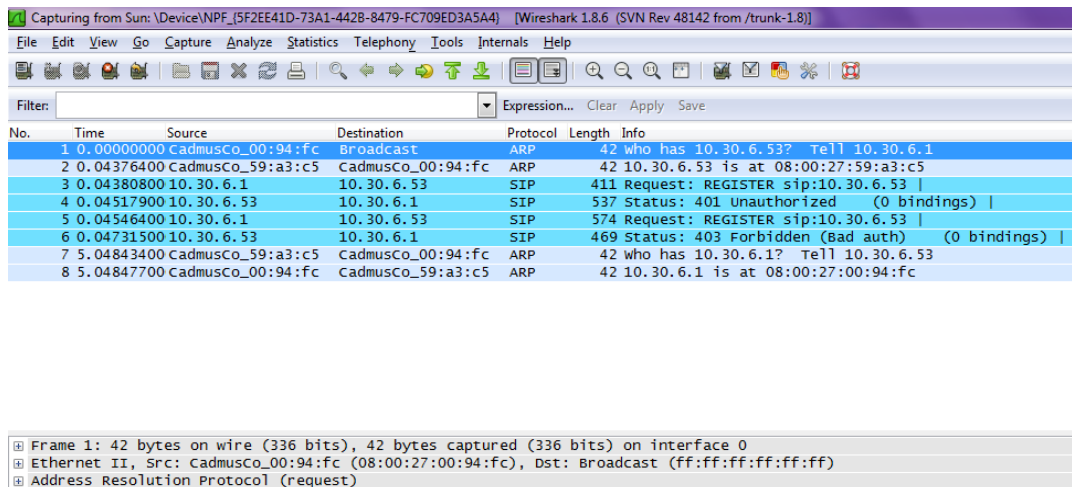


Figura 4. 8 Fase de registro del softphone SIP.
 Descargada por el Autor

A continuación se describe brevemente las áreas más interesantes del *Wireshark* como se muestra en la figura 4.9.

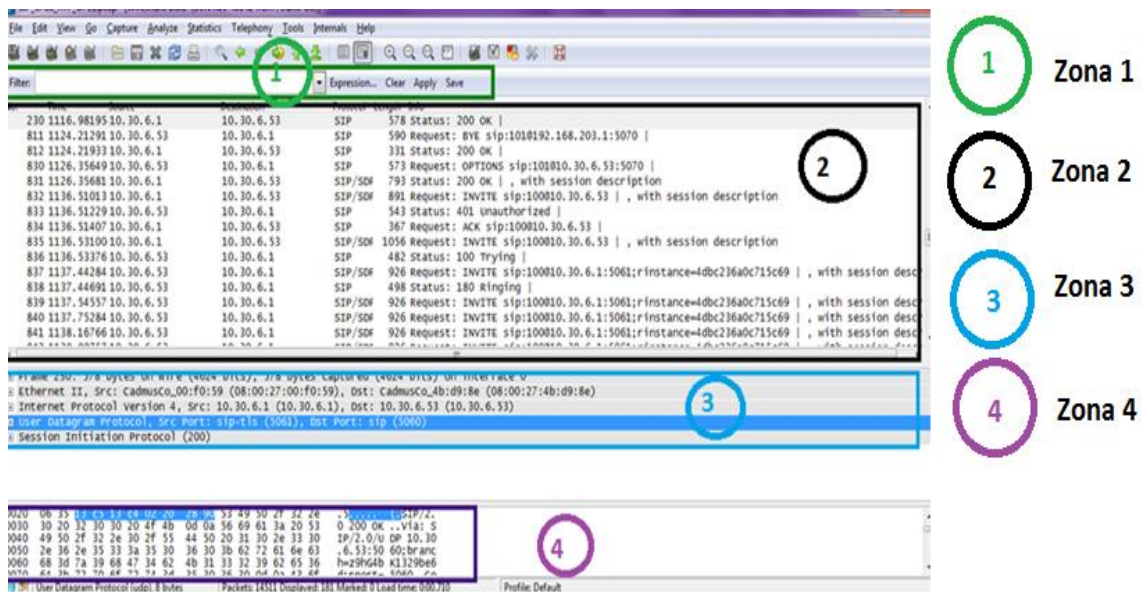


Figura 4. 9 Fase de registro del softphone SIP.
 Descargada por el Autor

La zona 1: Es el área de definición de filtros y, como se ve más adelante, permite definir patrones de búsqueda para visualizar aquellos paquetes o protocolos que se necesiten.

La zona 2: Se corresponde con la lista de visualización de todos los paquetes que se están capturando en tiempo real. Saber interpretar correctamente los datos proporcionados en esta zona (tipo de protocolo, números de secuencia, *flags*, marcas de tiempo, puertos, etc.) se va a permitir, en ciertas ocasiones, deducir el problema sin tener que realizar una auditoría minuciosa.

La zona 3: Permite desglosar por capas cada una de las cabeceras de los paquetes seleccionados en la zona 2 y facilitará moverse por cada uno de los campos de las mismas.

La zona 4: Representa, en formato hexadecimal, el paquete en bruto, es decir, tal y como fue capturado por la tarjeta de red.

3. Generar una llamada entre 2 usuarios (entre la extensión suya y la de su vecino) mantener la llamada (aceptar) durante unos 2 minutos aproximadamente y luego colgar
4. Parar la captura y guardar el archivo generado en el *Wireshark* con la extensión **.pcap** como **SIP_CALL_RTP_G711.pcap** (Ver figura 3.10)

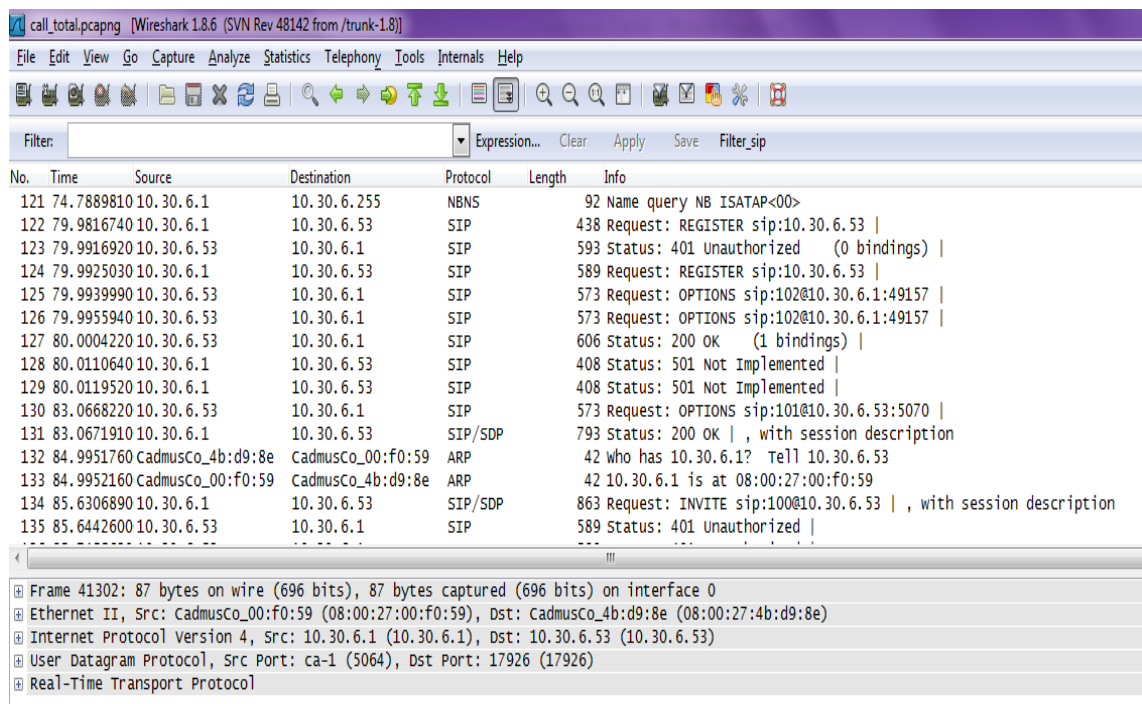


Figura 4. 10 Fase de registro del softphone SIP.
 Descargada por el Autor

5. Abrir desde el *Wireshark* el archivo generado en el paso anterior y aplicar un filtro para observar únicamente los segmentos SIP (Ver figura 4.11).

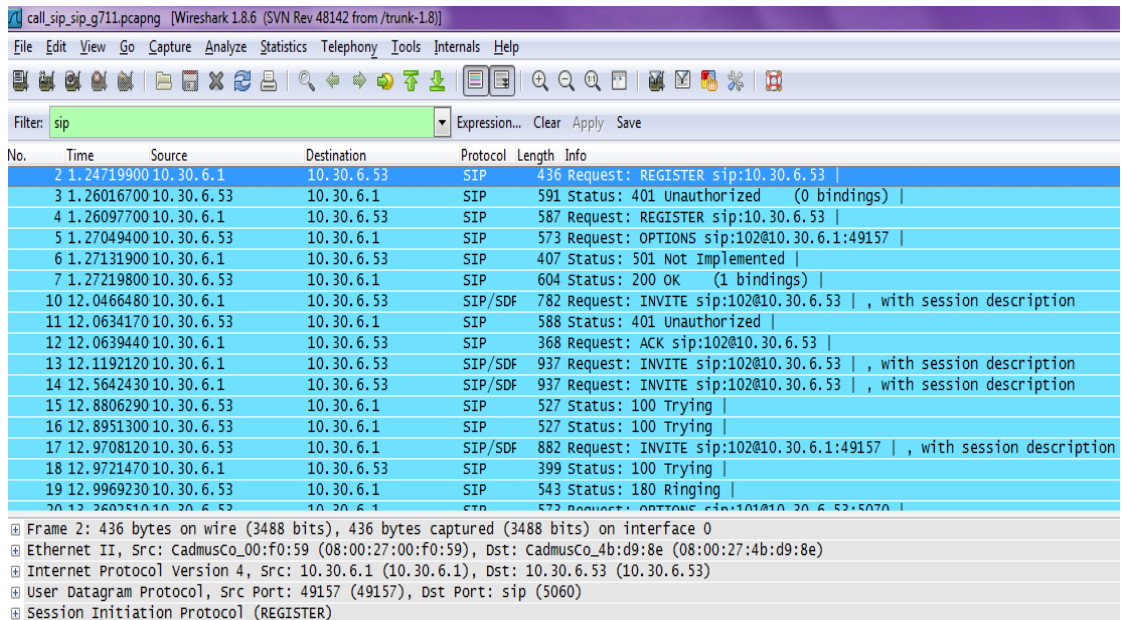



Figura 4. 11 Filtrado del protocolo SIP
 Descargada por el Autor

Filtrado del protocolo SIP.

Para hacer filtro del protocolo se da clic en la barra *Filter* y se escribe el nombre del protocolo en cuestión en minúscula, en este caso se quiso filtrar el protocolo SIP.

Selección de la opción telefonía para ver los procesos de llamadas

A continuación para analizar con detalles el proceso de llamada entre dos *softphones* se da clic en la opción *Telephony* y a continuación dar clic en .

En la figura 4.12 se puede apreciar la ventana que aparece en el sistema, correspondiente a la selección de la opción telefonía.

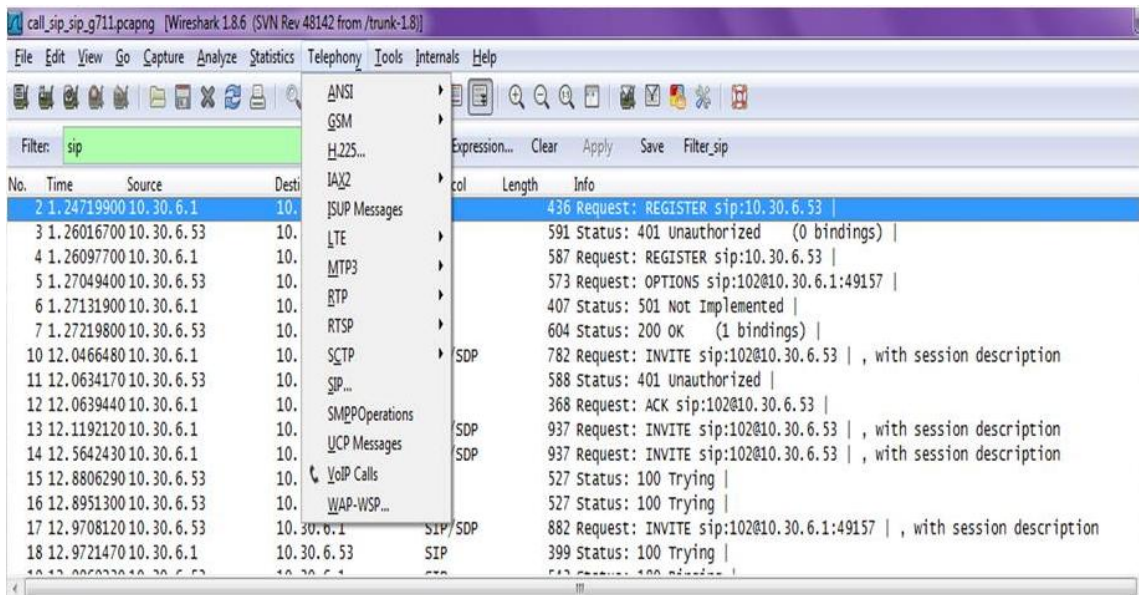


Figura 4. 12 Selección de la opción telefonía
 Descargada por el Autor

Luego aparecerá la siguiente ventana donde se muestra la cantidad de llamadas efectuadas entre el *softphone* de extensión 100 y el *softphone* de extensión 102, los protocolos, el tiempo de inicio y fin de llamadas (Ver Fig. 4.13).

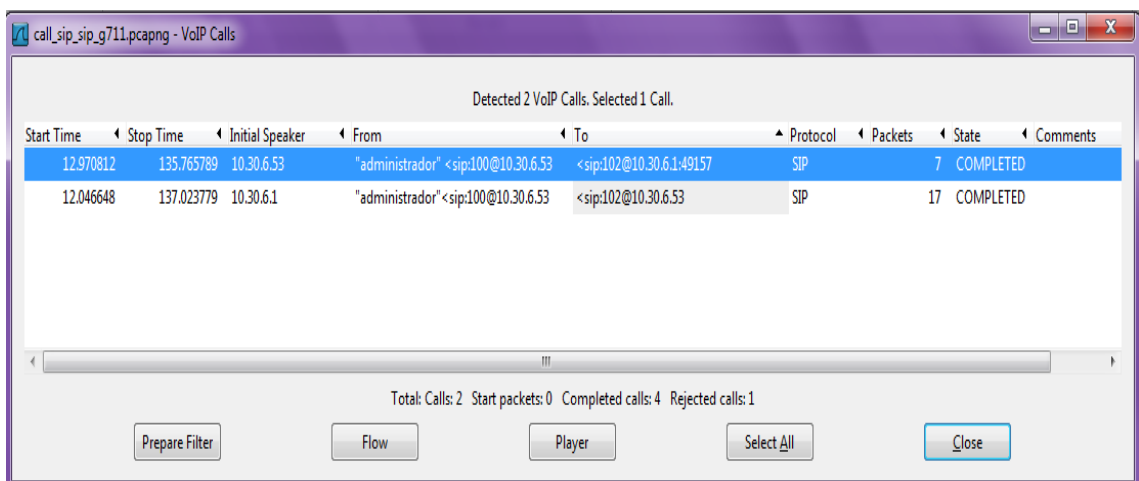


Figura 4. 13 Llamadas detectadas
 Descargada por el Autor.

Ahora para visualizar con detalles los procesos o las secuencias de llamadas entre ambos *softphones*, se da clic sobre la opción *Flow* y aparecerá la siguiente ventana donde especifica

paso a paso los mensajes que los *softphones* intercambian para la inicialización, transferencia y la finalización de llamadas (Ver figura 4.14).

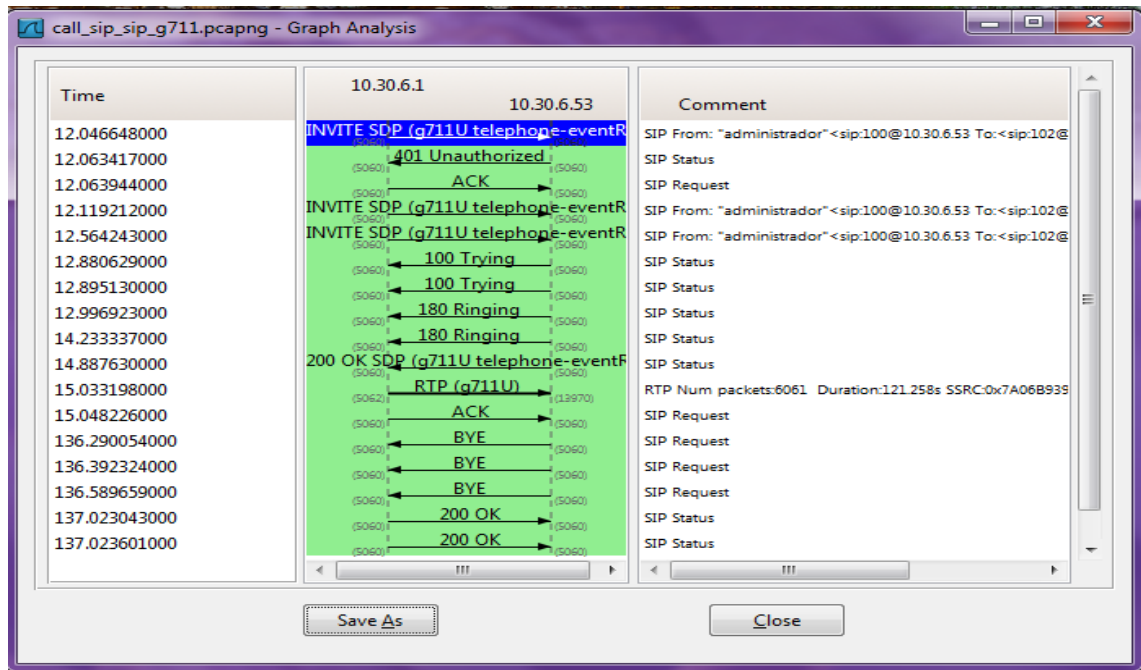


Figura 4. 14 Secuencia de protocolo de señalización SIP
Descargada por el Autor.

Nombres de los métodos de solicitudes y su descripción.

- **INVITE**

El mensaje INVITE se utiliza para establecer una sesión multimedia entre dos o más agentes de usuario, es decir invita a un usuario al que se desea llamar, en este caso el *softphone* de extensión 102 y de dirección IP 10.30.6.1 con el puerto 49157, para establecer una sesión este mensaje se envía desde el usuario llamante (origen) hacia el usuario llamado (destino).

- **ACK**

El mensaje ACK (*Acknowledgement* o en español acuse de recibo), indica que si ha llegado el mensaje y además ha llegado correctamente, dicho de otra manera, confirma una respuesta final (por ejemplo 200 OK) para INVITE, es decir para el

establecimiento de una sesión se utiliza el procedimiento llamado de tres vías o negociación en tres pasos (*3-way handshake*), debido a la naturaleza asimétrica de la invitación. Se puede tomar un tiempo antes de que el usuario llamado (destino) acepta o rechaza la llamada, entonces el Agente de Usuario (UA), llamado, periódicamente retransmite una respuesta final positiva hasta que reciba un ACK enviado por el usuario llamante (origen), que indica que el usuario llamante está presente, y listo para comunicarse). Este mensaje ACK es enviado como respuesta al mensaje 200 OK.

- **BYE**

El mensaje BYE se utiliza para finalizar las sesiones multimedia. El usuario que desee finalizar la sesión, envía un BYE al otro usuario integrante de la sesión.

- **CANCEL**

El mensaje CANCEL es utilizado para cancelar una sesión que todavía no está completamente establecida. Este mensaje es aplicado cuando el usuario llamado (destino) aún no ha respondido con una respuesta final. Por lo tanto el mensaje CANCEL se utiliza cuando el usuario llamante (origen) desea anular la llamada, (típicamente cuando el usuario llamado no responde durante algún tiempo).

- **OPTIONS**

El mensaje OPTIONS se utiliza para consultar a un agente de usuario o servidor sobre sus capacidades y descubre su disponibilidad actual. Dicho de otra manera este mensaje solicita información acerca de sus propias capacidades. La respuesta a esta solicitud, enlista las capacidades del agente de usuario o servidor.

- **REGISTER**

El propósito del mensaje REGISTER es de permitir que el SIP *register Server* conozca la ubicación actual del usuario. El mensaje *register* lleva información sobre la dirección IP actual y el puerto en que un usuario puede ser contactado, el SIP *register Server* extrae esta información y la pone en una base de datos de

localización. La base de datos puede ser utilizada por los servidores proxy SIP para enrutar las llamadas a los usuarios. Estas registraciones son por tiempo limitado y necesitan ser periódicamente actualizadas.

Flujo de mensajes en una llamada VoIP

La figura 4.15 representa el intercambio teórico de mensajes SIP. Para el establecimiento de llamada, se empieza con un mensaje INVITE (1) por parte del *Softphone*.

SIP para el control de señalización de llamada utiliza al protocolo SDP, el cual se envía conjuntamente con los mensajes INVITE y 200 OK, cabe aclarar que el mensaje INVITE se envía desde el origen hacia el destino, y el mensaje 200 OK se envía desde el destino hacia el origen. Como se mencionó el protocolo SDP se encuentra embebido en SIP, donde usualmente los puertos utilizados por SIP son: el 5060 en texto plano (UDP y TCP). No obstante, prácticamente se puede presentar la utilización de puertos comprendidos entre el 5060 hasta el 5080.

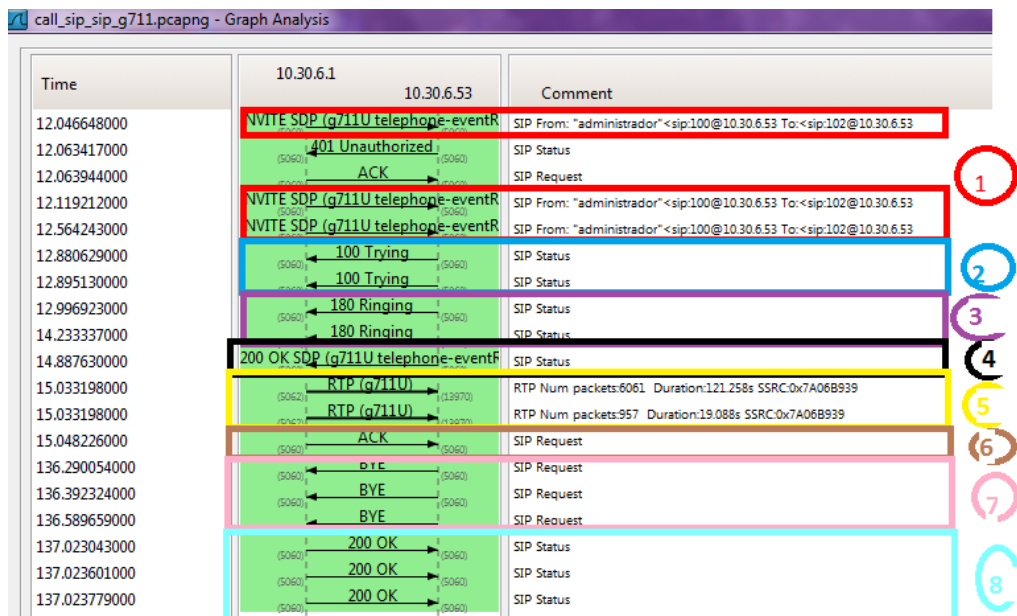


Figura 4. 15 Flujo de mensajes en una llamada VoIP: ventana GraphAnalysis Descargada por el Autor.

Dentro del mensaje SDP se envían los parámetros a negociar como por ejemplo el listado de códecs que soporta o está en la capacidad de trabajar tanto el terminal origen como destino, este códec se envía en orden de prioridad (BV32, g711U, g711A, GSM, entre otros). También se envía la IP, el puerto en el cual se desea recibir el audio mediante RTP. En el caso del mensaje 200 OK no siempre se envía SDP, porque existió un mensaje anterior que ya negoció estos parámetros.

Inmediatamente después de recibir la solicitud *INVITE*, se envía un mensaje de respuesta 100 *Trying* (2) (se recibió y se está procesando la llamada), esto lo realiza para detener las retransmisiones del mensaje *INVITE*. A continuación se envía en el mismo sentido es decir, todas las respuestas provisionales generadas por el usuario destino son enviadas de vuelta al usuario origen, como por ejemplo el mensaje de respuesta 180 *Ringin*g (3) (el terminal está timbrando), esta respuesta es generada cuando el teléfono empieza a timbrar. Al momento de aceptar la comunicación, dicho en otras palabras cuando el usuario destino descuelga o contesta el auricular del teléfono, se retransmite un mensaje de respuesta 200 OK (4) (se atendió la llamada) con un mensaje SDP, proponiendo el códec a utilizarse (g711UR*telephone-event*), hacia el usuario origen, hasta que el usuario destino reciba un mensaje de confirmación ACK (5) (se atendió la llamada) enviado por el usuario origen. En este punto la sesión se establece y por consiguiente la conversación mediante el envío de paquetes RTP (6) (audio/video RTP *streams*). Adicionalmente, en ciertos casos el terminal origen confirma la negociación con un mensaje ACK.

La finalización de la llamada, se lleva a cabo mediante el envío del mensaje de solicitud *BYE* (7), dentro del diálogo establecido por *INVITE*. El mensaje *BYE* se envía directamente desde un agente de usuario hacia el otro agente de usuario, a menos que un proxy que se encuentra en la trayectoria de la solicitud *INVITE*, haya indicado que desea permanecer en la ruta mediante el establecimiento del proceso *Record Routing* (Registro de Ruta). El usuario que desea finalizar la sesión, envía la solicitud *BYE* directamente al otro usuario involucrado en la sesión. El usuario que

recibe la solicitud *BYE* envía una respuesta 200 OK (8) para confirmar la finalización de la sesión SIP.

Ahora bien el analizador de protocolos *Wireshark* es perfectamente capaz de capturar todos los paquetes de voz que se transmiten en la red. Para escuchar la conversación entre el usuario de extensión 100 y el de extensión 102, dar clic en *Player* y luego en *Decode* (Ver Figura 4.16).

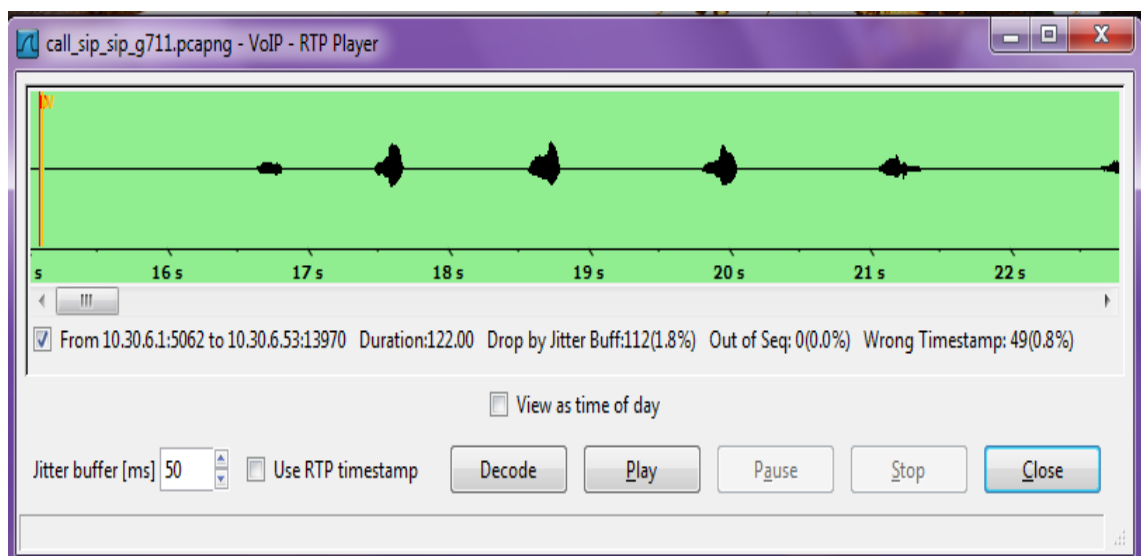


Figura 4. 16 Capturas de paquetes de voz entre dos softphones
Descargada por el Autor.

Análisis de los Protocolos de señalizaciones IAX2 a través del analizador del protocolo *Wireshark*.

IAX 2 permite operar muchos *códecs* y *streams*, por lo que puede empleárselo para transmitir virtualmente cualquier información, esto es muy ventajoso para videoconferencias o presentaciones remotas. Emplea un solo puerto UDP, usualmente el 4569, para comunicaciones entre extremos (terminales VoIP) para señalización y datos (Ver Figura4.17)(Sinche & Ortega, 2011).

El flujo de voz se envía *in-band*, por lo que IAX2 se considera un estándar casi transparente a los *firewall* y es muy eficiente para operar en redes internas, en contraste con SIP que emplea una cadena RTP *out-of-band* para enviar los datos. IAX2 soporta *Trunking* (red), en que un enlace sencillo posibilita la transmisión de información y señalización por varios canales. Mediante el *Trunking*, la información de muchas llamadas es gestionada en un solo grupo de paquetes, así un datagrama IP puede entregar datos de más llamadas sin producir latencia agregada, lo cual es ventajoso para los usuarios de VoIP, ya que las cabeceras IP ocupan una gran parte del ancho de banda empleado (Sinche & Ortega, 2011).

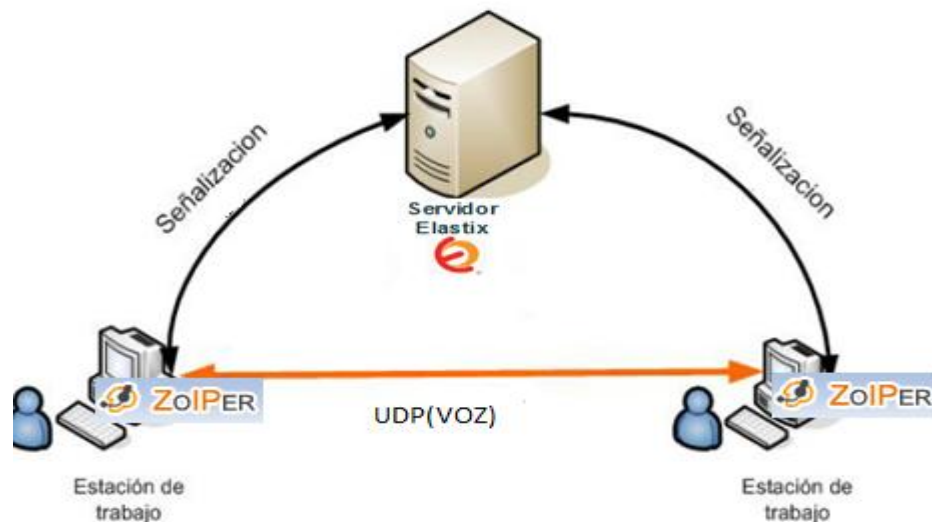


Figura 4. 17 Escenario del laboratorio
Elaborada por el Autor.

Filtrado del protocolo de señalización IAX2

Para poner en evidencia el protocolo de señalización IAX, el estudiante debe abrir primero el *softphone* ZoIPer, este *softphone* no solamente es compatible con el protocolo SIP también con el protocolo IAX.

- 1- Abrir el analizador de protocolos *Wireshark* escoger la interface de la red Ethernet (NIC)

- 2- Generar una llamada entre 2 usuarios (entre la extensión suya y la de su vecino) mantener la llamada (aceptar) durante unos 2 minutos aproximadamente y luego colgar.
- 3- Hacer filtros para observar únicamente los segmentos IAX2 (Ver figura 4.18).

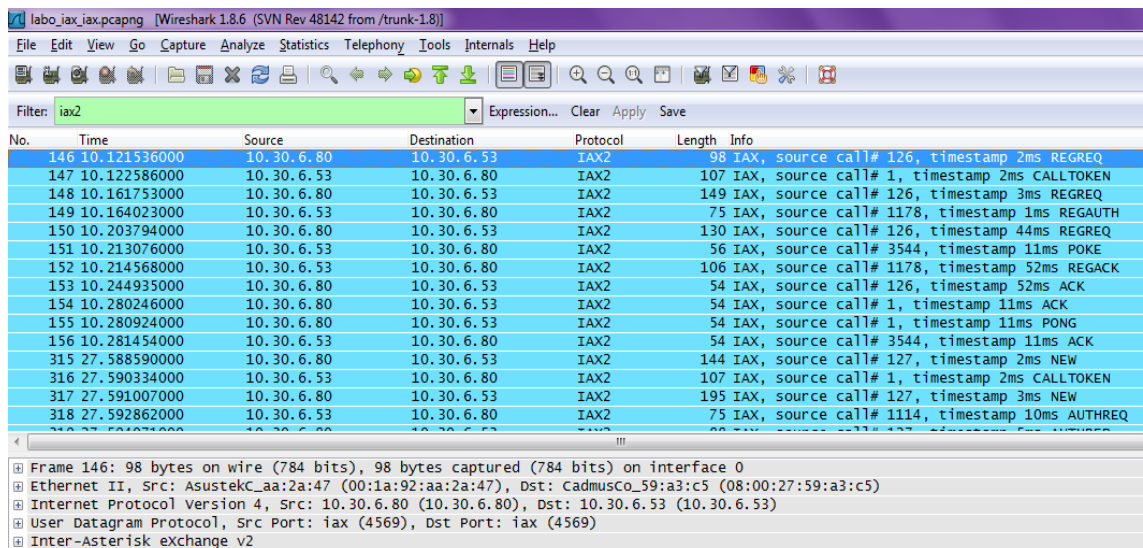
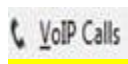


Figura 4. 18 Filtrado iax2
 Descargada por el Autor.

Luego, como se hizo anteriormente para el análisis de las secuencias o de los procesos de llamadas, se elige la opción *Telephony* y luego se da clic sobre el botón



después aparece la siguiente ventana donde indica la cantidad de llamadas detectadas, el protocolo, la cantidad de paquetes transmitidos, el tiempo de inicio y fin de llamadas, etc.

A continuación en la figura 4.19 puede observarse la pantalla que presenta el sistema con la información de la cantidad de paquetes transmitidos.

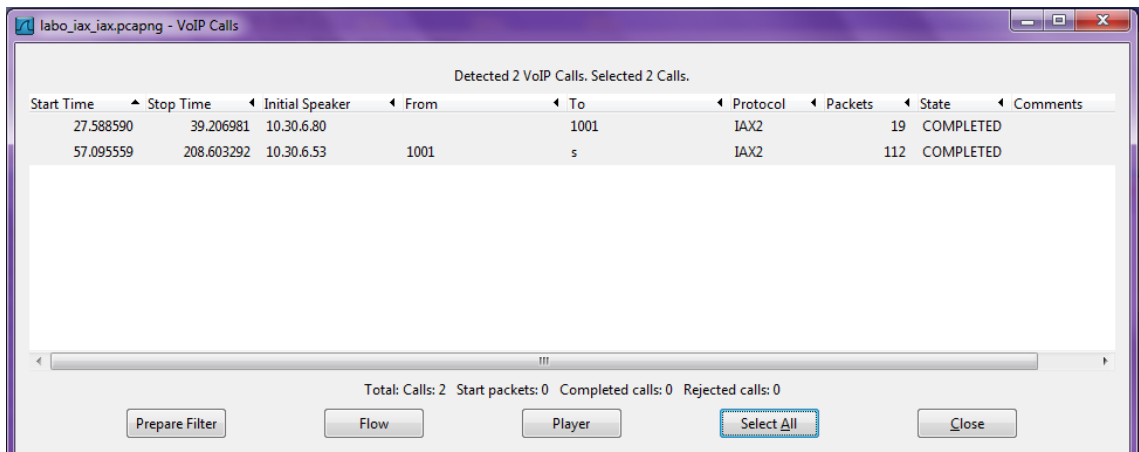


Figura 4. 19 Cantidad de paquetes transmitidos
Descargada por el Autor.

Y luego se elegirá la opción *Flow*, aparecerá una nueva ventana con todas las secuencias de llamadas como se muestra en la figura 4.20.

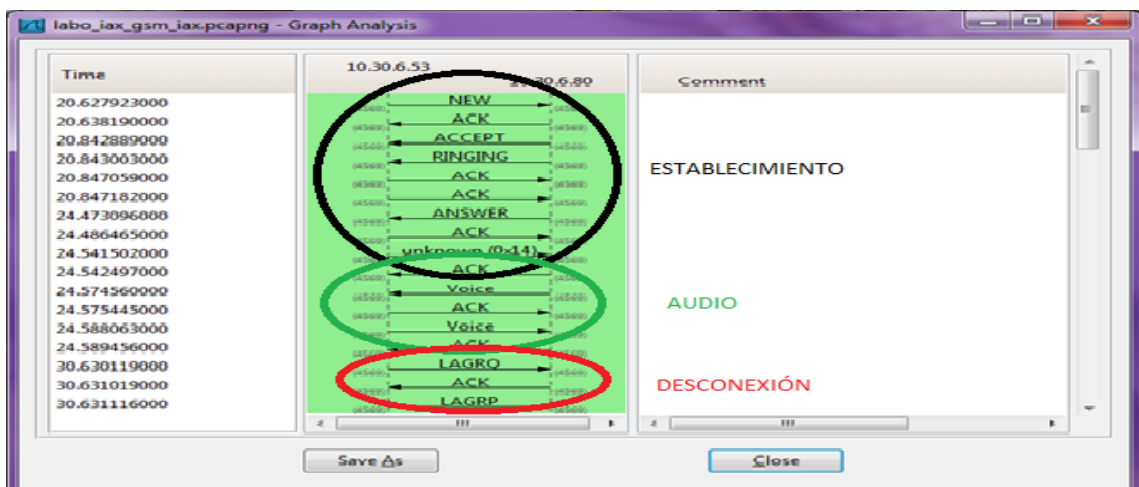


Figura 4. 20 Flujo de mensajes del protocolo IAX2
Descargada por el Autor.

Como se muestra en la figura 4.20 una llamada IAX o IAX2 tiene tres fases:

A) Establecimiento de la llamada

El terminal A inicia una conexión y manda un mensaje "NEW". El terminal llamado responde con un "ACCEPT" y el llamado le responde con un "ACK". A continuación

el terminal llamado da las señales de "RINGING" y el llamante contesta con un "ACK" para confirmar la recepción del mensaje. Por último, el llamado acepta la llamada con un "ANSWER" y el llamante confirma ese mensaje.

B) Flujo de datos o flujo de audio

Se mandan los *frame* (tramas) en ambos sentidos con la información vocal. Existen dos tipos de tramas en IAX2: *frame F* y *frame M*. Los *frames M* son *mini-frames* que contienen solo una cabecera de 4 bytes para reducir el uso en el ancho de banda.

Los *frames F* son *frames* completos que incluyen información de sincronización. Es importante volver a resaltar que en IAX este flujo utiliza el mismo protocolo UDP que usan los mensajes de señalización evitando problemas de NAT.

C) Liberación de la llamada o desconexión

La liberación de la conexión es tan sencilla como enviar un mensaje de "hangup" o "lagro" y confirmar dicho mensaje.

4- Análisis del Protocolo de Transporte en tiempo Real (RTP) a través Wireshark

El protocolo encargado de llevar el audio a su destino es el RTP que a su vez basado sobre UDP.

Para poner en evidencia este protocolo, se hace una captura con el analizador de protocolo y luego se aplica un filtro seleccionando nada más dicho protocolo (Ver figura 4.21).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
32	23.140446000	10.30.6.1	10.30.6.53	RTP	58	PT=DynamicRTP-Type-126, SSRC=0xF0FC6EE8, Seq=1823, Time=0
33	23.140553000	10.30.6.1	10.30.6.53	RTP	58	PT=DynamicRTP-Type-126, SSRC=0xF0FC6EE8, Seq=1823, Time=0
34	23.140637000	10.30.6.1	10.30.6.53	RTP	58	PT=DynamicRTP-Type-126, SSRC=0xF0FC6EE8, Seq=1823, Time=0
35	23.763540000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28629, Time=160, Mark
36	23.819097000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28630, Time=320
37	23.819963000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28631, Time=480
38	23.821214000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28632, Time=640
39	23.842439000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28633, Time=800
40	23.868560000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28634, Time=960
41	23.881510000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28635, Time=1120
42	23.902976000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28636, Time=1280
43	23.923550000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28637, Time=1440
44	23.942885000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28638, Time=1600
45	23.962097000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28639, Time=1760
46	23.982307000	10.30.6.53	10.30.6.1	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x78A2C093, Seq=28640, Time=1920

Frame 32: 58 bytes on wire (464 bits), 58 bytes captured (464 bits) on interface 0
 Ethernet II, Src: cadmusco_00:f0:59 (08:00:27:00:f0:59), Dst: cadmusco_4b:d9:8e (08:00:27:4b:d9:8e)
 Internet Protocol Version 4, Src: 10.30.6.1 (10.30.6.1), Dst: 10.30.6.53 (10.30.6.53)
 User Datagram Protocol, Src Port: na-localise (5062), Dst Port: 19242 (19242)
 Real-Time Transport Protocol

Figura 4. 21 Filtrado del protocolo RTP.
 Descargada por el Autor.

5- Interpretación de las cabeceras de algunos de los paquetes RTP capturados (Moreno, 2003):

- Número de versión de RTP (V - *versión number*): 2 bits, de acuerdo a la especificación actual.
- Relleno (P - *Padding*): 1 bit. Con el bit de relleno activado, se tiene uno o más bytes al extremo del paquete y no es carga útil. El último byte del paquete indica el número de bytes de relleno, el cual se emplea por algunos algoritmos de cifrado.
- La extensión (X - *Extensión*): 1 bit. Si el bit de extensión está activado, el encabezado fijo es seguido por una extensión del encabezado. Este procedimiento de extensión permite implementaciones para agregar datos al encabezado RTP.
- Conteo CSRC (CC): 4 bits. El número de identificadores CSRC que sigue el encabezado fijo. Si la cuenta CSRC es cero, la fuente de sincronización es la de la carga útil.

- El marcador (**M - Marker**): 1 bit. Un bit de marcador definido por el perfil particular de media.
- Tipo de Carga útil (**PT - Payload Type**): 7 bits. Un índice en una tabla de los perfiles de media que describe el formato de carga útil. Los mapeos de carga útil para audio y vídeo están especificados en el RFC 1890.
- El número de Secuencia: 16 bits. Un único número de paquete que identifica la posición de este en la secuencia de paquetes. El número del paquete es incrementado en uno para cada paquete enviado.
- Sellado de tiempo: 32 bits. Refleja el instante de muestreo del primer byte en la carga útil. Varios paquetes consecutivos pueden tener el mismo sellado si son lógicamente generados en el mismo tiempo - por ejemplo, si son todo parte del mismo *frame* de vídeo.
- SSRC: 32 bits. Identifica la fuente de sincronización. Si la cuenta **CSRC** es cero, entonces la fuente de carga útil es la fuente de sincronización. Si la cuenta **CSRC** es distinta a cero, entonces el **SSRC** identifica el *mixer* (mezclador).
- CSRC: 32 bits cada uno. Identifica las fuentes contribuyentes para la carga útil. El número de fuentes contribuyentes está indicado por el campo de la cuenta **CSRC**; Allí puede haber más de 16 fuentes contribuyentes. Si hay fuentes contribuyentes múltiples, entonces la carga útil son los datos mezclados de esas fuentes.
- EH: El tamaño de este dato debe ser $CC \times 32$ en bits
- Datos: El tamaño de los datos debe ser de $X \times ((EHL+1) \times 32)$ donde EHL es la longitud de la extensión de la cabecera en unidades de 32 bits.

La cabecera RTP se muestra a continuación en la figura 4.22

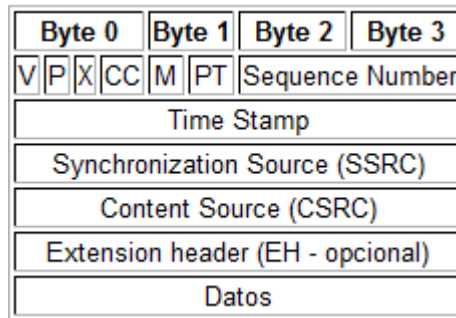


Figura 4. 22 Cabecera RTP
Elaborada por el Autor.

A continuación se muestra la figura 4.22 en que se evidencia dos paquetes consecutivos pertenecientes a una misma SSRC.

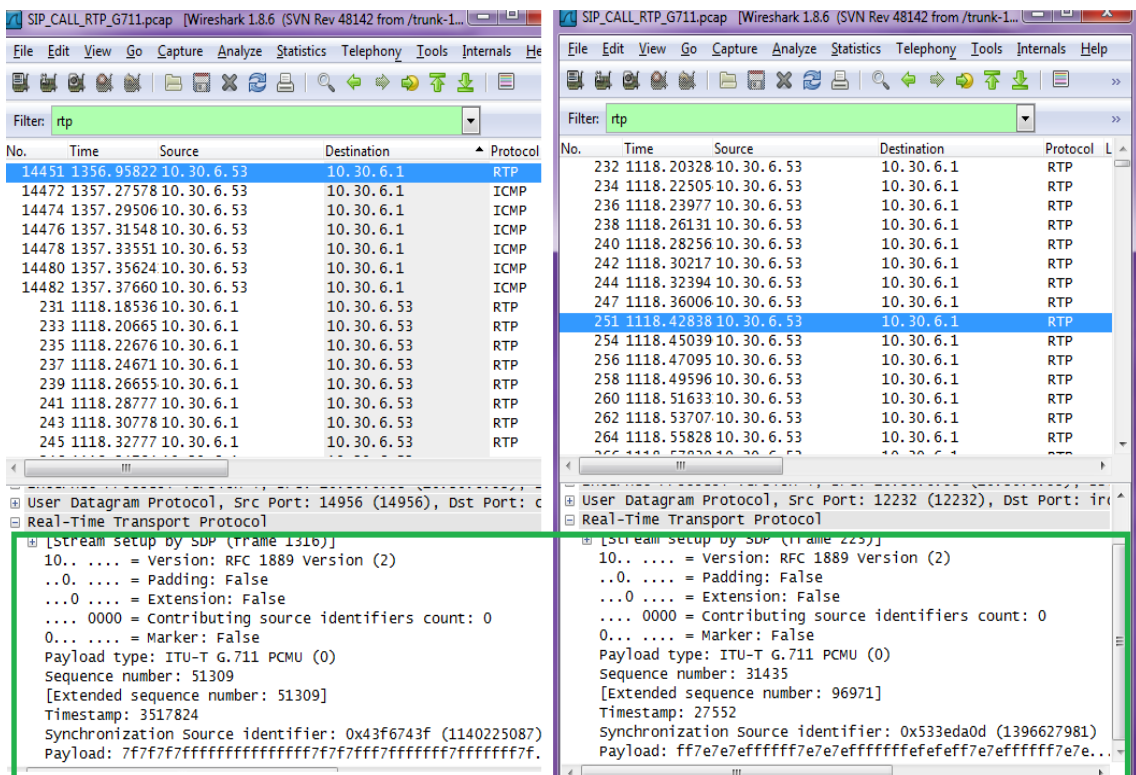


Figura 4. 23 Paquetes consecutivos pertenecientes a una misma SSRC
Descargada por el Autor.

6- Comparación entre el protocolo de señalización SIP y IAX2.

IAX utiliza un menor ancho de banda que SIP ya que los mensajes son codificados de forma binaria mientras que en SIP son mensajes de texto. Asimismo, IAX intenta reducir al máximo la información de las cabeceras de los mensajes reduciendo también el ancho de banda, entonces al elegir un *softphone* que tenga soporte para el protocolo IAX2 (ZoIPer) y activar un códec de alta compresión eso reduce enormemente el ancho de banda comparando con *softphone* que soporte el protocolo SIP, en la figura 4.23 se muestra esta evidencia.

En SIP si utilizamos un servidor la señalización de control pasa siempre por el servidor pero la información de audio (flujo RTP) puede viajar de extremo a extremo sin tener que pasar necesariamente por el servidor SIP.

En IAX al viajar la señalización y los datos de forma conjunta todo el tráfico de audio debe pasar obligatoriamente por el servidor IAX.

Esto produce un aumento en el uso del ancho de banda que deben soportar los servidores IAX sobre todo cuando hay muchas llamadas simultáneas.

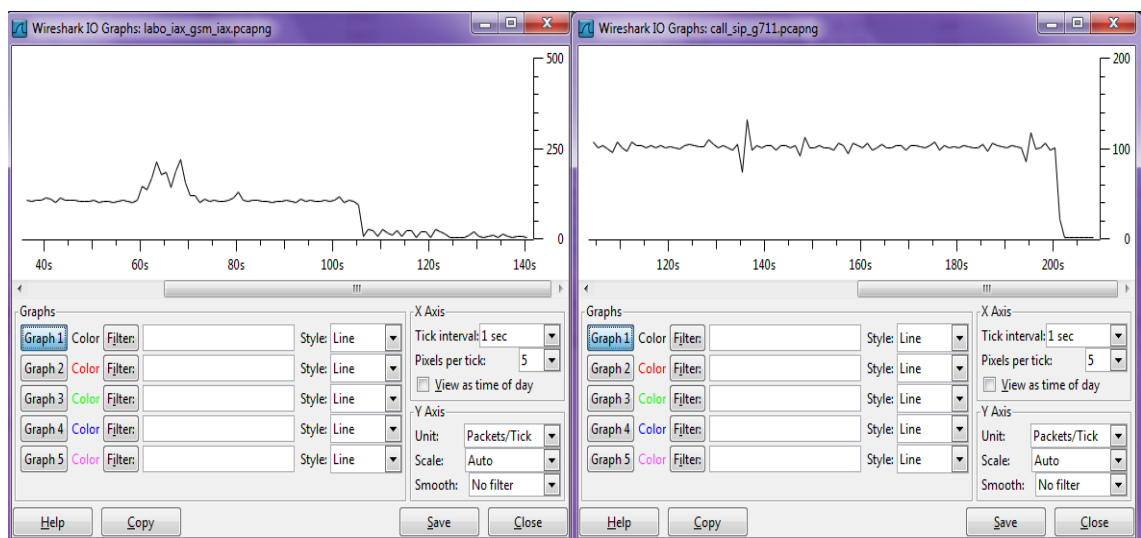


Figura 4. 24 Cantidad de paquetes /tiempo del protocolo SIP (derecha) vs cantidad de paquetes/tiempo del protocolo iax.

Descargada por el Autor.

4.2.2 Practica No.2 Creación de extensiones y asignación de códecs a la consola telefónica Elastix.

Objetivos: Que el estudiante sepa configurar la centralita remotamente, creando extensiones SIP o IAX y asignar códec a la consola telefónica.

Breve introducción teórica

Es posible gestionar Elastix desde la línea de comandos de Linux, la cual posibilita utilizar al máximo la eficacia del Servidor de comunicaciones integradas. Para acceso a la línea de comandos, hay que conectar un monitor y teclado al dispositivo instalado con Elastix o remotamente mediante el protocolo SSH(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Como durante la realización del laboratorio se usa el equipo con el sistema operativo Windows, entonces se debe usar un programa cliente para poder conectarse remotamente al servidor. El programa que se recomienda aquí se llama *Putty* o también se puede usar WinSCP.

Elastix utiliza como Sistema Operativo base la distribución Linux CentOS el cual provee los paquetes que sirve de plataforma para que todo lo demás funcione.

Como en cualquier **distro** están conformados por componentes como el *kernel*, librerías, servicios de red y otros programas utilitarios.

Uno de los principales motivos de utilizar Linux-CentOS es su gran estabilidad y performance, el *kernel* de CentOS está optimizado para ser utilizado en servidores de alto rendimiento y operación continua, precisamente el ambiente en que se espera que opere una PBX-IP Elastix, que teóricamente permanecerá en operación bajo un sistema 7x24x365.

¿Qué es CentOS?

CentOS es una distribución de Linux basada en las fuentes libremente disponibles de *Red Hat Enterprise Linux*.

Cada versión de CentOS es mantenida durante siete años (por medio de actualizaciones de seguridad). Las versiones nuevas son liberadas cada 2 años y actualizadas regularmente (cada 6 meses) para el soporte de *hardware* nuevo. *Red Hat Enterprise Linux* se compone de *software* libre y código abierto, pero se publica en formato binario usable (CD-ROM o DVD-ROM) solamente a suscriptores pagados.

Como es requerido, *Red Hat* libera todo el código fuente del producto de forma pública bajo los términos de la Licencia pública general de GNU y otras licencias.

Los desarrolladores de CentOS usan ese código fuente para crear un producto final que es muy similar al *Red Hat Enterprise Linux* y está libremente disponible para ser bajado y usado por el público, pero no es mantenido ni asistido por *Red Hat*.

Materiales y Equipo a utilizar:

- Computadora personal con Windows
- Audífonos con micrófono
- *Softphone* instalado: X-lite o ZoIPer
- Analizador de protocolo *Wireshark*
- *Putty* o WinSCP

Procedimiento de la práctica del laboratorio

- 1- Abrir *Putty* (Ver Figura 4.24).

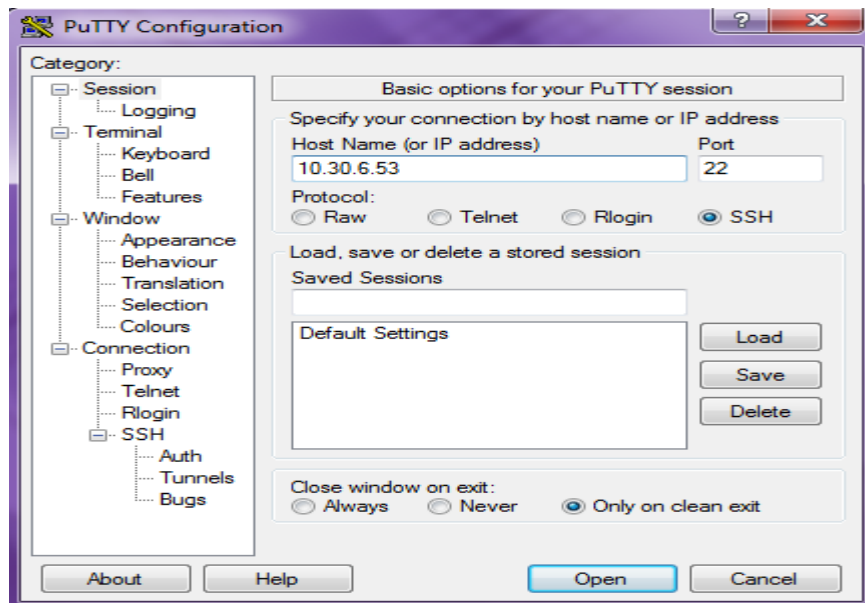


Figura 4. 25 Interfaz de Putty
Descargada por el Autor.

2- Ingresa la dirección IP del servidor Elastix con el puerto 22 y dar clic en *Open*

Luego aparece el *login: root* y se introduce la clave (Ver Figura 3.25).

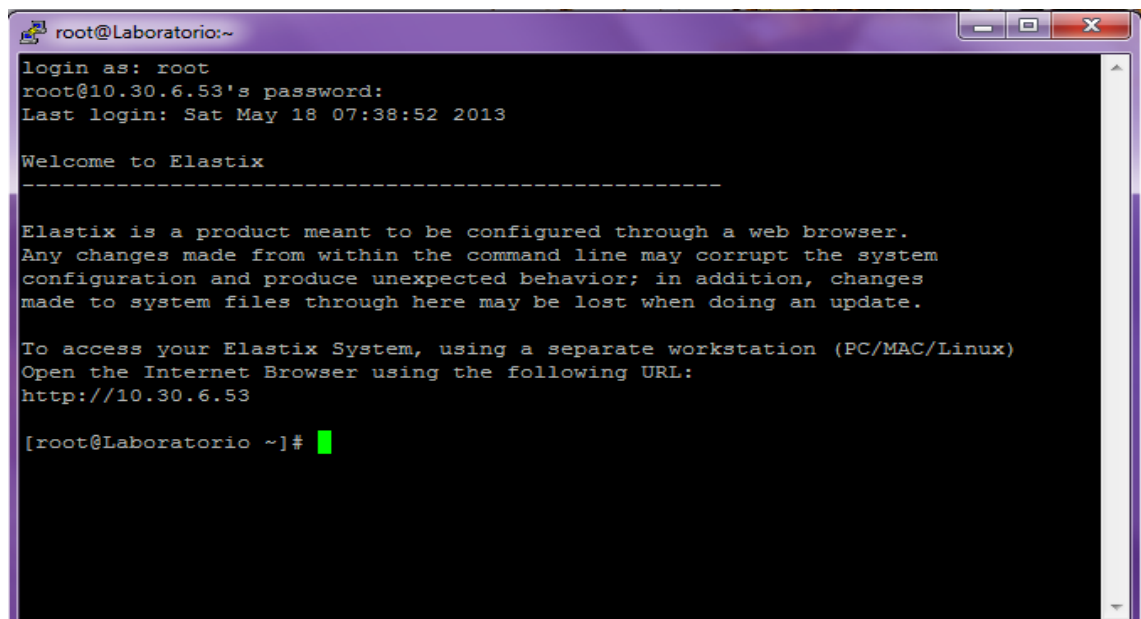


Figura 4. 26 Proceso de autenticación.
Descargada por el Autor.

- 3- Para la administración del servidor Elastix el estudiante tiene que saber los principales comandos y los directorios de Asterisk a continuación se verá en la tabla 3.2 una lista de los comandos más usados

Tabla 4. 2 Comandos básicos de Linux
Elaborada por el Autor

Comando	Descripción
ls	Lista los archivos en el directorio actual
ls -la	Lista los archivos y sus atributos
cd	Cambia de directorio
cd ..	Cambia al directorio padre
cat	Muestra el contenido de un archivo en la pantalla
pwd	Muestra la ruta actual
cp	Copia un archivo o grupo de ellos
mv	Mueve un archivo. También se usa para renombrar archivos
rm	Elimina un archivo
tail -f nombre_archivo	Muestra las últimas líneas de un archivo
mkdir	Crea un directorio

Estructura del sistema de archivos de ASTERISK

- /etc/asterisk Contiene los archivos de configuración de asterisk.
- /usr/sbin Es el directorio de binarios del sistema. Contiene los ejecutables y scripts de Asterisk.
- /usr/lib/asterisk Contiene los objetos binarios específicos de la arquitectura Asterisk.
- /usr/lib/asterisk/modules Contiene los módulos de tiempo de ejecución para aplicaciones, *drivers* de canales, *códecs*, *drivers* de formato de archivos
- /usr/include/asterisk Contiene los archivos de cabecera necesarios para construir las aplicaciones de Asterisk, *drivers* de canales, y otros módulos cargables.
- /var/lib/asterisk Contiene los datos variables utilizados por Asterisk en su operación normal

- /var/lib/asterisk/agi/bin Contiene los scripts AGI para ser utilizados con las aplicaciones AGI en el plan de numeración.
- Var/lib/asterisk/astdb Base de datos de Asterisk. Es el equivalente al registro de Windows. Este archivo nunca se usa directamente, pero sus contenidos pueden ser visualizados y modificados en la línea de comandos de Asterisk con el set de funciones “*database*”.
- /var/lib/asterisk/images Área de almacenamiento para las imágenes referenciadas en el plan de numeración y aplicaciones.
- /var/lib/asterisk/keys Área de almacenamiento para *keys* públicas y privadas usadas para la autenticación RSA con Asterisk (especialmente IAX).

Archivos de configuración

Los archivos de configuración se encuentran en /etc/asterisk, hay una gran cantidad de ellos, pero se centrará en dos de estos:

1. sip. general_custom.conf
2. extensions. general_custom.conf

Sip. general_custom.conf

Es un archivo que contiene los parámetros de configuración del protocolo SIP. En este archivo se definen los usuarios, con sus correspondientes extensiones, número a marcar para realizar una llamada. A continuación se muestra una descripción de los parámetros de configuración de archivo sip.conf. El archivo está compuesto por una sección general y una sección de configuración de los dispositivos. Ambas incluyen varias variables de las cuales se presentan algunas:

[Sección general]

context= nombre del contexto, que es definido también en el extensions.conf

bindport= Puerto donde asterisk escucha SIP

bindaddr = dirección IP en la que escucha

Configuración de dispositivos.

[**número de extensión**]; define la extensión del usuario (tiene que ir entre corchetes)

Callerid=identificador de llamada, nombre que se mostrara en los display de los teléfonos.

canreinvite=hay dos opciones “yes” y “no”. Con "no" se fuerza a Asterisk a no permitir que los teléfonos intercambien mensajes RTP directamente(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

dtmfmode=Determina el modo en el que se transmiten los tonos. Pueden ser: "rfc2833", “inband” o "info"(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

disallow=all, deshabilita todos los códec, seguido normalmente por la autorización de los códec necesarios. Por ejemplo allow=ulaw, allow=g721.

secret= es contraseña para registrarse

type=Define el tipo de extensión: "user" se usa para autenticar llamadas entrantes, "peer" para llamadas salientes y "friend" para ambas.

host=hay dos opciones: con “static”, el usuario solo se conecta con una dirección IP, mientras que con “dynamic”, significa que el teléfono se podrá conectar con cualquier dirección IP.

Extensions. general_custom.con

El plan de numeración o *dialplan* es la parte más importante de asterisk, y su configuración se hace a través del archivo extensions.conf.

Este archivo puede dividirse en cuatro partes:

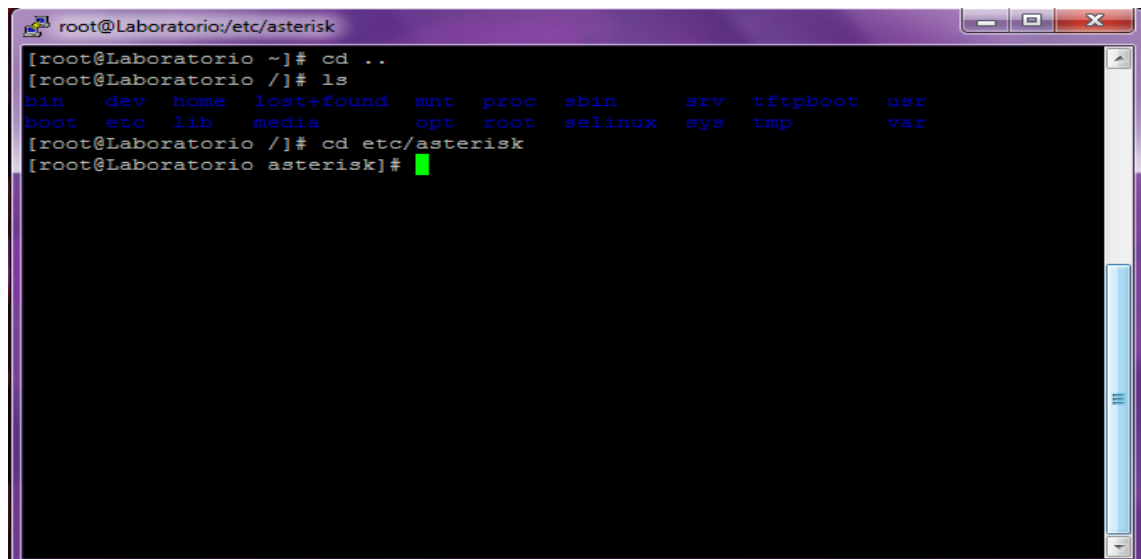
- Contextos: Un contexto es una colección de extensiones.

- Extensiones: En telefonía tradicional, las extensiones se asocian con teléfonos, interfaces o menús. En Asterisk, una extensión es una lista de comandos a ejecutar. Una extensión puede ser creada con la sintaxis definida abajo:

exten=> número (nombre), prioridad, aplicación

El comando “exten=>” es seguido por un número de extensión, una prioridad y finalmente la aplicación.

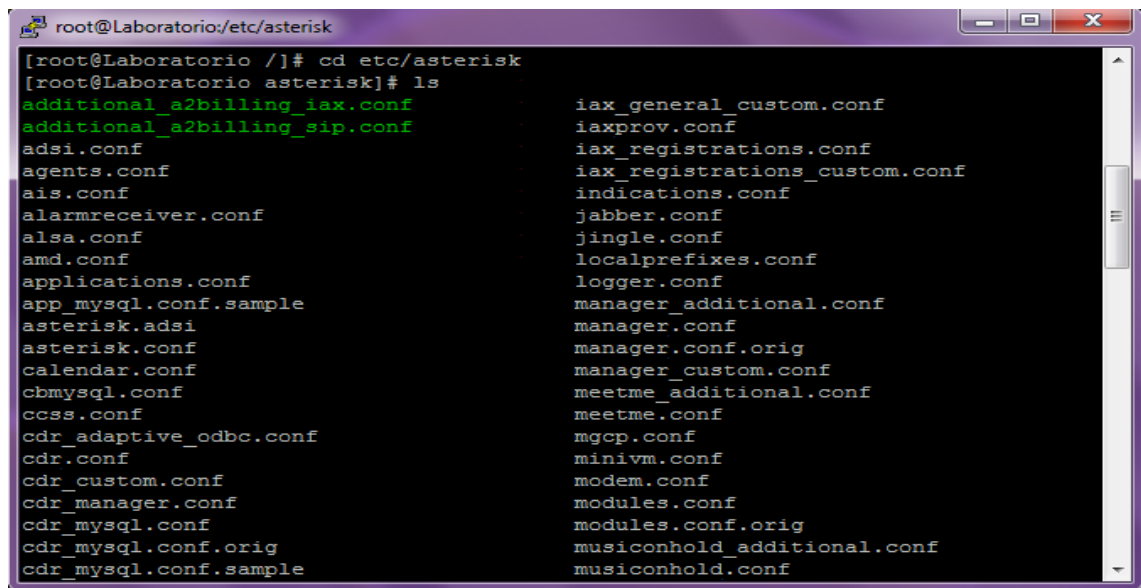
- 4- Ahora desplazarse en la consola de *putty* hasta el directorio donde está ubicado el archivo de configuración de asterisk :`cd/etc/asterisk` (ver figura 4.27)



```
root@Laboratorio/etc/asterisk
[root@Laboratorio ~]# cd ..
[root@Laboratorio /]# ls
bin  dev  home  lost+found  mnt  proc  sbin  srv  tftpboot  usr
boot  etc  lib  media  opt  root  selinux  sys  tmp  var
[root@Laboratorio /]# cd etc/asterisk
[root@Laboratorio asterisk]#
```

Figura 4. 27 Directorio de configuración de asterisk.
Descargada por el Autor.

Luego con el comando **ls** se lista los archivos del directorio (Ver figura 4.28) y con un editor de texto **nano** o **vim**, se accede al fichero con el comando `nano sip_additional.conf` o `vimsip_additional.conf` allí donde se configura la extensión SIP lleva los campos y salir de la consola.

A terminal window titled 'root@Laboratorio:/etc/asterisk' showing the output of the 'ls' command. The window has a purple title bar and standard window controls. The terminal text is as follows:

```
[root@Laboratorio /]# cd etc/asterisk
[root@Laboratorio asterisk]# ls
additional_a2billing_iax.conf          iax_general_custom.conf
additional_a2billing_sip.conf         iaxprov.conf
adsi.conf                             iax_registrations.conf
agents.conf                           iax_registrations_custom.conf
ais.conf                              indications.conf
alarmreceiver.conf                   jabber.conf
alsa.conf                             jingle.conf
amd.conf                              localprefixes.conf
applications.conf                    logger.conf
app_mysql.conf.sample                manager_additional.conf
asterisk.adsi                        manager.conf
asterisk.conf                         manager.conf.orig
calendar.conf                         manager_custom.conf
cbmysql.conf                          meetme_additional.conf
ccss.conf                             meetme.conf
cdr_adaptive_odbc.conf                mgcp.conf
cdr.conf                              minivm.conf
cdr_custom.conf                       modem.conf
cdr_manager.conf                      modules.conf
cdr_mysql.conf                        modules.conf.orig
cdr_mysql.conf.orig                  musiconhold_additional.conf
cdr_mysql.conf.sample                 musiconhold.conf
```

Figura 4. 28 Archivo de configuración de Asterisk.
Descargada por el Autor.

Conclusión del capítulo

Con la caracterización de la tecnología de VoIP se logró escoger un servidor que cumpliera con las características deseadas y se propuso prácticas de laboratorio que pueden ser utilizadas como una herramienta metodológica complementaria en el proceso de aprendizaje y comprensión de los protocolos de la VoIP.

CONCLUSIONES

- Se estudiaron las PBX utilizadas en la tecnología IP, lo cual permitió realizar la caracterización de la tecnología de VoIP.
- Se logró escoger un servidor que cumpliera con las características deseadas, así como la instalación del mismo.
- Se propuso una secuencia de pasos para el funcionamiento del laboratorio virtual implementado.
- Se propusieron módulos de prácticas de laboratorio que pueden ser utilizados como una herramienta metodológica complementaria en el proceso de aprendizaje y comprensión de los protocolos de la tecnología VoIP.
- Por lo expuesto, se cumplieron cada uno de los objetivos específicos propuestos y por consiguiente el objetivo general al proponer el diseño de un laboratorio virtual de telefonía IP utilizando un servidor Elastix y proponer módulos de prácticas de laboratorio.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar esta investigación como base teórica y práctica para el desarrollo de clases prácticas en computadoras acerca de Telefonía IP.
2. Continuar desarrollando módulos de clases prácticas adicionales a los presentados en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3CX. (Agosto de 2014). *Centralita IP: Cómo funciona una centralita IP/un sistema telefónico VOIP*. Obtenido de 3CX: <http://www.3cx.es/voip-sip/ip-pbx-overview/>

Abad, V. (2010). *Implementación de un sistema telefónico analógico-IP integrado*. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente.

Aguilar, D., Figueroa, A., & González, J. (2008). *Diseño e implementación de un laboratorio de voz sobre el protocolo de Internet*. San Salvador: Universidad Francisco Gavidia.

Barberán, J. (2009). *Implantación de un Sistema VoIP basado en Asterisk*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Black, U. (1999). *Voice over IP*. Prentice Hall. Series in Advanced Communications Technologies.

Borda, E., Navarro, S., Pérez, L., & Reynoso, W. (3 de Agosto de 2011). *Desarrollo de un Módulo de Aprendizaje de una Central Telefónica Virtual para ser usada en el Laboratorio de Telefonía*. Obtenido de <http://www.laccei.org/>: http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/StudentPapers/TE007_Borda_SP.pdf

Carrión, B., Cardenas, J., & Valverde, A. (Febrero de 2007). *Telefonía IP. Análisis de tecnologías existentes y diseño de proyecto de implementación en una entidad financiera*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/783/2/Capitulo1.pdf

CertificaciónECE-Elastix. (s.f.). *¿Que es Elastix?* Obtenido de www.certificacionelastix.es: <http://www.certificacionelastix.es/2.html>

Cornu, S. (2011). *Asegurando Elastix*. CrossFone Argentina.

Cruz, P., Hernández, E., & Jiménez, J. (24 de Abril de 2013). *Untitled Prezi*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/r6rswlla6sd7/untitled-prezi/>

Curwin, C., & Ramos, J. (2007). *Implementación del servicio VoIP para la Universidad de Pinar del Río*. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río.

Elastix. (Abril de 2013). *Página Oficial del Elastix*. Obtenido de <http://www.elastix.org>

Elastix-0.9-alpha. (s.f.). *Manual del Usuario en Español (Beta)*. Obtenido de www.elastix.org:
file:///C:/Users/work/Downloads/Elastix_User_Manual_Spanish_0.9-alpha.pdf

ElastixTech. (Marzo de 2013). *Aprenda Telefonía IP con Asterisk - Elastix*. Obtenido de elastixtech: www.elastixtech.com

Estrella, P., Bustos, J., & Muñoz, A. (2013). *Implementando Call Center en Elastix*. San Francisco: Creative Commons.

Fryer, B. (2011). *Elastix® Network & Security Guide*. Elastix.

Fryer, B. (3 de Octubre de 2011). *Trunking between two Elastix PBX Systems Via VPN*. Obtenido de Elastix:
file:///C:/Users/work/Downloads/Trunking%20Between%20Two%20Elastix%20-%20VPN.pdf

Huidobro, J., & Roldán, D. (2006). *Tecnología VoIP y Telefonía IP*. Madrid: CREACIONES COPYRIGHT.

Jiménez, A. (2010). *elastix A Ritmo de merengue*. Obtenido de es.slideshare.net: <http://es.slideshare.net/angeljimenez984/elastix-a-ritmo-de-merengue>

Kasse, B. (2006). *Etude et mise en place d'un système de communication de VoIP applique à un PABX IP open source*. Dakar: Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Kouhfallah, H. (2012). *Elastix Easy*. Iran: Elastix.

Landivar, E. (2009). *Comunicaciones unificadas con Elastix*. Ecuador: Elastix: Documentación de usuario.

Martin, R. (2010). *Seguridad en servidores CentOS con Elastix*. San Francisco: Creative Commons.

Martínez, J. (2006). *telefonía IP evolución natural*. Murcia, España: inove servicips telematicos.

Merino, B. (2011). *Análisis de tráfico con Wireshark*. National Communications Technology Institute (INTECO) .

Moreno, I. (16 de mayo de 2003). *Protocolo RTP y Protocolo SIP*. Obtenido de www.mat.uson.mx:
http://www.mat.uson.mx/donald/ArticulosRedes/Exposiciones_2003/Ivan%20Moreno/

Muñoz, A. (2010). *Elastix a Ritmo de Merengue*. Republica Dominicana: PaloSanto Solutions.

Pérez, J. (4 de Octubre de 2013). *Introducción a la Telefonía*. Obtenido de [plus.google.com](https://plus.google.com/114423003559262300903/posts):
<https://plus.google.com/114423003559262300903/posts>

Puentes, D. (2005). *Plataforma telefónica Código Abierto A Asterisk*. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría CUJAE.

Reza, M. (2001). *Voz sobre IP: Análisis del servicio instalado en la Facultad de Telemática*. Colima: Universidad de Colima.

Rico, J. (2013). Estado del Arte de la (in)seguridad de VoIP. *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 77-98.

Rizo, J. (12 de Octubre de 2005). *Sistemas de Comunicación y Teleinformática*. Obtenido de Antología de Sistemas de Comunicación y Teleinformática:
http://altatecnologia.site40.net/antologia_sistemas_de_informacio_un_y_teleinforma_utica.doc

Rodríguez, J. (2012). *Implementación de una central telefónica IP (PBX) con Elastix, en la Universidad de Pinar del Río*. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río.

Sharif, B. (2008). *Elastix without tears*. Kingswood, Australia: Elastix: Documentación de usuario.

Sinche, E., & Ortega, J. (2011). *Análisis del Rendimiento de Sistemas VoIP bajo Condiciones de Red* . Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/>:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20618/1/D-90806.pdf>

Stalling, W. (2001). *Comunicación y Redes de Computadores*. Prentice Hall.

Tanenbaum, A. (2003). *Redes de Computadoras* (Cuarta Edición ed.). Mexico: Pearson Prentice Hall.

Torres, R., Loaiza, J., & Ramirez, L. (s.f.). *Desarrollo e implementación de un sistema de voz sobre IP*. Universidad Particular de Loja.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

A

ADPCM *Adaptivedifferential pulse-codemodulation*

ATA *AnalogTelephoneAdapter*

C

CPU *Central Processing Unit*

CODEC: *CoderDecoder*

D

DHCP *Dynamic Host ConfigurationProtocol*

DTMF *Dual ToneMultiFrequency*

H

H.323 Estándar de la ITU-T para voz y videoconferencia interactiva en tiempo real en redes de área local, LAN, e Internet.

I

IETF *Internet EngineeringTask Force*

IP *Internet Protocol*

IPPBX *Internet Protocol Private Branch Exchange*

ISDN *Integrated Services Data Network*

ITU-T *InternationalTelecommunications Union - Telecommunications*

IAX *Inter AsteriskeXchange*

L

LAN *Local Area Network*

M

MCU *MultipointControl Unit*

N

NAT *Network AddressTranslation.*

P

PBX *Private Branch Exchange*

PCM *Pulse CodeModulation*

PC *Personal Computer*

PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
Q	
QoS	<i>Quality of Service</i>
R	
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RTCP	<i>Real Time Control Protocol</i>
RTP	<i>Real Time Protocol</i>
S	
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
T	
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
U	
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
V	
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol.</i>

ANEXOS

ANEXO 1 Instalación de Elastix.

Inserte el CD-ROM de instalación de Elastix al momento de encender su máquina. Una vez hecho esto aparecerá una pantalla como la siguiente(Elastix-0.9-alpha):



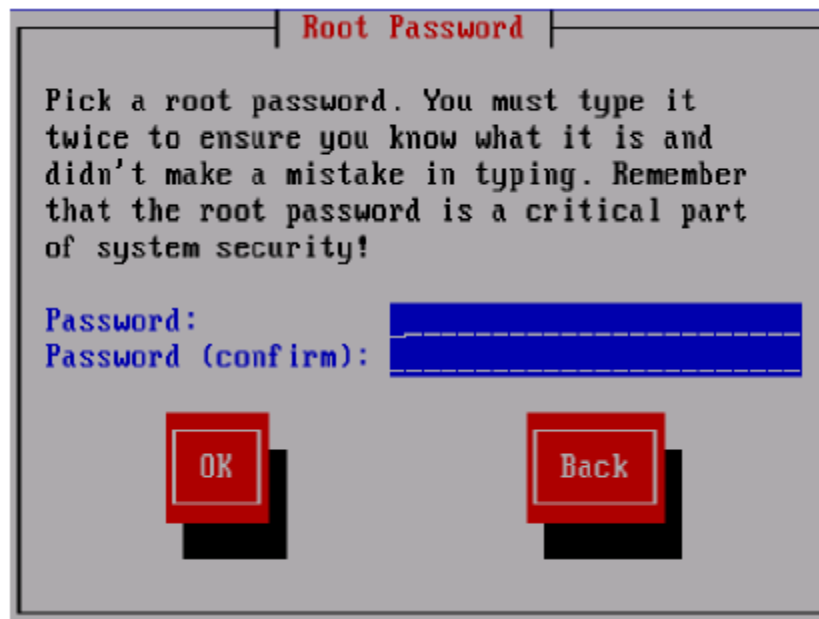
Si usted es un usuario experto puede ingresar en modo avanzado digitando el Comando: *advanced*. En caso contrario espere que, el CD de instalación inicie la instalación automáticamente o presione *Enter*. Después se procede a escoger el tipo de teclado de acuerdo al idioma. Si su teclado es de idioma español seleccione la opción *es*(Elastix-0.9-alpha):



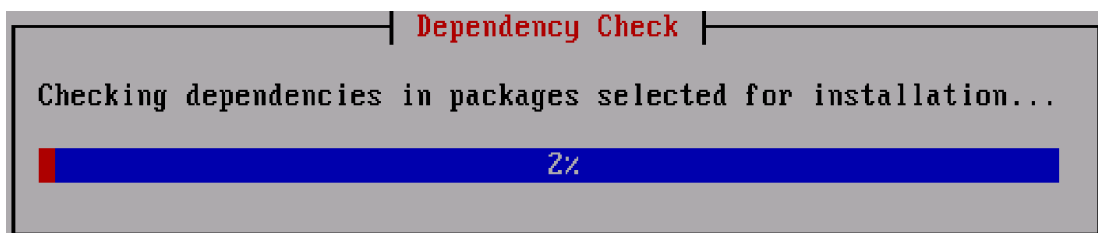
Se selecciona la zona horaria de la región donde está ubicado el servidor(Elastix-0.9-alpha)



A continuación se pone la contraseña que será usada por el administrador de Elastix. Recuerde que esta es una parte crítica para la seguridad del sistema(Elastix-0.9-alpha)



Después el Sistema Operativo cumplirá con un número de procedimientos, los cuales los realizara el CD de instalación de manera automática(Elastix-0.9-alpha).



Luego se procede con la instalación(Elastix-0.9-alpha).

```
Package Installation
Name   : glibc-common-2.5-12-i386
Size   : 64166k
Summary: Common binaries and locale data for glibc

20%

Total   :          Packages      Bytes      Time
Completed:      11          8M      0:00:14
Remaining:      397         1012M     0:28:54

0%
```


Una vez se realice la instalación completa, se procede a reiniciar el sistema. Después de reiniciar se escoge entre las opciones del *root* la **distro** de Elastix(Elastix-0.9-alpha).

```
GNU GRUB  version 0.97  (638K lower / 268032K upper memory)

CentOS (2.6.18-8.el5xen)
CentOS-base (2.6.18-8.el5)

Use the ↑ and ↓ keys to select which entry is highlighted.
Press enter to boot the selected OS, 'e' to edit the
commands before booting, 'a' to modify the kernel arguments
before booting, or 'c' for a command-line.

The highlighted entry will be booted automatically in 2 seconds.

 elastix®  
CUSTOM MADE TELEPHONY
```

```
CentOS release 5.2 (Final)
Kernel 2.6.18-92.1.22.el5 on an i686

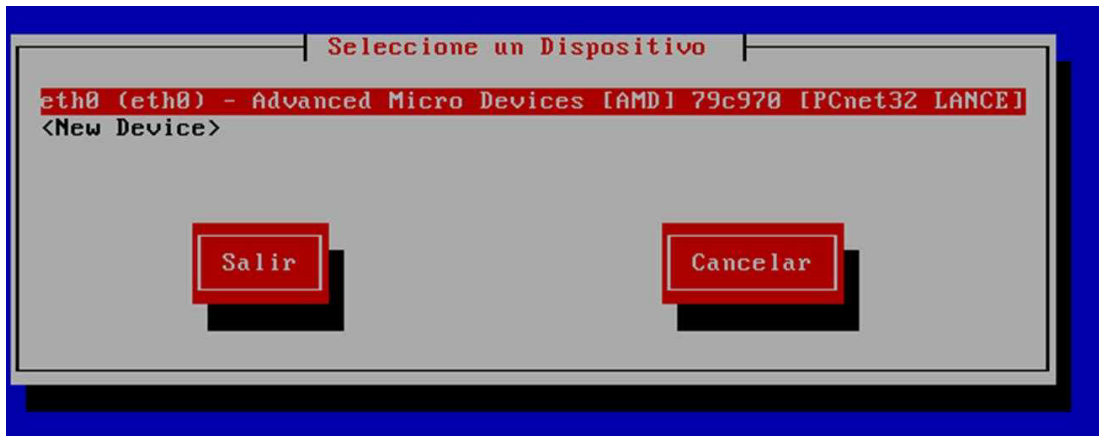
elastix login: root_
```

Luego de haber entrado al sistema saldrá un mensaje en ingles que dice: “For access to The Elastix web GUI uses this URL http://10.30.6.53” Si no aparece ese mensaje mostrando alguna dirección IP, y por el contrario sale algo como “For Access to the Elastix web GUI use this URL http://YOURSERVERIPADDRESS”, significa que no tiene un servidor DHCP del cual obtener una dirección y que debe asignarle una manual a su Central (Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Lo primero que se debe hacer es escribir el comando "setup" en la consola de la PBX, con lo cual se está llamando a la utilidad de configuración en modo texto que utiliza el Sistema operativo CentOS, el cual es el que se instala con Elastix por defecto. Luego, accionando las flechas del teclado se desplaza hasta la opción de configuración de la red; después que se esté situados en esa opción le damos a la tecla Tab (Tabulación) para que vaya al menú, a la parte donde dice "Ejecutar una Herramienta" y ahí presionamos la tecla ENTER del teclado (Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

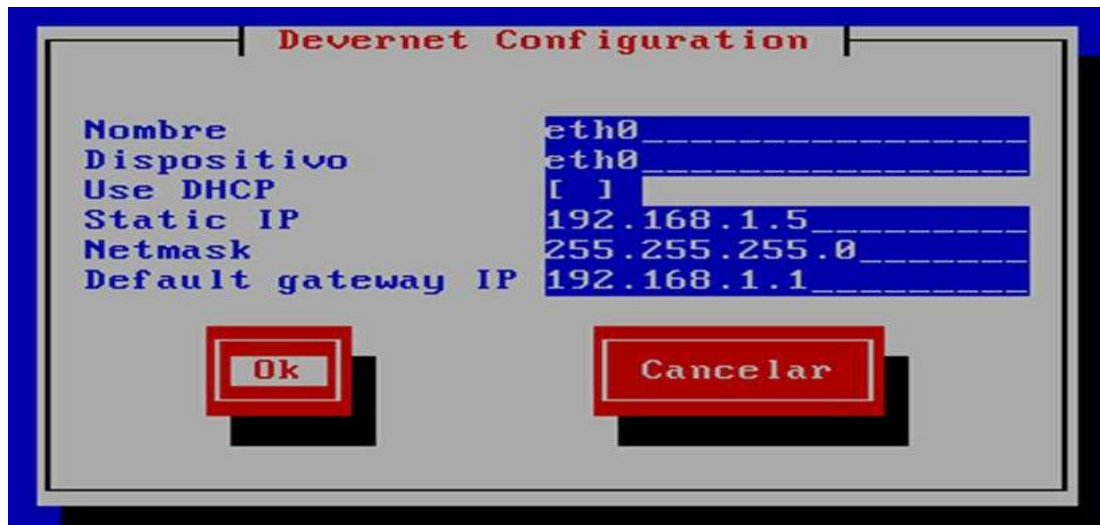


Entonces aparecerá una segunda ventana donde saldrá(n) desplegada(s) la(s) tarjeta(s) de red que se tiene instalada(s) en nuestra PBX. Ahí nuevamente se colocará sobre la tarjeta que se quiere configurar en ese momento y nuevamente presionar ENTER(Jiménez, 2010)(Muñoz, 2010).



Luego aparecerá una ventana donde se puede editar parámetros como nombre, dispositivo, uso de DHCP, etc(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

Lo primero que se hace es desplazar hasta la opción que dice "Use DHCP", donde aparecerá entre corchetes un símbolo de asterisco [*]. Esto quiere decir que la opción de obtener una dirección IP desde un servidor DHCP está habilitada (es la que viene siempre seleccionada por defecto en las instalaciones nuevas de Elastix). Una vez sobre la opción antes mencionada, presionar la barra espaciadora para deseleccionar el símbolo de * y proceder a la siguiente línea donde se puede introducir de forma manual la dirección IP, la máscara de red y la puerta de enlace deseada(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).



Para configurar los parámetros del servidor DNS si se necesita tener internet en esta PBX, esto se verá más adelante por la opción Web. Luego usar el teclado nuevamente y desplazarse hasta donde dice Ok., presionar enter. Con esto se irá a la ventana anterior en donde saldrá la opción de la(s) tarjeta(s) de red. Ahí presionar la tecla Tab hasta que salga la opción "Salir". Luego presionar ENTER nuevamente. Entonces, ya se estará colocado en la ventana inicial correspondiente a cuando presionamos "setup". Aquí solamente se utilizara Tab nuevamente aparecerá la opción "Salir", presionar ENTER y listo. Con estas instrucciones se avanzara a una altura del proceso que coloca nuevamente en la consola de la PBX. Al agotar estos pasos ya se le habrá asignado una dirección IP a la central, pero aún no se puede acceder a la misma porque para que estos cambios sean aplicados se deber reiniciar el servicio de red de la PBX. Para esto ejecutar el siguiente comando(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010):

"servicenetworkrestart"

Y entonces observar unas secuencias de instrucciones como las que aparecen en el siguiente gráfico(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010):

```

[root@elastix ~]# service network restart
Interrupción de la interfaz eth0: [ OK ]
Interrupción de la interfaz de loopback: [ OK ]
Activación de la interfaz de loopback: [ OK ]
Activando interfaz eth0: [ OK ]
[root@elastix ~]# _

```

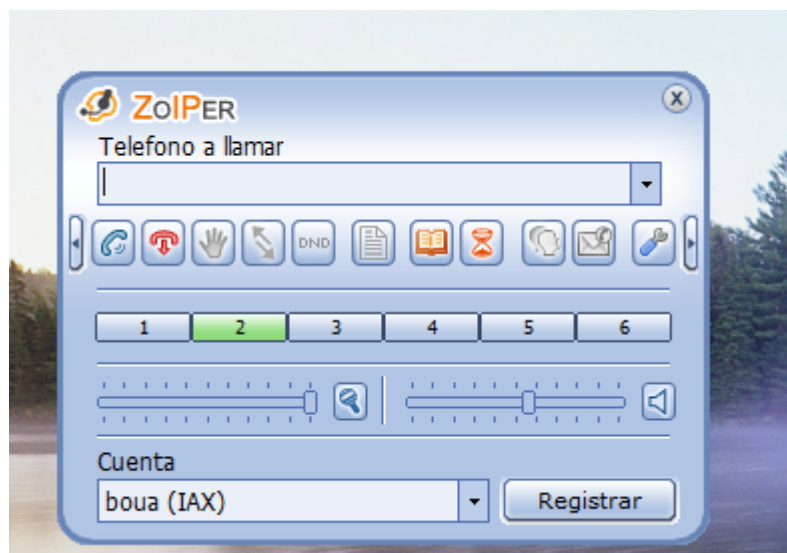
Una vez realizado este paso, ya se está listos para poder acceder a nuestro servidor Elastix a través de la red(Muñoz, 2010)(Jiménez, 2010).

ANEXO 2 Estructura de directorios que utiliza Asterisk

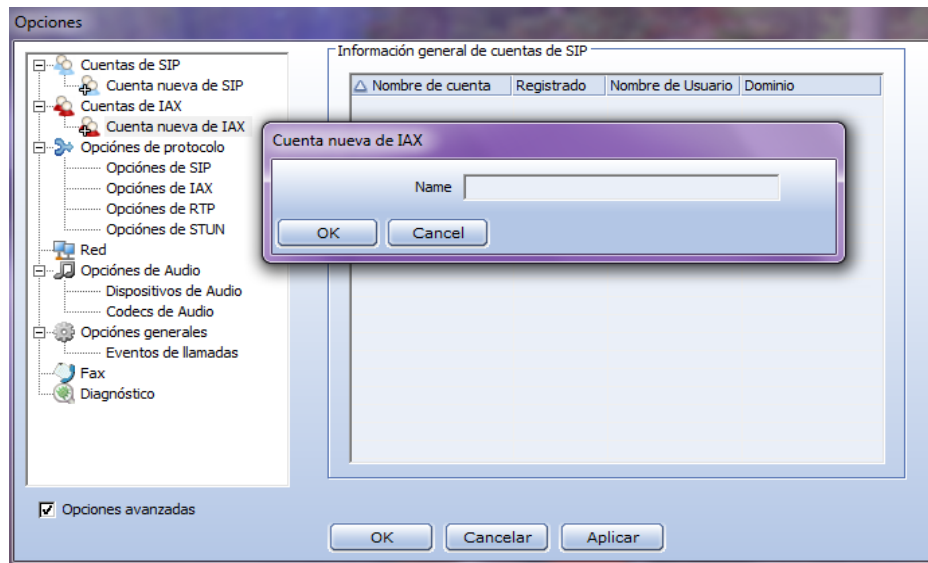
Directorios	Descripción
/etc/asterisk	Contiene los ficheros de configuración
/usr/lib/asterisk/modules	Contiene los módulos de Asterisk que se ha compilado
/var/lib/asterisk	Contiene diferentes “librerías” de Asterisk
/var/lib/asterisk/agi-bin	Directorio para contener los AGI.
/var/spool/asterisk	Directorio para archivos que genera Asterisk (voicemail, etc.)
/var/log/asterisk	Aquí se guardan los log de Asterisk

ANEXO 3: Configuración del *Softphone* ZoIPer

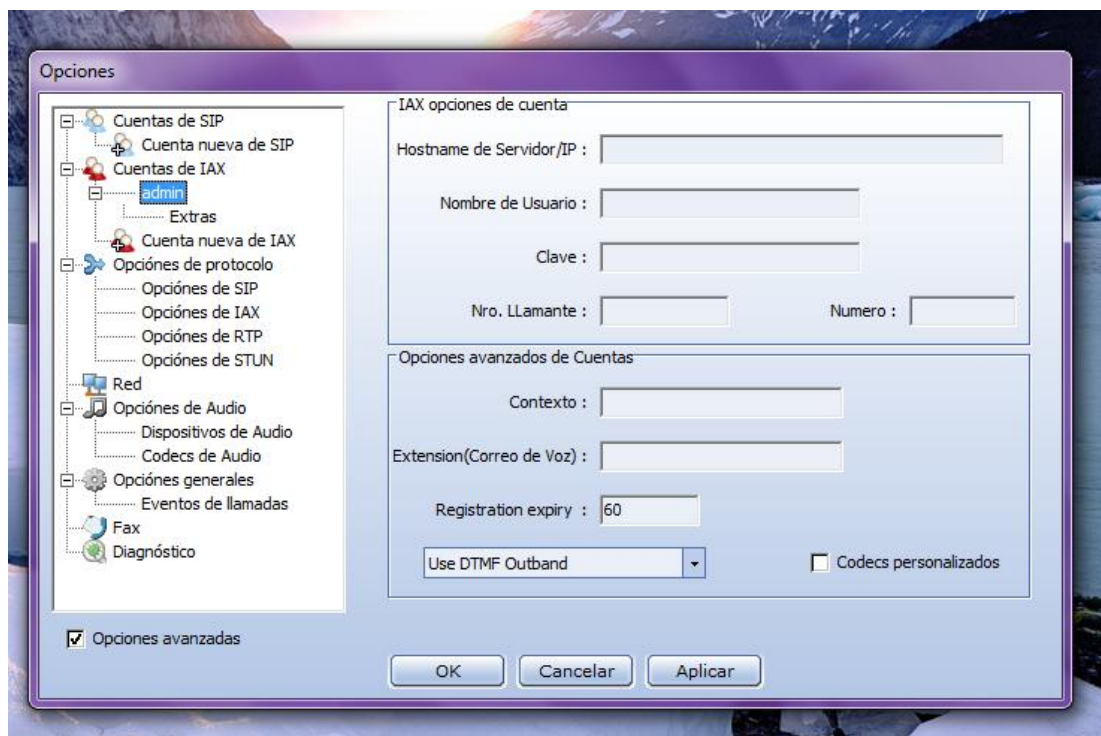
Abrir la aplicación ZoIPer desde el menú inicio o desde el acceso directo



Dar clic en el botón de opciones y seleccionar Cuenta nueva de IAX, aparecerá la interfaz que se muestra en la figura siguiente:



Ingresar su nombre en el campo *name* y luego lleva a un cuadro de configuración sencillo, donde pregunta




Hostname de servidor/IP: ahí se agrega la dirección IP del servidor Elastix, la misma es 10.30.6.53

Nombre de usuario: ahí se coloca el número de extensión IAX creado por el administrador (ver tabla)

Ahora en el campo clave: se coloca la contraseña que se utilizó cuando se creó la extensión IAX2 por el administrador, que fue “123456”

Los campos de Nro. Llamante y Número se puede dejar en blanco y solamente dar clic en “OK”.

Luego de esto, solo se da clic en el “*Dialpad*”  y se hace la prueba con *65 para que la central responda con el número de extensión del *Softphone*.

