

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CENTRALITA TELEFÓNICA VOIP,  
BASADA EN EL SOFTWARE LIBRE ASTERISK, PARA TERMINACIONES  
MOVILES (CELULARES) TENIENDO CONECTIVIDAD A INTERNET.**

**RODRIGO NIAMPIRA ROMERO**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2010 II**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CENTRALITA TELEFÓNICA VOIP,  
BASADA EN EL SOFTWARE LIBRE ASTERISK, PARA TERMINACIONES  
MOVILES (CELULARES) TENIENDO CONECTIVIDAD A INTERNET.**

**RODRIGO NIAMPIRA ROMERO  
061054  
RODRIGONIAMPIRA@HOTMAIL.COM**

**MONOGRAFÍA**

**ASESOR TÉCNICO  
ING. JOAQUIN SANCHEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ  
2010 II**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Joaquín Sánchez**  
**Asesor**

---

**Ramsés Martínez**  
**Jurado 1**

---

**Rafael Cubillos**  
**Jurado 2**

Bogotá 1 de Diciembre del 2010

A Dios y a mis padres, por el  
apoyo la confianza y el respaldo  
brindado en cada momento de mi  
vida

A todos aquellos que  
participaron e hicieron  
posible este proyecto,  
muchas gracias por su  
apoyo y motivación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera especial al ingeniero Joaquín Fernando Sánchez Cifuentes, por su apoyo, orientación y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A mis padres por apoyarme económica y moralmente, durante el transcurso de esta carrera. Por aconsejarme en momentos difíciles y decisivos. Por la confianza que depositaron en mí. Mil gracias.

A mi hermana por ser mi ejemplo guía. Por ser mi mejor amiga y brindarme su cariño y apoyo.

A Julie Ortega por brindarme su apoyo y cariño en todo momento. Por sus palabras de aliento, que me ayudaron a alcanzar esta meta tan importante para mi vida.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. PROBLEMA	23
2. JUSTIFICACIÓN	25
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO REFERENCIAL	28
4.1 ANTECEDENTES	28
4.2 MARCO CONCEPTUAL	30
4.2.1 Redes Inalámbricas	30
4.2.2 Red telefónica básica	30
4.2.2.1 Módulo de Acceso	30
4.2.2.2 Módulo de Conmutación	30
4.2.2.3 Módulo Troncal	31
4.2.3 Telefonía celular	31
4.2.4 PBX	32
4.2.5 Internet	32
4.2.6 Elementos que conforma una central telefónica VoIP	32

4.2.6.1	Terminales	32
4.2.6.2	Gateways	32
4.2.6.3	Gatekeepers	32
4.2.6.4	Servidor	33
4.2.6.5	Proxy	33
4.2.6.6	Asterisk	33
4.2.6.7	Protocolo IP	33
4.2.6.8	Estándares	34
4.2.6.9	Sincronización	34
4.2.6.10	Señalización	34
4.2.6.11	SIP	34
4.2.6.12	H 323	34
4.2.6.13	IAX	34
4.2.7	Codec	34
4.2.8	Central telefónica VoIP	35
4.3	MARCO TEÓRICO	35
4.3.1	VOIP	35
4.3.1.1	IP (Protocolo de internet)	35
4.3.1.2	Encabezado de IP Versión 4	36
4.3.1.3	Proceso de Envío de IP	37

4.3.1.4	Proceso de Enrutamiento	37
4.3.1.5	Proceso de recepción	37
4.3.1.6	Ventajas	38
4.3.2	Servidor SIP	38
4.3.2.1	Software Asterisk	38
4.3.2.2	División de módulos Asterisk	39
4.3.2.3	Trixbox	40
4.3.2.4	Linux	41
4.3.3	Protocolos de comunicación	41
4.3.3.1	SIP	41
4.3.3.2	H.323	42
4.3.3.3	IAX (Inter–Asterisk Exchange Protocol)	42
4.3.3.4	MGC- MEGACO	43
4.3.4	Protocolos de audio	43
4.3.4.1	Real Time Protocol (RTP)	44
4.3.4.2	Real Time Control Protocol (RTCP)	44
4.3.5	Codificación de la voz	44
4.3.5.1	Algoritmos de codificación y decodificación de voz (CODECS)	44
4.3.6	Descripción técnica de cada uno de los Codec	47
4.3.6.1	G.711	47

4.3.6.2	G.726	47
4.3.6.3	G.723.1	47
4.3.6.4	G.729A	48
4.3.6.5	GSM	48
4.3.6.6	iLBC	48
4.3.6.7	Speex	48
4.3.7	UMTS	48
4.3.8	Terminales	49
4.3.8.1	Teléfono IP	49
4.3.8.2	Gateway y adaptadores analógicos.	49
4.3.8.3	Softphone	50
4.3.8.4	Celular	50
4.4	ESTADO DEL ARTE	50
4.5	LIMITACIONES Y ALCANCES	51
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	53
6.	DESARROLLO	54
6.1	Parámetros de Configuración y Diseño de la Centralita Telefónica VoIP.	55
6.1.1	Capacidad	55
6.1.2	Servidor	55
6.1.2.1	Ubuntu 9.4	57

6.1.2.2	CentOS 4.4	57
6.1.3	Codec	57
6.1.4	Ancho de Banda	60
6.1.5	Retardo	61
6.2	Protocolo SIP	63
6.2.1	Características del protocolo SIP	63
6.2.1.1	Localización del abonado	63
6.2.1.2	Negociación de los parámetros	63
6.2.1.3	Disponibilidad del usuario	64
6.2.1.4	Gestión de la comunicación	64
6.2.2	Direcciones SIP	64
6.2.3	Elementos de comunicación SIP	64
6.2.3.1	Agentes de usuario (User Agent)	64
6.2.3.2	Intermediarios	65
6.2.4	Peticiones SIP	65
6.2.5	Respuestas SIP	66
6.2.6	Descripción de mensajes SIP	71
6.2.7	Estructura	72
6.2.7.1	Transacción	73
6.2.7.2	Diálogo	73

6.3	Construcción de la centralita telefónica VoIP	73
6.3.1	Conexión a internet	73
6.3.2	Asterisk en Ubuntu	75
6.3.2.1	Pasos para la configuración de la red en el servidor Ubuntu.	75
6.3.2.2	Instalación de Librerías en Ubuntu	77
6.3.2.3	Instalación de Asterisk en Ubuntu	78
6.3.2.4	Configuración de Archivo (sip)	81
6.3.2.5	Configuración de Archivo (extensions.conf)	82
6.3.2.6	Configuración de Archivo (rtp.conf)	83
6.3.3	Asterisk en CentOS	84
6.3.3.1	Pasos para la configuración de la red en el servidor CentOS	84
6.3.3.2	Interfaz web Trixbox.	86
6.3.3.3	Administración FreePBX	87
6.3.3.4	Agregar extensión en FreePBX	87
6.3.3.5	Informe CDR	89
6.3.4	Terminales	91
6.3.4.1	X-lite	91
6.3.4.2	Linksys PAP2	94
6.3.4.3	Celular Nokia E71	97
7.	PRUEBAS Y RESULTADOS	99

7.1	conexión Móvil a Móvil (Movistar--tigo)	99
7.1.1	Objetivo	99
7.1.2	Recursos	100
7.1.3	Descripción del escenario	100
7.1.4	Análisis de resultados Obtenidos	100
7.2	conexión softphone a softphone (ETB--ETB)	101
7.2.1	Objetivo	101
7.2.2	Recursos	101
7.2.3	Descripción del escenario	101
7.2.4	Análisis de resultados Obtenidos	101
7.3	Conexión softphone a softphone (une--etb)	102
7.3.1	Objetivo	102
7.3.2	Recursos	103
7.3.3	Descripción del escenario	103
7.3.4	Análisis de resultados Obtenidos	103
7.4	Conexión CELULAR a softphone (movistar--etb)	104
7.4.1	Objetivo	104
7.4.2	Recursos	104
7.4.3	Descripción del escenario	104
7.4.4	Análisis de resultados Obtenidos	104

7.5	Conexión CELULAR a softphone (TIGO--etb)	105
7.5.1	Objetivo	105
7.5.2	Recursos	106
7.5.3	Descripción del escenario	106
7.5.4	Análisis de resultados Obtenidos	106
7.6	Conexión CELULAR a softphone (MOVISTAR--UNE)	107
7.6.1	Objetivo	107
7.6.2	Recursos	107
7.6.3	Descripción del escenario	107
7.6.4	Análisis de resultados Obtenidos	107
7.7	Conexión CELULAR a softphone (tigo-une)	108
7.7.1	Objetivo	108
7.7.2	Recursos	109
7.7.3	Descripción del escenario	109
7.7.4	Análisis de resultados Obtenidos	109
7.8	Conexión softphone a softphone (Comcel-une)	110
7.8.1	Objetivo	110
7.8.2	Recursos	110
7.8.3	Descripción del escenario	110
7.8.4	Análisis de resultados Obtenidos	110

7.9	Conexión CELULAR a softphone (movistar--comcel)	111
7.9.1	Objetivo	111
7.9.2	Recursos	112
7.9.3	Descripción del escenario	112
7.9.4	Análisis de resultados Obtenidos	112
7.10	Conexión CELULAR a softphone (tigo--comcel)	113
7.10.1	Objetivo	113
7.10.2	Recursos	113
7.10.3	Descripción del escenario	113
7.10.4	Análisis de resultados Obtenidos	113
7.11	Conexión softphone a softphone (etb--comcel)	114
7.11.1	Objetivo	114
7.11.2	Recursos	115
7.11.3	Descripción del escenario	115
7.11.4	Análisis de resultados Obtenidos	115
7.12	Conexión softphone a softphone (Telefonica--etb)	116
7.12.1	Objetivo	116
7.12.2	Recursos	116
7.12.3	Descripción del escenario	116
7.12.4	Análisis de resultados Obtenidos	116

8.	CONCLUSIONES	118
9.	RECOMENDACIONES	120
	GLOSARIO	121
	BIBLIOGRAFÍA	123

## **LISTA DE TABLAS**

	pág.
Tabla 1. Comparación entre SIP y IAX	43
Tabla 2. Características principales de los Codec	45
Tabla 3. Capacidad del servidor según el número de canales.	55
Tabla 4. Características del códec G.729	58
Tabla 5. Retardos de Codec	62
Tabla 6. Calculo de retardo	62
Tabla 7. Peticiones SIP	65
Tabla 8. Significado general de respuestas SIP	67
Tabla 9. Significado específico de respuestas SIP	67
Tabla 10. Mensajes SIP	71
Tabla 11. Datos para la configuración de red del servidor	74
Tabla 12. Datos de red WAN	74
Tabla 13. Resultados de prueba 1.	100
Tabla 14. Resultados de prueba 2.	102
Tabla 15. Resultados de prueba 3.	103
Tabla 16. Resultados de prueba 4.	105
Tabla 17. Resultados de prueba 5.	106
Tabla 18. Resultados de prueba 6.	108
Tabla 19. Resultados de prueba 7.	109
Tabla 20. Resultados de prueba 8.	111
Tabla 21. Resultados de prueba 9.	112
Tabla 22. Resultados de prueba 10.	114
Tabla 23. Resultados de prueba 11.	115
Tabla 24. Resultados de prueba 12.	117

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama esquemático de red telefónica fija	31
Figura 2. Encabezado de IP Versión 4	36
Figura 3. Estructura Modular de Asterisk	39
Figura 4. Estructura de desarrollo	54
Figura 5. Sobre carga introducida por los protocolos	59
Figura 6. Estructura de sesión SIP	72
Figura 7. Esquema de red del servidor	73
Figura 8. Lugar para configuración de parámetros de red.	75
Figura 9. Conexiones de red.	75
Figura 10. Editor de conexión cableada.	76
Figura 11. Ajuste de IPv4	76
Figura 12. Parámetros de red aplicados.	77
Figura 13. Modo administrador.	78
Figura 14. Instalación de librerías de Ubuntu.	78
Figura 15. Librerías finales.	78
Figura 16. Comandos para la descarga de Asterisk.	78
Figura 17. Comando para descomprimir Asterisk	79
Figura 18. Carpeta asterrisk-1.4.36	79
Figura 19. Comando para la compilación de Asterisk.	79
Figura 20. Aviso de compilación satisfactoria.	79
Figura 21. Comando make.	80
Figura 22. Comando make ejecutado correctamente.	80
Figura 23. Comando final para la instalación de Asterisk.	80
Figura 24. Instalación finalizada.	80
Figura 25. Archivo SIP.	81
Figura 26. Configuración SIP general.	81
Figura 27. Configuración de códec.	81
Figura 28. Configuración de tonos.	81

Figura 29. Configuración Nat	82
Figura 30. Configuración de re invitación.	82
Figura 31. Ejemplo de usuario SIP.	82
Figura 32. Archivo Extensions	83
Figura 33. Ejemplo de plan de llamada.	83
Figura 34. Configuración de archivo RTP	83
Figura 35. Puertos RTP.	83
Figura 36. Comando de red	84
Figura 37. Menú Network	84
Figura 38. Desactivar DHCP.	85
Figura 39. Parámetros de red.	85
Figura 40. Cerrar configuración de red.	85
Figura 41. Reiniciar red.	86
Figura 42. Interfaz web de Trixbox En modo administrador.	86
Figura 43. Interfaz web FreePBX	87
Figura 44. Secuencia para agregar nueva extensión.	88
Figura 45. Datos de extensión.	88
Figura 46. Aplicar cambios.	89
Figura 47. CDR	89
Figura 48. Número de llamadas por hora.	90
Figura 49. Comparación de reporte mensual.	90
Figura 50. Estadística de carga por horas.	91
Figura 51. Menú de configuración	92
Figura 52. Agregar cuenta.	92
Figura 53. Datos de la extensión.	93
Figura 54. Selección de cuenta.	93
Figura 55. Cuenta configurada correctamente.	94
Figura 56. Esquema de red para Linksys PaP2	94
Figura 57. Interfaz web del Linksys PAP2.	95
Figura 58. Secuencia para configurar la línea 1.	95
Figura 59. Datos de configuración.	96

Figura 60. Configuración final del Linksys PAP2.	97
Figura 61. Celular NokiaE71.	97
Figura 62. Escenario de prueba 1.	99
Figura 63. Escenario de prueba 2	101
Figura 64. Escenario de prueba 3	102
Figura 65. Escenario de prueba 4.	104
Figura 66. Escenario de prueba 5	105
Figura 67. Escenario de prueba 6	107
Figura 68. Escenario de prueba 1.	108
Figura 69. Escenario de prueba 8.	110
Figura 70. Escenario de prueba 9.	111
Figura 71. Escenario de prueba 10.	113
Figura 72. Escenario de prueba 11.	114
Figura 73. Escenario de prueba 12.	116

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Carga útil.....	58
Ecuación 2. Longitud de sobre carga.....	59
Ecuación 3. Longitud de trama completa.....	60
Ecuación 4. Ancho de banda para cada llamada.....	60
Ecuación 5. Ancho de banda de la centralita telefónica VoIP.....	60
Ecuación 6. Ancho de banda para terminales celulares.....	61
Ecuación 7. Ancho de banda para terminales fijos.....	61

## RESUMEN

En este trabajo de investigación se implementó el software Asterisk y Tixbox para la construcción de la centralita telefónica VoIP, la cual integró terminales móviles celulares mediante una conexión a internet. En el presente documento se establecen los parámetros de configuración y diseño, también se evalúan las aplicaciones del protocolo SIP para permitirle a cada abonado poder realizar y recibir llamadas VoIP.

El desarrollo del proyecto se efectuó mediante el método de investigación aplicada, donde se inició de una investigación teórica para llegar a una implementación práctica. El proyecto está fraccionado en tres fases. En la fase inicial se realizó una investigación conceptual y teórica de la tecnología VoIP con la cual se trabajó durante el desarrollo del proyecto. En la fase de selección se eligió el software y terminales implementados en la centralita telefónica VoIP. Así como también se eligieron y documentaron los protocolos y parámetros de configuración identificados según las necesidades requeridas de la centralita telefónica VoIP. En la fase final se empleó la investigación elaborada en las fases anteriores para poder construir la centralita telefónica VoIP. Durante esta fase se procedió a la configuración de los terminales, los cuales se utilizaron para establecer la comunicación con la centralita telefónica VoIP. Adicionalmente se estableció la forma de marcación, el número de extensiones y todos los parámetros necesarios para poder iniciar comunicación entre la central y otras terminales. Se concluye con la implementación de una centralita telefónica VoIP basada en el software Asterisk, para terminaciones móviles celulares con conectividad a internet.

## INTRODUCCIÓN

El auge y aceptación que han tenido las redes IP en el mercado, el desarrollo de procesos de digitalización de voz, los protocolos de señalización, transporte y direccionamiento, y la evolución que ha tenido internet han permitido la conformación de la tecnología VoIP. Esta consiste en digitalizar la voz para poder ser introducida en paquetes que pueden ser transportados sobre redes IP mediante una serie de protocolos como los son: Protocolos de señalización, transporte y direccionamiento.

Otro avance tecnológico es la tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). El cual es un sistema universal de telecomunicaciones móvil, encargado de transportar la información sobre un canal de radio, donde la información se transmite por medio de codecs especializados para este tipo de canal. UMTS se caracteriza por soportar la tecnología VoIP, en donde la voz y los datos viajan sobre la misma infraestructura de paquetes, reduciendo así los costos de implementación de estructuras separadas.

Debido a la evolución que han tenido las redes móviles y el crecimiento que ha adquirido la tecnología VoIP, se procede con la elaboración de un sistema de comunicación más aceptable para el usuario final, el cual hace integración de todas estas tecnologías y necesidades. De esta manera es posible realizar y recibir llamadas VoIP por medio de terminales móviles celulares con conectividad a internet.

## 1. PROBLEMA

Los inventos del telégrafo, teléfono, radio y ordenadores sentaron las bases para la creación de nuevas tecnologías como la telefonía celular y el Internet. Donde el internet es una oportunidad de difusión mundial, un mecanismo de propagación de la información y un medio de colaboración e interacción entre los individuos y sus ordenadores independientemente de su localización geográfica (Barry, 2003).

Las tecnologías inalámbricas han tenido mucho auge y desarrollo en estos últimos años. Una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular (Jiménez, 2004). La telefonía celular se dio a conocer como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. Tiene gran variedad de aplicaciones, más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet (Jiménez, 2004).

Gracias a todos estos descubrimientos que permitieron la evolución de las telecomunicaciones se produjo una nueva tecnología llamada VoIP. Que es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos.

VoIP tiene diferentes ventajas respecto a las demás tecnologías como lo son: tarifas a un bajo costo, control diario de llamadas, cobertura desde cualquier lugar del mundo donde se tenga conectividad a internet. El auge de la tecnología VoIP llevo a la creación de las primeras centralitas de telefonía VoIP. Que hoy en día abarcan una cantidad notoria en el mercado.

Después de la aparición de estas tecnologías, se siguen presentando las mismas falencias anteriores que son costos entre usuarios y movilidad. La tecnología celular soluciona la parte de movilidad pero no la parte de tarifas. La red telefónica pública conmutada (PSTN) no tiene movilidad y las tarifas no son las mejores. Por último la tecnología VoIP solucionó la parte de tarifas pero no la parte de movilidad.

Para utilizar las centralitas telefónicas VoIP, actualmente hay que estar conectado a internet y utilizar un dispositivo como (Teléfono IP, Teléfono WIFI, Gateway, Softphone, adaptadores analógicos o ata), estos equipos son muy costosos y un poco incómodos para trasladar de un lugar a otro, ya sea de manera interna o externa a la red de la centralita telefónica VoIP.

Para una persona que desee comunicarse con un abonado que no permanezca en un lugar fijo, por lo contrario, que esté en movimiento constante, le es posible hacerlo mediante un celular. Ya que es el que tiene más aceptación por los

usuarios, pero si lo quisiera hacer de manera constante durante el transcurso del día, tendría que recurrir a un operador móvil vigente, pero esto le representaría costos elevados por día.

Además los servicios gratuitos solucionan una necesidad a corto plazo pero nunca garantizan una estabilidad a largo plazo, y los proveedores externos no abarcan el total de las necesidades requeridas. Por tanto ninguna de las tecnologías mezcla estas necesidades que son tan importantes para el abonado. Para poder acceder a alguna de estas, hay que implementar tecnologías diferentes, no hay forma de hacerlo por medio de una sola.

Debido a todas estas falencias surge la pregunta: ¿existe actualmente un sistema de comunicación que integre los siguientes factores: sostenibilidad, flexibilidad, movilidad y economía?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las telecomunicaciones son un tema que ha evolucionado de manera admirable, por tanto hay que estar preparado para poder afrontar nuevos retos como la tecnología VoIP.

VoIP claramente es uno de los últimos avances tecnológicos que solucionó muchas de las falencias de telecomunicaciones en empresas, hogares, callcenter, etc. Como llamadas gratuitas entre usuarios y sedes en empresas, control de llamadas, restricción de números y destinos, conexión desde cualquier parte donde se tenga conectividad a internet y otras ventajas que claramente superan a las centralitas de telecomunicaciones convencionales.

Debido a estas falencias que se presentan en las telecomunicaciones, donde nuestra sociedad cada vez hace de este tema un hábito más en su diario vivir, se dió la necesidad de crear este proyecto para facilitar a nuestra sociedad una forma de comunicación más flexible, económica y quizá lo más importante que es la movilidad total.

Este proyecto no solo va dedicado a empresas, por lo contrario cualquier persona que desee tener su central telefónica propia y un control propio de esta. Lo podrá hacer mediante la implementación de este proyecto.

Este proyecto permite a las familias poder comunicarse con cada uno de sus integrantes de forma económica durante el transcurso del día, donde el único requisito es que cada usuario tenga un celular con conectividad a internet y esté inscrito en la centralita telefónica VoIP. De esta forma las familias podrán permanecer unidas durante el transcurso del día, independientemente de la ubicación de cada integrante.

Una empresa que tenga sucursales en diferentes zonas geográficas y desee que todas estas sucursales estén comunicadas entre sí por medio de su propio sistema de comunicación; lo puede hacer mediante la implementación de este proyecto, ya que cada sucursal solo necesita una conexión a internet y estar conectada con la centralita telefónica VoIP; esta solución no solo está enfocada a empresas con sucursales, también se puede utilizar para empresas donde sus empleados necesiten laborar fuera de las instalaciones de la empresa; puesto que el único requisito es que el empleado tenga un celular con conectividad a internet y esté inscrito en la centralita telefónica VoIP de la empresa.

Es aquí donde radica la importancia del proyecto, puesto que las empresas, hogares, etc. No tendrán que hacer grandes inversiones para poder establecer la

comunicación entre sus usuarios de forma económica. Con este proyecto no será necesario adquirir un operador de sistema de comunicación cerrado como lo es avantel, ni dotar al empleado o usuario con un dispositivo de comunicación cerrado. Tampoco será necesario entregar un plan de minutos al empleado o usuario, para que este en contacto permanente con la central. Solo será suficiente con un celular con conectividad a internet y que esté inscrito a la centralita.

Este proyecto se realizará por medio del software libre Asterisk y Trixbox, que permiten la conectividad de varios usuarios, actuado como PBX. En el campo profesional este software es de gran importancia puesto que en la actualidad la mayoría de las centralitas telefónicas se basan en la implementación de este software; la mayoría de empresas tiene como sistema de conmutación un sistema PBX, que es basado en Asterisk. Por tanto es de gran importancia aprender su configuración y funcionamiento. Para así poder ser más competitivo en la vida laboral.

Otro tema de gran importancia a nivel laboral es VoIP. Este tema es la base del futuro de las telecomunicaciones, puesto que todas las telecomunicaciones tienden hacia IP por sus diferentes ventajas (Huidoro & Roldan, 2006). Debido a esto se ve la necesidad de realizar este proyecto.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar el prototipo de una centralita telefónica VoIP, basada en el software Asterisk, que soporte terminales móviles celulares mediante una conexión de internet.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Documentar los parámetros de configuración y diseño de una centralita telefónica VoIP: ancho de banda, procesador central, códec, número de abonados fijos y número de abonados móviles.
- Describir las aplicaciones del protocolo SIP (Protocolo de Inicialización de Sesión), para convertir un dispositivo móvil celular en un abonado de la centralita VoIP.
- Implementar software ASTERISK sobre el servidor de la centralita telefónica que permita la comunicación entre abonados.
- Permitir al abonado de la centralita telefónica VoIP realizar y recibir llamadas entre usuarios de la centralita.
- Realizar las pruebas necesarias con la centralita telefónica VoIP sobre las redes de internet móvil, para determinar el grado de calidad de la tecnología voip en dichas redes.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

“En la década de los 90, un grupo de personas pertenecientes al entorno de la investigación, tanto de instituciones educativas como empresariales, comenzaron a mostrar un cierto interés por transportar voz y video sobre redes IP, especialmente a través de intranets.

En 1995, una pequeña compañía Vacoltec anuncio el lanzamiento del primer teléfono software para internet. Este software era únicamente útil para establecer una comunicación de PC a PC y para ello necesitaba hacer uso de diversos requisitos de hardware, como micrófono, altavoz, tarjeta de sonido y modem. Sin embargo, esta alternativa a la comunicación telefónica tradicional fue comercialmente un fracaso ya que las conexiones a internet que se disponían ofrecían un ancho de banda muy escaso” (Gomez & Gil, 2008).

Debido a estas falencias que tuvo la compañía Vacoltec, se dió en la tarea de crear una nueva aplicación que tuviera el éxito esperado comercialmente y no fuera tan compleja, para esto la empresa peoplecall hace un aporte hacia el mismo año donde lanza su primer teléfono WiFi, el cual consistía en implementar la tecnología VoIP por medio de una conexión WiFi, este teléfono funcionaba con IP privadas, públicas y dinámicas, asimismo alcanzaba almacenar hasta 10 accesos diferentes (Davidson & Peters, 2001).

“Durante los años siguientes, la tecnología asociada a las redes de datos y a las telecomunicaciones continuó mejorando, para ser en 1998 cuando se dieron definitivamente los primeros pasos desde un punto de vista comercial. En este año diversas compañías lanzaron al mercado adaptadores que permitían hacer uso de los teléfonos tradicionales en un entorno VoIP. Ello facilito el acercamiento a los clientes a la hora de poder hacer uso de la tecnología VoIP, por lo que algunas empresas importantes se lanzaron al mercado ofreciendo productos y servicios relacionados con esta tecnología. Durante el año 1998 la tecnología VoIP alcanzaba ya el 1% del tráfico total de voz: su carrera había comenzado.

En 1999, compañías dedicadas a las redes de datos, como Cisco. Crearon las primeras plataformas destinadas a empresas capaces de tratar con trafico VoIP” (Gomez & Gil, 2008).

Debido a el avance que emprendió VoIP, BOWIE.net, proveedor de internet (ISP) regional con 60 puntos de presencia (POP) en el sudeste y en toda la Costa Este de E.E.UU. Hace implementación de una red Cisco para proporcionar acceso a

internet a empresas y hogares. Pero en 1999 empieza a ofrecer los primeros servicios de VoIP de larga distancia a 10 centavos por minuto en todos sus 60 puntos de presencia (POP) (Davidson & Peters, 2001).

“Esto supuso un nuevo impulso a la tecnología VoIP. Ya que comenzó a implantarse en muchas empresas. La consecuencia directa fue que la tecnología VoIP alcanzara en el año 2000 más del 3% del tráfico total de voz. Las redes de datos siguieron mejorando en años venideros, y alrededor del año 2005 ya era fácil para cualquier persona de países desarrollados conseguir una conexión a internet que cumpliera los requisitos mínimos para ofrecer una buena calidad de voz y una comunicación fiable a través de VoIP, reduciendo al mínimo las posibles interrupciones que se pudieran producir durante la conversación” (Gomez & Gil, 2008)

“Telefónica inicia sus servicios de voz IP, con la promesa de ofrecer una reducción en el coste de llamadas de hasta un 46%, Telefónica ha comenzado la comercialización de sus productos de acceso a voz por Internet. Por el momento, Uno IP Voz e InfoVía Plus Voz tienen cobertura únicamente interprovincial y se dirigen a empresas que cuenten con la centralita Ibercom”(Lani, 1999).

“En agosto de 2003, la aparición de un pequeño programa revolucionó el mundo de la informática. Skype, una aplicación creada por Niklas Zennström y Janus Friis, idearios también de Kazaa, permitía hablar por teléfono y de forma gratuita a través de Internet a todos los usuarios de la Red del mundo. La polémica estaba servida: las legislaciones sobre telecomunicación y transmisión de datos habían quedado obsoletas, y los gigantes de la telefonía mundial veían peligrar su hasta entonces indiscutible posición de liderazgo.

Skype es un servicio que permite realizar llamadas de alta calidad gratis a través de Internet. Se basa para su funcionamiento en el protocolo VoIP (Voz por Internet), que permite convertir un ordenador personal en un teléfono. Su funcionamiento se basa en el modelo ‘usuario a usuario’ o (P2P)” (PONZ, 2006).

Debido a la aparición de Skype la tecnología VoIP se hizo más popular especialmente en hogares, puesto que antes solo la adoptaban empresas. Skype fue la solución para muchas personas que llamaban con frecuencia a lugares de larga distancia; puesto que este les redujo costos significativos a la hora de llamar.

Para el año 2005 VoIP comprende los sectores financieros, ya que es un sector que está caracterizado por una organización muy competitiva, desplegada en múltiples puntos y con un gran flujo de datos y voz. Un ejemplo de este sector es el Banco Santander Central Hispano. Que acoge una solución de comunicaciones convergente creada por el grupo Avaya que consta con 7.000 teléfonos IP sobre

una red de Cisco, para centralizar todos sus servicios de telefonía (Gomez & Gil, 2008).

## **4.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **4.2.1 Redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas permiten la interconexión entre dos o más puntos, nodos o estaciones, por medio de ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio transportando información de un punto a otro (Chamorro & Pietrosevoli, 2008).

### **4.2.2 Red telefónica básica**

La red de telefonía básica fue creada para la transmisión de la voz humana y está conformada por tres grandes módulos: módulo de acceso, módulo de conmutación y módulo troncal. En la figura 1, se muestra el esquemático de dichos módulos (Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones, 2010).

#### **4.2.2.1 Módulo de Acceso**

El módulo de acceso está integrado por segmentos de red en cable de cobre o de fibra óptica

- Segmento de Red Primaria
- Segmento de Red Secundaria
- Segmento de Dispersión (Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones, 2010).

#### **4.2.2.2 Módulo de Conmutación**

El módulo de conmutación puede estar integrado por una sola central telefónica de conmutación o por más de una. La configuración mínima de red permite la interconexión con las demás redes telefónicas complementarias. Este módulo está conformado por:

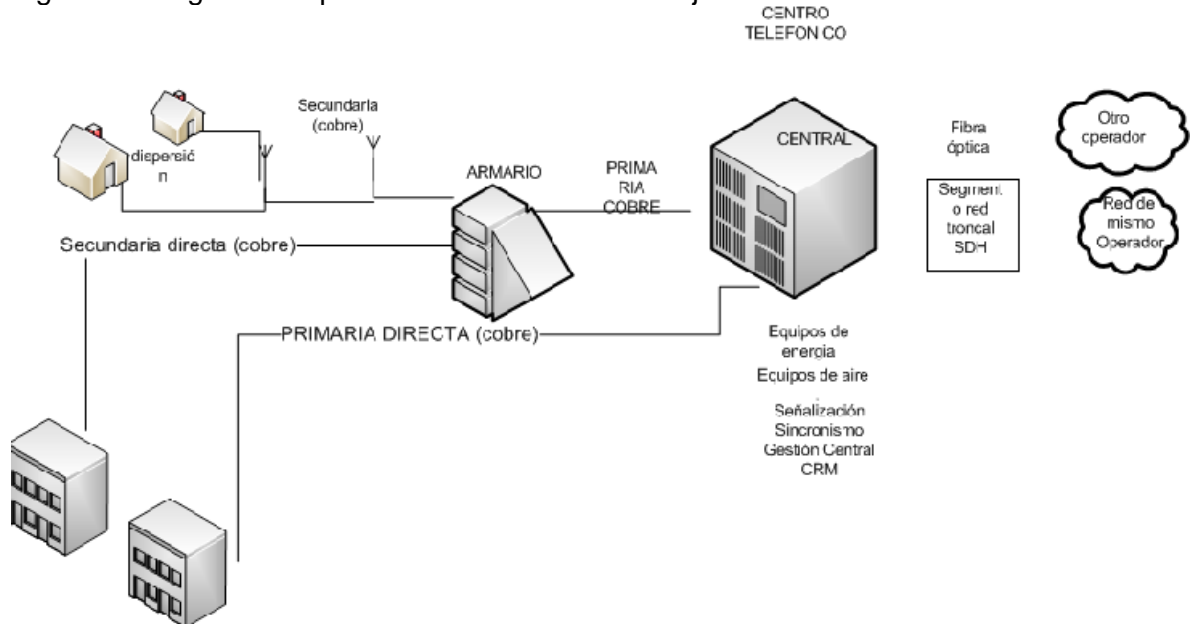
- Etapa de abonado
- Matriz de conmutación

- Etapa Troncal
- Procesamiento y control
- Señalización
- Sincronismo Gestión (Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones, 2010).

#### 4.2.2.3 Módulo Troncal

Al módulo troncal pertenecen todos los equipos o infraestructura necesarios para la conexión entre diferentes centrales telefónicas de conmutación. Cuando hay más de una central en la red, se establece mediante fibra óptica con tecnologías SDH (Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones, 2010)

Figura 1. Diagrama esquemático de red telefónica fija



(Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones, 2010)

#### 4.2.3 Telefonía celular

La telefonía celular es un sistema de comunicación telefónica inalámbrica, donde los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de

antenas repetidoras o vía satélite. Donde el área que cubre cada antena se denomina célula (Arango, 2010).

#### **4.2.4 PBX**

PBX (Private Branch exchange). Identifica a las centrales privadas que se utilizan en las organizaciones o empresas para interconectar sus internos y para conectarse a la red telefónica a través de líneas externas. En los internos puede haber teléfonos, fax, módems y cualquier otro aparato capaz de conectarse a una línea telefónica. (Chiesa & Manterola, 2007).

#### **4.2.5 Internet**

Internet es una red formada por millones de ordenadores conectados entre sí. Está compuesto por miles de redes independientes que utilizan un protocolo o idioma común para poder comunicarse entre ellas como lo es TCP/IP.

Internet es también un medio de comunicación instantáneo, económico y eficiente gracias a su correo electrónico y a otras medidas de intercambio de información (informatica, 2008).

#### **4.2.6 Elementos que conforma una central telefónica VoIP**

##### **4.2.6.1 Terminales**

Los terminales son los clientes que inician una conexión VoIP. Estos usuarios solo pueden conectarse entre ellos, y si es necesario el acceso de un usuario adicional a la comunicación se necesitaran otros elementos. Son teléfonos y ordenadores conectados a la red.

##### **4.2.6.2 Gateways**

Gateways hacen de puente entre redes que reconocen el protocolo H.323 y otras, incluida la PSTN. Son los responsables de las funciones de señalización entre las llamadas.

##### **4.2.6.3 Gatekeepers**

Es el responsables de mantener la admisión, control y direccionamiento. Proveen básicamente un servicio de traducción de direcciones (DNS), de tal manera que se puedan usar nombre en lugar de direcciones IP, y autenticación y control de

admisión, para permitir o denegar el acceso de usuarios. También administran del ancho de banda.

#### **4.2.6.4 Servidor**

Es el encargado de administrar el enrutamiento de las llamadas, donde cada llamada primero tiene que pasar por el servidor antes de llegar a su destino final.

#### **4.2.6.5 Proxy**

Es el encargado de rutear la señalización hacia los sitios adecuados en función de las indicaciones pertinentes que cada protocolo implementa. (Gomez & Gil, 2008)

#### **4.2.6.6 Asterisk**

Es un software con licencia GPL (código abierto), que actúa como PBX y tiene características de valor agregado como lo son: buzón de voz, salas de conferencia, tono en espera, puede actuar como servidor o Gateway para poder conectar las IPBX a la red PSTN.

#### **4.2.6.7 Protocolo IP**

El protocolo de IP (Internet Protocol) se encarga de segmentar la información en paquetes y transportarla a través de la red hasta su destino final (informática, 2008).

Las principales características de este protocolo son:

- Protocolo orientado a no conexión.
- Fragmenta paquetes si es necesario.
- Direccionamiento mediante direcciones lógicas IP de 32 bits.
- Si un paquete no es recibido, este permanecerá en la red durante un tiempo finito.
- Realiza el "mejor esfuerzo" para la distribución de paquetes.
- Tamaño máximo del paquete de 65535 bytes (Huidobro & Roldan, 2006)

#### **4.2.6.8 Estándares**

Son las normas que definen la forma en que se deben realizar ciertos procesos para garantizar la calidad y seguridad de su funcionamiento, sin importar el tipo de dispositivo o las diferencias en su construcción. Los estándares facilitan además la interoperabilidad entre componentes aunque estos tengan características diferentes.

#### **4.2.6.9 Sincronización**

La sincronización tiene como función mantener los equipos digitales en una red de comunicaciones operando con la misma referencia de tiempo (Espinosa, 2000).

#### **4.2.6.10 Señalización**

En la telefonía la señalización significa el paso de información e instrucciones de un punto a otro, relacionadas con el establecimiento y la supervisión de una llamada (Espinosa, 2000).

#### **4.2.6.11 SIP**

Es la alternativa del IETF (Internet Engineering Task Force) a H323, mucho más simple, introducido en el año 1999. Este protocolo define como establecer, modificar o finalizar una sesión entre dos extremos, sin importar el tipo de sesión. (Huidobro & Roldan, 2006)

#### **4.2.6.12 H 323**

Ofrece un mecanismo de transporte para servicios multimedia sobre redes que no garanticen una buena calidad, su función es determinar el Codec y el protocolo de transporte.

#### **4.2.6.13 IAX**

Es un protocolo para la comunicación entre centrales Asterisk, con el fin de reducir el ancho de banda utilizado en la transmisión de voz y video sobre la red IP.

#### **4.2.7 Codec**

Un códec (Codificador/Decodificador) es el hardware o el software encargado de convertir la señal analógica a un conjunto de muestras digitales aptas para su

transmisión por la red de paquetes. En algunos casos realizan, además, una compresión de la señal reduciendo así los requerimientos de ancho de banda (informatica, 2008). Es un algoritmo que traduce una señal analógica en una señal digital (Gomez & Gil, 2008)

#### **4.2.8 Central telefónica VoIP**

La central telefónica VoIP es un sistema de conmutación encargada de establecer la comunicación de los abonados por medio de una red IP, donde la señal de voz es digitalizada y puesta en paquetes, para poder ser enviada sobre la red Internet empleando el protocolo IP.

La central telefónica VoIP tendrá conocimiento de todos sus abonados suscritos permitiendo así que cualquier usuario logre la comunicación con la central telefónica VoIP desde cualquier lugar del mundo sin importar su ubicación siempre y cuando tenga conectividad a internet.

La central telefónica VoIP consta de un servidor SIP y una variedad de terminales disponibles donde el usuario final podrá hacer uso de estas.

### **4.3 MARCO TEÓRICO**

#### **4.3.1 VOIP**

La función de VoIP es encapsular la voz en paquetes para poder ser transportados sobre redes IP.

##### **4.3.1.1 IP (Protocolo de internet)**

IP es el núcleo de los protocolos de internet y está encargado de la entrega de paquetes.

En las redes conmutadas de paquetes, la información que se desea transmitir se fragmenta en paquetes. Los paquetes se envían desde el origen hasta el destino. Pero hay que hacer algunas matizaciones donde dos paquetes de una misma conversación no tienen por qué seguir la misma ruta y el orden en que lleguen los paquetes al destino final, depende del estado de la red, y la latencia de la ruta escogida por cada uno. IP es un protocolo que está dentro de la pila TCP/IP, que es un conjunto de protocolos que cubren todos los servicios de red en una red de paquetes (Sellés, 2009)



- El checksum de encabezado, hace un chequeo para asegurar que no hallan cambios durante el transporte.
- Dirección IP fuente, es la dirección la cual indica de donde se envió el datagrama.
- Dirección IP destino, es la dirección IP del destino final del datagrama.
- Opciones IP, por medio de esta se puede seleccionar que puede ir o no, como el camino que el datagrama puede seguir en la red.
- El relleno, es usado para completar el encabezado IP. (Espinosa, 2000)

#### **4.3.1.3 Proceso de Envío de IP**

- Recibe datos como la dirección destino.
- Crea un encabezado de datagrama y ubica los datos recibidos.
- Envía el datagrama y la dirección de la red portadora (Espinosa, 2000).

#### **4.3.1.4 Proceso de Enrutamiento**

- Recibe el datagrama de la red portadora, calcula y compara el checksum y lee la dirección IP recibida.
- Determina la dirección IP de la red portadora final
- Envía los datos y la dirección de la nueva red portadora (Espinosa, 2000).

#### **4.3.1.5 Proceso de recepción**

- Recibe el datagrama de la red portadora y calcula y compara el checksum.
- Retira el encabezado IP.
- Entrega los datos al usuario final (Espinosa, 2000).

#### **4.3.1.6 Ventajas**

VoIP puede manejar otros tipos de datos además de la voz como lo son: Transmisión de imágenes, videos y textos. De esta forma podemos establecer una video llamada al mismo tiempo que intercambiamos archivos de texto e imágenes.

Tiene mejor aprovechamiento de ancho de banda. En una conversación de voz el 50% son silencios, VoIP se encarga de rellenar estos espacios de silencio con datos de forma que el ancho de banda de los canales de comunicación no sea desperdiciado (Gomez & Gil, 2008)

Las alternativas tecnológicas de VoIP se dividen en dos grandes grupos: tecnologías cerradas propietarias y sistemas abiertos. En el primer grupo se encuentran las plataformas comerciales VoIP como lo son Skype, Cisco Skinny y en el segundo grupo nos encontramos con los estándares abiertos en SIP, H323 o IAX (Escuadero & Berthilson, 2004).

#### **4.3.2 Servidor SIP**

El servidor SIP dentro de la arquitectura de VoIP es el encargado de administrar y ordenar el tráfico para poder establecer la comunicación entre los abonados suscritos, recibiendo las peticiones de los abonados y enviándolas a su destino final, para poder establecer una conversación satisfactoria.

Un servidor SIP está compuesto por un Proxy y un software encargado de la conmutación de las llamadas (Gomez & Gil, 2008).

##### **4.3.2.1 Software Asterisk**

La función de Asterisk en la central telefónica VoIP es realizar las funciones de una PBX convencional sobre una red IP para así crear una "IPBX" (Molina, 2006) basado en un software.

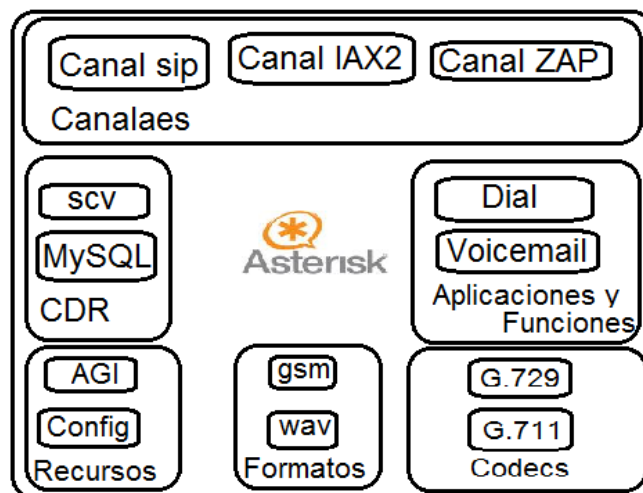
Esta aplicación nos permite controlar y gestionar, comunicaciones de cualquier tipo, ya sean analógicas, digitales o VoIP por medio de los protocolos VoIP que implementa (Asterisk-ES, 2010).

Asterisk fue creada en 1999 en la empresa Digium por Mark Spencer y donada a la comunidad con licencia libre. Asterisk es la evolución de las centralitas analógicas y digitales convencionales, por tanto se considera un sistema híbrido ya que permite la integración con la tecnología VoIP y sistemas libres como Linux y estándares abiertos como SIP, H323 o IAX (Digium, 2009).

El software Asterisk se distribuye bajo licencia GNU (General Public License). Esta licencia radica en proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Todo software que opere bajo esta licencia se considera software libre y será protegido de intentos de apropiación (Dansocial, 2009). También está disponible bajo una licencia alternativa para negocios directamente con Digium. La licencia con la que opera Asterisk permite utilizar el código en otros programas GPL (Digium, 2009). Esto significa que está sujeta a cambios técnicos y es de valor gratuito. En la central telefónica Asterisk se trabajara sobre la plataforma Linux (Gomez & Gil, 2008).

Asterisk fue diseñado de manera modular tal como se muestra en la figura 3. Para que los usuarios elijan la parte de Asterisk que requieran según sus necesidades. Esto hace que Asterisk sea una aplicación escalable y extensible. Para programar un nuevo código no es necesario saber todo el código fuente de Asterisk (Gomez & Gil, 2008).

Figura 3. Estructura Modular de Asterisk



(Gomez & Gil, 2008)

#### 4.3.2.2 División de módulos Asterisk

Asterisk divide su arquitectura en 7 módulos que son:

- Core: Es el núcleo de Asterisk, el cual está compuesto por las funciones básicas de Asterisk y permite cargar los módulos restantes.
- Recursos: Complementa a Core con funcionalidades adicionales como la posibilidad de leer ficheros de configuración, música en espera, etc.

- Aplicaciones y Funciones: caja de herramientas Asterisk, donde cada módulo aporta un número de herramientas.
- CDR: Controlan la escritura del registro telefónico generado por Asterisk a diferentes formatos.
- Codecs: Permite la codificación y decodificación de la información de audio y video que tiene que enviar y recibir Asterisk para su funcionamiento.
- Formatos: Permite a Asterisk entender y manejar ficheros en distintos formatos, como mp3, alaw, etc. (Gomez & Gil, 2008).

#### **4.3.2.3 Trixbox**

trixbox ® Community Edition fue creado por Andrew Gillis y se inició en 2004 como el proyecto de código abierto llamado IP-PBX Asterisk@Home. Pero tuvieron que cambiar el nombre del proyecto a (Trixbox). Por solicitud de Digium, el cual solicitaba que no usaran la palabra (Asterisk) Desde entonces, se ha convertido en la distribución más popular del mundo de Asterisk con más de 65.000 descargas al mes. Trixbox ® es conocido por su flexibilidad para satisfacer las necesidades de los usuarios (Trixbox, 2010).

TrixBox consiste en una imagen ISO para descargar desde su página oficial. Al arrancar un ordenador desde la imagen del CD, el sistema de formato de disco duro, instala Trixbox con el sistema operativo CentOS y una serie de herramientas asociadas como: Apache, Asterisk, MySQL y PHP (Garrison & Dempster, 2006).

Componentes de Trixbox:

- Asterisk 1.2: Es el núcleo de todo el sistema.
- FreePBX: Esta herramienta proporciona una interfaz basada en Web para administrar y mantener la instalación de Asterisk.
- Flash Operator Panel (FOP): El panel de operador Flash es una aplicación de panel de control para ver el estado de todas las extensiones y circuitos telefónicos.

- SugarCRM: SugarCRM es un sistema de gestión de relaciones con los clientes para el seguimiento de oportunidades de ventas, contactos con los clientes.
- Festival de motor de voz: Muchas de las funciones dentro de Asterisk requieren de cierta capacidad de texto a voz. Festival proporciona esa funcionalidad.
- Digium Tarjeta de auto-config: Para los sistemas que va a utilizar hardware de Digium, un script de configuración automática se encarga de la configuración inicial de los archivos de configuración necesarios (Garrison & Dempster, 2006) .

#### **4.3.2.4 Linux**

Linux opera bajo licencia GPL, esta licencia permite, autoriza y recomienda la copia, modificación y distribución de todo el código que cubre la licencia, incluso se puede vender siempre y cuando respetemos el autor original del programa (referenciar del autor), esto nos permite adaptarlo a nuestras necesidades (Costa, 2002).

Para la central telefónica VoIP, Linux trabajara como sistema operativo base, para que el software Asterisk y Trixbox, encargados de la simulación de la IPBX trabajen con mayor eficiencia.

#### **4.3.3 Protocolos de comunicación**

Para poder establecer una llamada entre dos abonados se deben utilizar diversos equipos electrónicos los cuales garantizan la comunicación por medio de normas y reglas donde se les denominan protocolos de señalización. Los protocolos de señalización entre terminales son: SIP, H.323, MGC, IAX.

##### **4.3.3.1 SIP**

Es un protocolo de señalización a nivel de aplicación usado por los proveedores de VoIP, encargado de iniciar y finalizar las llamadas. Este protocolo posee cuatro características que son:

- Localización del usuario

Esta característica le permite al usuario utilizar el servicio desde cualquier lugar, sin limitar la movilidad.

- Negociación con el usuario

Esta característica permite establecer los parámetros técnicos de la comunicación como lo son: puertos para el tráfico SIP, direcciones IP, codec.

- Disponibilidad del usuario

Permite determinar si el usuario con el que se desea establecer la comunicación está disponible o no.

- Gestión de comunicación

Es el encargado de informar el estado de la comunicación que se encuentra en progreso, además permite la modificación, transferencia y finalización de la llamada activa (Gomez & Gil, 2008).

#### **4.3.3.2 H.323**

Es un protocolo diseñado por la ITU, para la estandarización de audio, video y datos, sobre redes de paquetes no orientadas a la conexión y que no garanticen calidad del servicio, este protocolo ofrece: “control y señalización de las llamadas, control y transporte multimedia, control del ancho de banda punto a punto conferencias” (Gomez & Gil, 2008).

El formato de los mensajes de señalización en H.323 es binario lo cual indica que esta señalización es muy rápida.

En la actualidad el auge de H.323 está descendiendo, ya que está siendo sustituido por SIP, el cual es mucho más flexible (Gomez & Gil, 2008)

#### **4.3.3.3 IAX (Inter–Asterisk Exchange Protocol)**

Es un protocolo de señalización, diseñado solo para aplicaciones telefónicas. Todas las comunicaciones (registros, señalización de llamada, transmisión de voz) se hacen por medio del puerto UDP. Por lo tanto el NAT no es un problema en IAX a diferencia de SIP, ya que los datos y la señalización viajan por el mismo puerto. IAX no es un estándar internacional, por lo contrario es un “protocolo independiente creado por Mark Sponoor, creador de Digium” (Gomez & Gil, 2008).

En la tabla 1, se identifican las diferencias entre los protocolos SIP y IAX, determinando en que campo es mejor cada uno de estos.

Tabla 1. Comparación entre SIP y IAX

	<b>SIP</b>	<b>IAX</b>	<b>Conclusión</b>
Tipos de mensaje	Los mensajes son en formato texto	Los mensajes son en formato binario	IAX consume menos ancho de banda
Señalización	Los datos y la señalización se transporta por puertos distintos	Los datos y la señalización se transporta por el mismo puertos	En SIP aparecen problemas de NAT
Estándar	Estandarizado	No estandarizado	SIP es compatible con la mayoría de fabricantes.
Uso de puertos	Dos puertos	Un puerto	SIP requiere de más puertos libres

(Gomez & Gil, 2008)

#### **4.3.3.4 MGC- MEGACO**

Es otro estándar de señalización para VoIP basado en un modelo maestro/esclavo donde el servidor es el encargado de controlar al Gateway, para separar la señalización de la transmisión de la información. Este protocolo es óptimo para los grandes operadores de telefonía (Molina, 2006).

#### **4.3.4 Protocolos de audio**

Un protocolo de audio es el encargado de transportar la información entre un origen y su destino. Los protocolos más utilizados para esta finalidad de transporte de audio y video en tiempo real son: Real Time Protocol (RTP) y Real Time Control Protocol (RTCP).

#### **4.3.4.1 Real Time Protocol (RTP)**

“Es el encargado de transportar audio y video en tiempo real; utilizando UDP como protocolo de transporte, que el uso de TCP y su control de flujo y congestión darían lugar a un retardo elevado durante la comunicación a causa de la retransmisión” (Gomez & Gil, 2008).

El proceso de RTP se hace por medio de un numero de secuencia, marcas de tiempo, envío de paquetes sin retransmisión, identificación de origen y sincronización, lo que produce un retardo significativo a la hora de ser transportado, por tanto no se puede garantizar la entrega en tiempo real, pero si garantiza que lo hará de forma sincronizada.

#### **4.3.4.2 Real Time Control Protocol (RTCP)**

Este protocolo actúa de complemento ante el protocolo RTP, es el encargado de monitorizar el flujo de paquetes RTP. Obtiene estadísticas sobre jitter (variación del retardo), RTT, latencia, pérdida de paquetes. Por tanto está relacionado con la calidad del servicio (Gomez & Gil, 2008).

#### **4.3.5 Codificación de la voz**

Para poder transportar la voz sobre una red de datos primero hay que digitalizarla, comprimirla y codificarla (Molina, 2006), puesto que las señales de la voz son analógicas y no poseen el formato necesario para ser tratadas por equipos de datos (Huidobro & Roldan, 2006). Por tanto es necesario implementar algoritmos matemáticos realizados por software, lo cual se les denomina Codec (codificador- decodificador), pero en la actualidad se les atribuye funciones de (compresor- descompresor) (Molina, 2006).

##### **4.3.5.1 Algoritmos de codificación y decodificación de voz (CODECS)**

Para poder transportar la información por un protocolo de audio antes es necesario tratarla por un códec para poder ser añadida en paquetes RTP (Gomez & Gil, 2008).

En la tecnología VoIP existen diferentes modelos de codecs de audio los cuales nos determinan la calidad de voz, ancho de banda necesario y la carga computacional necesaria para poder operar de forma satisfactoria (Molina, 2006).

La función principal de un códec es traducir la señal analógica en una señal digital por medio de algoritmos matemáticos. La elección de un codec depende de la

fidelidad del sonido, no siempre es importante tener un códec que tenga un alto grado de fidelidad, puesto que el oído humano tiene unos límites a partir de los cuales no percibe ninguna mejora en la calidad del sonido, por tanto es importante no seleccionar codecs con demasiada calidad, pero si con el menor consumo de ancho de banda posible siempre y cuando posea un grado de calidad aceptable ante el oído humano, lo que nos va permitir tener un mayor número de comunicaciones VoIP simultaneas (Gomez & Gil, 2008). En la una tabla 2, se muestra los códec más utilizados actualmente y la configuración más equilibrada.

Tabla 2. Características principales de los Codec

<b>Nombre</b>	<b>Bit rate (Kbps)</b>	<b>Audio útil (Bytes)</b>	<b>Ancho estimado (Kbps)</b>	<b>Latencia (ms)</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Calidad general</b>
G.711	64	240	74.6	30	PCM	4.1
G723.1	6.4	24	17	30	Alta compresión manteniendo una buena calidad de sonido	3.8-3.9
G.726	32	80	48	20	ADPCM, sustituye a los codecs G.721,G.723	3.85
<b>Nombre</b>	<b>Bit rate (Kbps)</b>	<b>Audio útil (Bytes)</b>	<b>Ancho estimado (Kbps)</b>	<b>Latencia (ms)</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Calidad general</b>
G.728	16	60	26.6	30	Utiliza code Excited, Linear Prediction (CELP) Para codificar	3.61
G.729	8	20	24	20	Está compuesto por sub códec los cuales son: G.729A, G.729B, G.729AB	3.92
GSM	13.2	33	29.2	20	Usado por la tecnología GSM.	3.8

06.10					Es soportado por una gran cantidad de plataformas hardware y software	
LPC10	2.4	7	16.7	22.5	Linear predictive códec (LPC). La voz suena un poco "robótica".	
Speex	11.2	28	27.2	20	El bitrate es variable y detenta el silencio	
ILBC	15.2	57	25.8	30	Requiere un importante procesamiento del sonido, es muy reciente	4.14

(Gomez & Gil, 2008)

A continuación se definirá cada uno de los campos considerados en la tabla 2.

- Bit Rate

Es el ancho de banda requerido por un solo sentido de la comunicación y suponiendo el uso constante del ancho de banda, pero en la práctica este valor se tendría que multiplicar por dos porque se tiene un doble sentido en la comunicación

- Audio útil (ms)

Es la cantidad de voz útil que representa el total del paquete.

- Ancho de banda Ethernet estimado

Indica el consumo de ancho de banda requerido en una conversación.

- Latencia

Es el tiempo transcurrido entre cada envío de paquetes

- Calidad general

Es la calidad general del códec en el que se califica de 1 a 5 donde 1 es muy malo y 5 es muy bueno.

#### **4.3.6 Descripción técnica de cada uno de los Codec**

##### **4.3.6.1 G.711**

Es un tipo de códec principal perteneciente a la red telefónica pública conmutada y fue estandarizado por la ITU en 1972. Consta de un algoritmo sencillo y no requiere de mucha carga computacional por tanto es la base para todos los demás codec Su frecuencia de muestreo es de 8KHz y se basa en la modulación PCM (Pulse Code Modulation), para comprimir, descomprimir, codificar y decodificar. Tiene dos versiones que son:

- $\mu$ -law: Es implementado en EE.UU y Japón su característica técnica es su codificación cada 14 muestras en palabras de 8 bits
- A-law: Es implementado en Europa y el resto del mundo, su característica técnica es su codificación cada 13 muestras en palabras de 8 bits

Estas dos versiones requieren un ancho de banda de 64Kbps (Molina, 2006)

##### **4.3.6.2 G.726**

El G.726 también conocido como ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) es un estándar perteneciente a la ITU, el cual sustituyo al estándar G.721 en 1990. Este códec se caracteriza por trabajar a velocidades de 16 Kbps, 24 Kbps, 32Kbps; también por su bajo consumo de ancho de banda (Molina, 2006).

##### **4.3.6.3 G.723.1**

Para aplicaciones comerciales es necesario adquirir su licencia, es estandarizado por la ITU en 1995 y opera a velocidades de 6.3Kbps o 5.3Kbps (Molina, 2006).

#### **4.3.6.4 G.729A**

A pesar de que fue desarrollado por France Telecom, Mitsubishi Electric Corporation, Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT) y la universidad de Sherbroke. Actualmente pertenece a la empresa SIPRO. Este códec requiere de un ancho de banda de 8 Kbps y una carga computacional elevada para poder ejecutar su algoritmo (Molina, 2006)

#### **4.3.6.5 GSM**

No requiere el pago de licencia y su velocidad de operación es de 13Kbps y requiere de una carga computacional aceptable para la ejecución de su algoritmo (Molina, 2006).

#### **4.3.6.6 iLBC**

Es un algoritmo libre desarrollado por Global IP Sound (GIPS), ofrece una buena relación de ancho de banda-calidad de voz y su velocidad de operación es de 13.3Kbps y 15.2Kbps, pero utiliza una carga computacional elevada. En la actualidad es implementado por Skype, Google y Talk (Molina, 2006).

#### **4.3.6.7 Speex**

Opera bajo condiciones flexibles; donde su velocidad y ancho de banda pueden variar dependiendo de las condiciones actuales de la red, el ancho de banda puede variar desde 2.5Kbps a 22.4Kbps (Molina, 2006)

#### **4.3.7 UMTS**

Es una tecnología de 3G (tercera generación), para telefonía móvil, las bandas de frecuencias en las que opera UMTS, en el estándar original está en el rango de frecuencias de 1885MHz a 2025MHz para la comunicación de móvil a estación base (uplink o enlace de subida), y el rango de frecuencias de 2110 MHz a 2200MHz para la comunicación de estación base a móvil (downlink o enlace de bajada), cabe destacar que estas frecuencias varían dependiendo del país.

Con el desarrollo de esta tecnología EFR dio paso a un códec de ratio variable llamado AMR- Narrowband, el cual tiene una calidad alta y es robusto contra interferencias.

UMTS alcanza hasta 14Mbps en la transferencia de datos, por tanto permite la ejecución de aplicaciones y la realización de acciones con las terminales móviles que antes no eran posibles.

El proyecto 3GPP (Long Term Evolution) planea que UMTS pueda alcanzar velocidades de bajada de hasta 100Mbps y de subida de hasta 50Mbps en la tecnología para móviles de cuarta generación 4G. Las redes UMTS son utilizadas actualmente para acceder a internet (Gomez & Gil, 2008).

#### **4.3.8 Terminales**

Los terminales VoIP son dispositivos basados en tecnología implementada de forma de hardware o software, los cuales le permiten al abonado poder establecer una conexión con la central telefónica VoIP para entablar una conversación con otro abonado. A continuación definiremos los posibles dispositivos que nos permitirán una conexión con la central telefónica VoIP.

##### **4.3.8.1 Teléfono IP**

Los teléfonos IP comparten algunas características de los teléfonos convencionales, el teléfono IP cuenta con un puerto RJ45 o puerto Ethernet, que le permitirá conectarse a la red para poder establecer comunicación con otros teléfonos IP, proxys o enrutadores de VoIP, en la actualidad existen diversos modelos y fabricantes de teléfonos IP cada uno con características diferentes, unos más avanzados que otros pero siempre con algo en común que es permitirle al usuario realizar llamadas telefónicas por medio de la red de datos.

##### **4.3.8.2 Gateway y adaptadores analógicos.**

Un adaptador telefónico análogo (ATA, Analog Telephone Adaptor), tiene como función convertir las señales analógicas (la voz) a señales digitales para poder ser adaptadas al protocolo VoIP y así mismo convertir las señales digitales a señales analógicas para poder ser conectadas a teléfonos o faxes convencionales.

Un ATA se puede implementar en la central telefónica VoIP como un terminal físico disponible al usuario donde este solo tendrá que conectarlo a internet y alimentarlo con corriente para así poder conectar un teléfono convencional y poder hacer uso de las ventajas que nos ofrece la tecnología VoIP (Gomez & Gil, 2008).

#### **4.3.8.3 Softphone**

Son teléfonos virtuales implementados por software, su ejecución es por medio de un computador y su principal ventaja es que no son costosos en algunos casos son gratuitos. Estos teléfonos permiten realizar llamadas por medio de un computador, permitiendo así minimizar costes a la hora de implementar teléfonos hardware; el softphone va registrado con datos de la central telefónica VoIP, como lo es su proxy y un nombre de usuario y contraseña que es asignado esta. (Gomez & Gil, 2008)

#### **4.3.8.4 Celular**

Un celular es un dispositivo inalámbrico que permite la comunicación por medio de ondas electromagnéticas. En la actualidad el celular se ha convertido en un dispositivo indispensable para el ser humano en todos sus campos, a nivel laboral, familiar y académico. Debido a la evolución y aceptación que ha tenido hasta entonces, se decide implementar una nueva tecnología llamada VoIP sobre este sofisticado invento, aprovechando algunas funciones de valor agregado con las que cuenta actualmente como lo es su conexión a internet de manera eficiente. Se decide utilizarlo como terminal VoIP de una central telefónica VoIP.

### **4.4 ESTADO DEL ARTE**

La tecnología VoIP ha tenido una aceptación a nivel mundial tan grande que la mayoría de empresas y hogares han tomado la decisión de realizar llamadas telefónicas, no por la telefonía convencional PSTN (red telefónica pública conmutada) si no implementado la tecnología VoIP (Huidoro & Roldan, 2006), por sus diferentes ventajas, como lo es reducción de costos, control diario y otras más que la hacen superior a la red telefónica pública conmutada. En la actualidad existen varios operadores telefónicos VoIP como lo son: Cellvoz, Net2Phone, Peoplecall, Skype, Red2Net y otros más a nivel internacional, cada uno de estos ofrece una serie de ventajas que cubren con las necesidades del abonado.

Debido al éxito que ha tenido VOIP a nivel mundial se ha convertido en tema de investigación no solo en universidades sino también en empresas, por tanto se mencionara algunas de las investigaciones más recientes.

La facultad de ingeniería electrónica de la universidad JAVERIANA cuenta con investigaciones enfocadas hacia VoIP; entre ellas tenemos la tesis de grado "Herramienta de estimación de la calidad de servicio para la planeación y diseño de redes con servicio VoIP con base en el E-MODEL de la UIT.T" Debido a los problemas que pueden presentar una red IP. Como pérdida de paquetes, retardos

con esta investigación se creó una herramienta en software, que apoya a los administradores de red en la etapa de planeación de redes, con el fin de obtener sistemas de mejor aceptación y que puedan garantizar una aceptable calidad de servicio en redes VoIP ( Quintero Atara & Ricaurte Ortega, 2008)

La tecnología VoIP por ser un tema global también ha sido tema de investigación a nivel internacional, la facultad de telecomunicaciones de la universidad Politécnica de catalunya desarrolla estudios de grado como lo es la tesis “Implementación de servicios VoIP sobre Asterisk” Que tiene como idea principal la implementación de una centralita privada de telefonía .Asterisk, con servicios como fax, operadora virtual, voicemail, desvío de llamada, música de espera y terminales basadas en softphones. Además crea una aplicación en java la cual permite obtener los datos y mostrarlos al usuario vía web (Molina, 2006)

La UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) y la industria se están preparando para lanzar la próxima evolución de UMTS a través de optimizaciones a 3GPP, tales como HSDPA ( high Speed Downlink Packet Access) e IMS(IP Multimedia Subsystem). Además, se encuentra en marcha un esfuerzo evolutivo para el largo plazo en el proyecto de Asociación para la tercera generación (3gpp) que se centra en garantizar que UMTS permanezca siendo una tecnología de acceso por radio basada en paquetes altamente competitiva más allá del año 2010, Esto quiere decir que la tecnología VoIP muy pronto se podrá utilizar mediante celulares (Huidoro & Roldan, 2006)

Actualmente Asterisk ofrece un módulo llamado Chan\_Mobile que permite la implementación de celulares como terminales de una centralita telefónica Asterisk, por medio de la tecnología bluetooth; este módulo utiliza un canal de comunicación bluetooth, para la conexión entre la centralita y el abonado. (Digium, 2009).

#### **4.5 LIMITACIONES Y ALCANCES**

El proyecto consiste en la construcción de una centralita telefónica VoIP, basada en el software libre Asterisk para terminales celulares con conectividad a internet, donde el número de terminales se establecerá por la capacidad del servidor definida en la etapa de diseño. Para poder utilizar esta tecnología en el celular, se implementara el protocolo SIP.

Los dispositivos que se implementaran como terminales de la centralita telefónica VoIP son celulares y softphone. Estos deberán soportar el protocolo SIP. Para los celulares que no tengan integrado el protocolo SIP, se implementara el software Fring, el cual es de licencia gratuita y permite realizar llamas VoIP.

La calidad de la comunicación entre terminal y centralita dependerá de la calidad de la red con la cual el abonado tenga conectividad a internet. El principal servicio que prestara la centralita telefónica VoIP es poder llamar y recibir llamadas a usuarios inscritos a la centralita telefónica VoIP por medio de una conexión a internet.

Cabe destacar que para poder establecer comunicación entre la centralita telefónica VoIP y las terminales es necesario tener una IP fija en la red de la centralita telefónica VoIP.

Se implementara la distribución de Asterisk sobre el sistema operativo Ubuntu, en la parte inicial del proyecto, para familiarizarnos con el software. Puesto que el sistema operativo Ubuntu, para su funcionamiento cuenta con interfaz gráfica. Por último se implementara la distribución Trixbox, la cual hace integración del software Asterisk y otros. Los cuales sirven de complemento para una centralita telefónica VoIP. EL motivo por el cual se implementó esta distribución fue por su simplicidad y por su gran aceptación no solo a nivel académico si no también empresarial.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto estudia los parámetros de configuración y diseño de la centralita telefónica VoIP. Para permitirle al abonado poder realizar y recibir llamadas entre abonados suscritos a esta, se implementa el software Asterisk. Encargado de realizar la simulación de una PBX convencional, para establecer la conexión entre los abonados, con ayuda del protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesión) encargado de la inicialización de la llamada. El desarrollo del proyecto se efectuó mediante el método de investigación aplicada, donde se inició de una investigación teórica para llegar a la implementación práctica. El proyecto está fraccionado en tres fases: fase inicial, fase de selección y fase final.

Fase inicial: es en la cual se realizó una investigación conceptual y teórica de la tecnología VoIP con la cual se trabajó durante el desarrollo del proyecto. Se abarcaron temas como arquitectura VoIP, protocolos de comunicación, audio, y su funcionamiento.

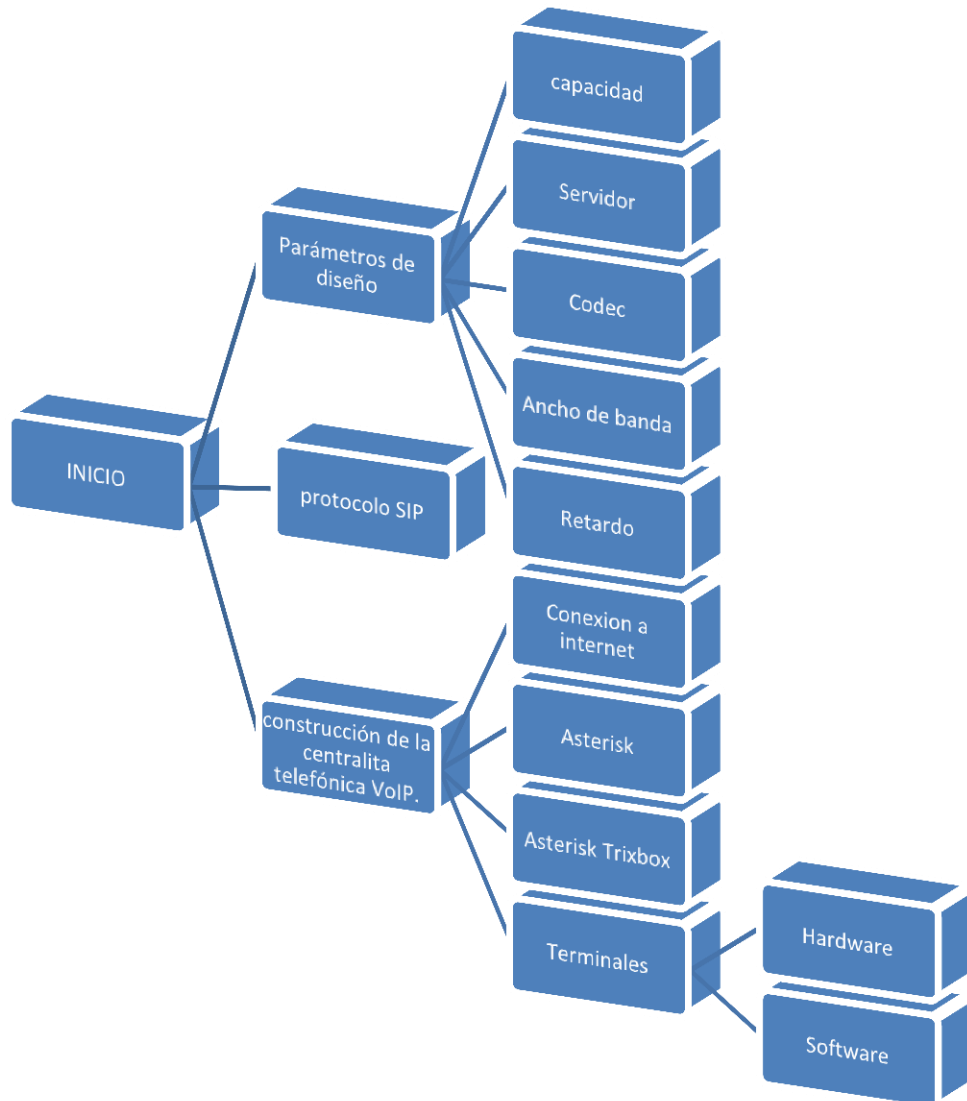
En la fase de selección se escogió el software y los terminales implementados en la centralita telefónica VoIP. Después de la selección de estos se identificaron las necesidades y características de la centralita telefónica VoIP, por tanto, se aprobó la selección de la versión de cada terminal y software con el cual se trabajó.

En la fase final se empleó la investigación elaborada en las fases anteriores para poder construir la centralita telefónica VoIP. Durante esta fase se procedió a la configuración de los terminales, los cuales se utilizaron para establecer la comunicación con la centralita telefónica VoIP. Los terminales implementados fueron: un celular Nokia E71, Htc google, un ata y un Softphone que se instaló en un computador. A través de esta fase se estableció la forma de marcación, el número de extensiones y todos los parámetros necesarios para poder establecer comunicación entre la central y otras terminales. Finalmente se concluye con la implementación de una centralita telefónica VoIP basada en el software Asterisk, para terminaciones móviles celulares con conectividad a internet.

## 6. DESARROLLO

Este capítulo se divide en 3 subcapítulos que describen el desarrollo de los objetivos planteados. Los subcapítulos a tratar son: Parámetros de configuración y diseño de la centralita telefónica VoIP, protocolo SIP (Protocolo de Inicialización de Sesión) y por último la construcción de la centralita telefónica VoIP. La anterior estructura se visualiza en la figura 4.

Figura 4. Estructura de desarrollo



Hecha en Microsoft Visio 2007

## 6.1 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN Y DISEÑO DE LA CENTRALITA TELEFÓNICA VOIP.

### 6.1.1 Capacidad

La capacidad de Asterisk no está en el número de abonados si no en el número de llamadas que pueda soportar simultáneamente. Por tanto, se necesita tener un número de canales adecuado para poder ofrecer un servicio satisfactorio (Meggelen, Madsen, & Smith, 2007).

Tabla 3. Capacidad del servidor según el número de canales.

Propósito	Número de canales	Recomendaciones Mínimas
Hobby	No más de 5	400 MHz x86, 256 MB RAM
Sistema para pequeños oficinas	De 5 a 10	1 GHz x86, 512 MB RAM
Sistemas para pequeñas empresas	Hasta 25	3 GHz x86, 1 GB RAM
Sistema para para empresas medianas y grandes	Más de 25	CPU DUAL (múltiples servidores en un entorno distribuido)

(Meggelen, Madsen, & Smith, 2007)

Exceder las recomendaciones de la tabla 3, podría presentar inconvenientes en la comunicación y estos se manifestarán con problemas de audio, eco y problemas de rendimiento de la CPU, etc.

Por tanto se diseñara el prototipo de una centralita telefónica VoIP con una capacidad de 5 a 10 llamadas simultáneas, debido a la capacidad del servidor utilizado.

### 6.1.2 Servidor

Para seleccionar el hardware requerido para la instalación de Asterisk se requiere tener en cuenta los siguientes factores:

- Número máximo de conexiones simultáneas, donde cada conexión incrementa la carga de trabajo del sistema.
- El procesamiento digital de las señales que realizará el software Asterisk, ya que tiene un impacto notorio en el número de llamadas simultáneas.
- Cancelación de eco, se requiere de una función matemática y el sistema estará en capacidad de realizarlo, aumentando así la carga de la CPU.
- Ejecución simultánea de procesos en el sistema (Meggelen, Madsen, & Smith, 2007).

Estos factores dependen de diferentes variables como la potencia de la CPU, la board, la carga de tráfico total en el sistema, el sistema operativo (Linux), tráfico de la red. Dado que es difícil saber el impacto exacto que produce cada uno de estos factores en el rendimiento de la CPU, se estima un impacto general (Meggelen, Madsen, & Smith, 2007).

El servidor es el encargado de alojar el software Asterisk y administrar el enrutamiento de las llamadas realizadas por los usuarios, donde cada llamada obligatoriamente pasa primero por el servidor antes de llegar a su destino final. La capacidad del servidor permite establecer el número de llamadas simultáneas que puede soportar la centralita y no el número de abonados. A continuación se especifican las características del servidor utilizado:

- Sistema operativo: Ubuntu 9.4 y CentOS 4.4
- Torre: Gateway
- Disco duro: 40 GB
- RAM: 1GB (4 DIMM DDR 256 MB)
- Procesador: Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.80GHz

### **6.1.2.1 Ubuntu 9.4**

Ubuntu es el sistema operativo, basado en el núcleo Linux el cual es de código abierto y con licencia GNU. Se escogió Ubuntu por su interfaz gráfica tanto en la instalación como en su aplicación, la cual facilita el manejo del sistema operativo (Ubuntu, 2010).

Linux está diseñado para realizar varios procesos y distribuye sus recursos de manera equitativa, pero el problema surge cuando se ejecuta un software tan robusto como Asterisk que necesita de una gran capacidad de respuesta del sistema. Para esto se debe asignar una prioridad hacia el software Asterisk y habilitar los servicios, que este requiere, durante su instalación.

### **6.1.2.2 CentOS 4.4**

CentOS es una distribución de Linux de clase empresarial. Se ajusta plenamente a la política de redistribución del proveedor original y es 100% compatible a nivel binario. CentOS tiene numerosas ventajas respecto a otras distribuciones, como su comunidad de usuarios. Dispuesta a colaborar, mejorar y apoyar el crecimiento de CentOS (CentOS, 2009). Se implementó la distribución CentOS por ser el sistema operativo base para Trixbox.

### **6.1.3 Codec**

Un códec (codificador/decodificador) es un proceso matemático que define como una onda analógica se puede digitalizar (Gomez & Gil, 2008); en la actualidad se encuentran códecs diferenciados por su nivel de compresión y calidad ofrecida. Estas características dependen del ancho de banda de la red y el procesador de la CPU; entre mayor sea el ancho de banda, menor es la carga para el procesador o entre menor ancho de banda, mayor es la carga del procesador. Lo ideal es lograr un equilibrio entre diferentes ancho de banda y procesador.

Los parámetros utilizados para la selección del códec empleado, para codificar los paquetes de voz, son:

- **Complejidad:** es una medida de la cantidad de la CPU necesaria para procesar el algoritmo de codificación y el número de canales que puede soportar.
- **Compresión:** dentro de las funciones del códec está la compresión de la señal de voz para poder reducir la cantidad de ancho de banda a la hora de transmitir por la red los paquetes.

- Calidad de la voz: cada Códec tiene un factor de calidad de voz característico a los demás, por tanto, a mayor tasa de compresión, menor calidad.
- Retardo: Es el tiempo que necesita el Códec para codificar y comprimir la señal.

Es de aclarar que los paquetes generados por el códec no son transmitidos directamente por la red, porque cada protocolo empleado añade información a la cabecera. Estos bits de control añadidos por los protocolos consumen ancho de banda, el cual también se debe tener en cuenta.

En un paquete genérico es posible distinguir la información de control de la cabecera. Esta se puede determinar por el tiempo de generación de cada paquete de voz (Para este caso es de 20 ms), y por la velocidad característica del códec. El retardo del datagrama indica cada cuanto tiempo se lleva a cabo este proceso, es decir, cada cuanto se codifica una muestra. En la ecuación 1, se define el tamaño de la carga útil, por medio de los parámetros mencionados anteriormente.

Ecuación 1. Carga útil

$$Carga\ Util\ (bytes) = \frac{velocidad\ del\ codec(bps) * Retardo\ del\ datagrama(ms)}{8\ bits/byte * 1000ms/s}$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

En la tabla 4, se establecen las características del Códec G729 implementado en la centralita telefónica VoIP. El cual cuenta con una velocidad de 8 Kbps y un tiempo entre paquetes o latencia de 20ms. Donde el tamaño de carga útil o Audio útil es de 20 bytes.

Tabla 4. Características del códec G.729

Nombre	Bit rate (Kbps)	Audio útil (Bytes)	Ancho estimado (Kbps)	Latencia (ms)	Observaciones	Calidad general
G.729	8	20	24	20	Está compuesto por sub codecs los cuales son: G.729A, G.729B, G.729AB	3.92

(Huidoro & Roldan, 2006)

$$Carga\ Util\ (bytes) = \frac{8K(bps) * 20(ms)}{8\ bits/byte * 1000ms/s}$$

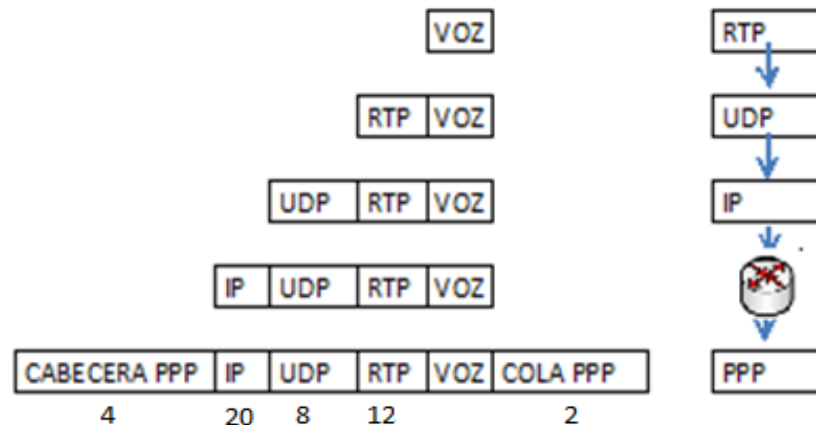
$$Carga\ Util\ (bytes) = \frac{160K(bps)(ms)}{8K\ bits/byte\ ms/s}$$

$$Carga\ Util(bytes) = \frac{160K(bps)(ms)}{8K\ \frac{bits\ ms}{bytes}}$$

$$Carga\ Util\ (bytes) = 20\ bytes$$

La sobre carga queda definida por la pila de protocolos implementados, tal como se observa en la figura 5. Donde el flujo de bits generado por el Códec se encapsula en segmentos UDP, estos en paquetes IP, y por último en la trama ppp para su trasmisión por el enlace punto a punto. En el peor caso, la sobre carga será de 46 bytes y la trama completa será de 66bytes de longitud:

Figura 5. Sobre carga introducida por los protocolos



(Huidoro & Roldan, 2006)

En la ecuación 2, se establece el tamaño de sobre carga agregado al tamaño de carga útil de la comunicación. Por medio de la sumatoria del tamaño de cada protocolo implementado. Y en la ecuación 3, se establece el tamaño de la trama completa a enviar por la red.

Ecuación 2. Longitud de sobre carga.

$$\text{Sobre Carga} = 4\text{byte} + 20\text{byte} + 8\text{byte} + 12\text{byte} + 2\text{byte}$$

$$\text{sobre carga} = 46\text{bytes}$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

Ecuación 3. Longitud de trama completa.

$$\begin{aligned} \text{Trama Completa} &= \text{Sobre Carga} + \text{Carga Útil} \\ \text{Trama Completa} &= 46\text{bytes} + 20\text{bytes} \\ \text{Trama Completa} &= 66\text{bytes} \end{aligned}$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

Cada llamada en la centralita requiere de dos flujos RTP, uno para cada sentido de la comunicación.

#### 6.1.4 Ancho de Banda

El ancho de banda estimado por llamada se define mediante la ecuación 4. Donde el retardo del datagrama es el retardo del códec G729, ósea 20(ms), y el tamaño del marco es el tamaño de la sobre carga el cual es de 46 bytes más el tamaño de carga útil el cual es de 20 bytes para un total de 66bytes de longitud de marco. El motivo por el cual se multiplica por dos, es porque cada llamada en la centralita requiere de dos flujos RTP, uno para cada sentido de la comunicación.

Ecuación 4. Ancho de banda para cada llamada.

$$BW(Kbps) = 2 * \frac{\text{tamaño del marco(bytes)} * 8^{bits}/\text{byte}}{\text{Retardo del datagrama(ms)}}$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

$$\begin{aligned} BW(Kbps) &= 2 * \frac{66(\text{bytes}) * 8^{bits}/\text{byte}}{20(\text{ms})} \\ BW(Kbps) &= 52.8Kbps \end{aligned}$$

Por tanto el ancho de banda estimado para cada canal entre el terminal y la centralita es de 52.8Kbps.

El ancho de banda necesario para la red de la centralita VoIP, se estima en la ecuación 5. Multiplicando el ancho de banda por canal por el número de llamadas simultáneas permitido en la centralita. Para el caso se implementaran 5 llamadas simultáneas

Ecuación 5. Ancho de banda de la centralita telefónica VoIP.

$$BW_{centralita}(Kbps) = \text{Numero de abonados total} * \text{Ancho de banda por canal}$$

$$BW_{centralita}(Kbps) = \text{Numero de abonados total} * BW(Kbps)$$

$$BW_{centralita}(Kbps) = 5 * 52.8Kbps$$

$$BW_{centralita}(Kbps) = 264Kbps$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

El ancho de banda necesario en la centralita VoIP, para soportar 5 abonados es de 264Kbps.

Los parámetros estimados para la centralita telefónica VoIP y los terminales, son evaluados para terminales móviles y terminales fijos.

El ancho de banda necesario en la red de conexión móvil, para un terminal móvil (celular) es determinado por la ecuación 6:

Ecuación 6. Ancho de banda para terminales celulares.

$$BW_{Terminal\ celular}(Kbps) = 1 * 52.8Kbps$$

$$BW_{Terminal\ celular}(Kbps) = 52.8Kbps$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

Mientras que para una red LAN con terminales fijos, hay que tener en cuenta el número de terminales conectados a la red y multiplicarlo por el ancho de banda necesario por abonado el cual es de 52.8Kbps, como se observa en la ecuación 7.

Ecuación 7. Ancho de banda para terminales fijos.

$$BW_{Terminales\ fijos}(Kbps) = \text{numero de abonados fijos} * 52.8Kbps$$

(Huidoro & Roldan, 2006)

### 6.1.5 Retardo

El retardo de los paquetes influye en la calidad de la voz, por tanto la ITU-T establece la recomendación G.114, la cual establece un rango de tiempo estimado para una calidad aceptable, el cual está desde 150ms a 200ms (Huidoro & Roldan, 2006).

Para calcular el retardo total, hay que sumar todos los retardos por los cuales se someten los paquetes, y este debe estar dentro del rango sugerido por la ITU-T.

Los retardos de codificación–decodificación y empaquetamiento-desempaquetamiento, son características del códec G.729 y están definidos en la tabla 5

Tabla 5. Retardos de Codec

Codec	Velocidad por defecto	Tiempo entre paquetes	Retardo de paquetización	Retardo por defecto del buffer de jitter	Mos teórico máximo
G.711u	64Kbps	20ms	1.5ms	2 Datagramas(40ms)	4.4
G.711a	64Kbps	20ms	1.5ms	2 Datagramas(40ms)	4.4
G.729	8Kbps	20ms	15.0ms	2 Datagramas(40ms)	4.1
G.723.1 MPMLQ	6.3 Kbps	30ms	37.5ms	2 Datagramas(40ms)	3.9
G.723.1 ACELP	5.3 Kbps	30ms	32.5ms	2 Datagramas(40ms)	3.7

(Huidoro & Roldan, 2006)

Tabla 6. Calculo de retardo

Concepto	Valor
Codificación	20ms
Empaquetamiento	1.5ms
Supresión de jitter	40ms
TOTAL	61.5ms

(Huidoro & Roldan, 2006)

Para obtener el retardo total, se suman los retardos de codificación, empaquetamiento y supresión de jitter el cual es estimado para dos muestras de voz, tal como se observa en la tabla 6. Para un total de 61.5ms de retardo, el cual está dentro de los límites establecidos por la ITU-T, la cual aconseja que el retardo de los paquetes sea inferior a 200ms (Huidoro & Roldan, 2006).

## **6.2 PROTOCOLO SIP**

SIP (Protocolo de Inicialización de Sesión), es un protocolo de señalización a nivel de aplicación encargado de la inicialización, modificación y terminación de sesiones multimedia como lo son (mensajería, video, audio y conferencias), para este proyecto se implementa solo la sesión de audio.

EL protocolo SIP es similar a http, porque es basado en texto y es similar a SMTP por la forma en que especifica las direcciones. En la central telefónica VoIP es de gran utilidad porque nos permite el direccionamiento de nuestros abonados (Gomez & Gil, 2008).

### **6.2.1 Características del protocolo SIP**

El motivo por el cual se escogió el protocolo SIP como protocolo de señalización, es por sus múltiples características, las cuales lo hace recomendable para la implementación en la centralita telefónica VoIP. A continuación se definirán cada una de las características (Gomez & Gil, 2008).

#### **6.2.1.1 Localización del abonado**

Por medio del protocolo SIP, es posible conocer en todo momento la ubicación de cada uno de los abonados. Brindando así, el beneficio de la movilidad total para cada abonado (Gomez & Gil, 2008).

#### **6.2.1.2 Negociación de los parámetros**

Para establecer la comunicación entre abonados el protocolo SIP permite la negociación de parámetros como:

- Puertos para el tráfico SIP
- Puertos para el tráfico Media
- Direcciones IP para el tráfico Media
- Codec.

### **6.2.1.3 Disponibilidad del usuario**

El protocolo SIP, le permite saber a la centralita telefónica VoIP el estado de cada uno de los abonados, con el fin de saber si está disponible o no, para establecer una comunicación (Gomez & Gil, 2008).

### **6.2.1.4 Gestión de la comunicación**

Gracias al protocolo SIP, es posible la modificación, transferencia y finalización de las sesiones activas, informando así el estado de cada una de estas sesiones activas (Gomez & Gil, 2008).

## **6.2.2 Direcciones SIP**

Las direcciones SIP identifican a un abonado de un determinado dominio, también son conocidas como URL (Uniform Resource Identifier). La estructura de una URL es de la siguiente manera:

- Sip:usuario@dominio[:ports]
- Sip:usuario@direccionIP[:ports]

Donde el dominio representa el nombre del proxy SIP, el cual traduce a la dirección IP de la centralita. El puerto por defecto para SIP es 5060, aunque no es el único, hay otros que cumplen con las mismas especificaciones requeridas (Gomez & Gil, 2008).

## **6.2.3 Elementos de comunicación SIP**

Para que la señalización SIP, pueda llevarse a cabo, es necesario hacer uso de varios elementos intermediarios donde cada uno cumple con una función específica importante durante la comunicación. Los elementos de la comunicación son:

### **6.2.3.1 Agentes de usuario (User Agent)**

Este tipo de agentes son los encargados de manejar la señalización SIP, durante el desarrollo de la central telefónica VoIP los llamaremos de forma abreviada (UA) estos agentes esta compuestos por dos grupos:

- User agent client (UAC)

Es un componente el cual realiza peticiones SIP y acepta respuestas SIP provenientes de UAS, ejemplo, teléfono VoIP, ATA, Softphone, etc. por que realiza peticiones SIP.

- User agent server (UAS)

Es el responsable de aceptar las peticiones SIP realizadas por el UAC y enviar a este la respuesta pertinente, ejemplo, teléfono VoIP ya que también tiene la función de aceptar las peticiones para el inicio de la comunicación enviadas por otro teléfono (UAC.), también un servidor SIP o proxy es un ejemplo de UAS. (Gomez & Gil, 2008)

### 6.2.3.2 Intermediarios

Son los encargados de establecer la comunicación entre UA (User Agent) o centrales diferentes por medio de un servidor proxy (Gomez & Gil, 2008).

- Servidor proxy

Tiene como función reenviar las peticiones SIP de UAC hacia UAS destino final, para poder encaminar la respuesta del AUS destino hacia AUC origen. En la central telefónica VoIP se encarga de reconocer el usuario origen y preguntarle con que usuario desea comunicarse, luego de saber con quién desea comunicarse procede a enviarle la solicitud al usuario final para así poder entablar la conversación (Gomez & Gil, 2008).

### 6.2.4 Peticiones SIP

Las peticiones SIP son los mensajes internos que interactúan entre la central telefónica el usuario origen y el usuario destino durante la comunicación SIP. Los mensajes SIP se definen a continuación en la tabla 7:

Tabla 7. Peticiones SIP

Petition SIP	Descripción
Invite	Un UAC envía peticiones Register aun servidor de registro-localización para informar de la posición actual en la que se encuentra en un momento determinado.

<b>Petition SIP</b>	<b>Descripción</b>
ACK	Esta petición la envía el abonado origen el cual envió la petición (invite), hacia el usuario destino, para notificarle que recibió la respuesta ante la invitación que le hizo y de esta forma poder establecer la conversación.
BYE	Finalice la conexión.
Cancel	Es la encargada de cancelar una petición hecha por un abonado origen a un abonado destino. Por ejemplo si un abonado desea llamar a otro simplemente le envía la invitación (invite), si la invitación esta en progreso y el abonado destino no ha contestado pero el abonado origen desea finalizar la petición simplemente envía la petición (cancel), la cual se diferencia con la petición (Bye) en que esta es para llamadas establecidas.
Options	Consulta a un agente de usuario acerca de sus capacidades, ejemplo; códec.
Register	Empleado por los abonados para registrar su dirección actual.

(Gomez & Gil, 2008)

### **6.2.5 Respuestas SIP**

Para cada petición SIP existe una respuesta diferente, las cuales esta denominadas por un código identificador que va desde 100 hasta 699, siendo agrupadas en 6 conjuntos de respuesta de la forma (1xx, 2xx, 3xx, 4xx, 5xx, 6xx). A continuación se define cada uno de los grupos de respuestas SIP, por medio de la tabla 8.

Tabla 8. Significado general de respuestas SIP

<b>Conjunto</b>	<b>Descripción</b>
1xx	Indica el estado temporal de la comunicación, ejemplo; cuando una llamada esta en progreso y no tiene respuesta.
2xx	Informar el éxito de una petición SIP, ejemplo; cuando una UAC origen envía una petición y un AUC destino la acepta y establecen una conversación de forma exitosa, la respuesta SIP será OK
3xx	Informa si la petición SIP ha de ser enviada a otra AUC, ejemplo; un usuario desea iniciar una conversación con un abonado que está suscrito a otra central telefónica distinta, donde primero se comunicara con la central telefónica donde el usuario origen está suscrito para que esta proceda a enviar la invitación a la otra central telefónica para que se pueda establecer conexión con el usuario destino
4xx	Errores en el cliente SIP
5xx	Errores en el servidor SIP
6xx	Informa de errores generales

(Gomez & Gil, 2008)

En la tabla 9, se definen las posibles respuestas de cada uno de los 6 grupos mencionados en la tabla 8.

Tabla 9. Significado específico de respuestas SIP

<b>TIPO DE RESPUESTA</b>	<b>IDENTIFICADOR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
Informan del estado provisional de la comunicación	100	Trying- Intentando
	180	Rining- Sonando
	181	Call Being Forwarded- Llamada está siendo transferida

Informan del estado provisional de la comunicación	182	Call Queued- Encolada
	183	Session progress- Llamada en progreso
Informa del éxito de la comunicación	200	OK- ok
	201	Accepted- Aceptada
Informa del reenvío necesario de la petición SIP	300	Multiple Choices- Múltiples opciones
	301	Moved Permanently-Movido permanente
	302	Moved Temporarily- Movido temporalmente
	305	Use proxy- Usar proxy
	380	Alternative service- Servicio alternativo
Informan de errores del cliente	400	Petición Bad Request- Mala petición
	401	Unauthorized- No autorizado
	402	Payment Required- Se requiere pago
	403	Forbidden- Prohibido
	404	Not found- No encontrado
	405	Method not allowed- Metodo no permitido
	406	Not acceptable- No es aceptable

Informan de errores del cliente	407	Proxy Authentication Required- Se requiere autenticación
	408	Request timeout- Tiempo agotado para la petición
	410	Gone- Se ha marchado
	413	Request entity too large- Petición demasiado grande.
	414	Request URI too long- URI demasiado larga
	415	Unsupported media type- Tipo de media no soportado.
	416	Unsupported URI scheme- Esquema URI no soportado.
	420	Bad extensión- Extensión incorrecta
	421	Extension required- se requiere extensión
	423	Interval too brief- Intervalo demasiado corto.
	480	Temporarily unavailable- No disponible temporalmente.
	481	Call/Transaction does not exist- No existe la llamada/Transacción
	482	Loop detected- Circulo vicioso detectado.
	483	Too many hops- Demasiados hops.

Informan de errores del cliente	484	Addres incomplete- Dirección incompleta
	485	Ambiguous- Ambiguo
	486	Busy here- ocupado
	487	Request terminated- Petición terminada
	488	Not acceptable here- No es aceptable aqui
	491	Request pending- Petición pendiente.
	493	Undecipherable- Indescifrable.
Informan errores del servidor	500	Server internal error- Error interno del servidor.
	501	Not implemented- No implementado
	502	Bad Gateway- Gateway incorrecto
	503	Service unavailable- Servicio no disponible.
	504	Server time-out- Tiempo agotado en el servidor
	505	Version not supported- Versión no soportada
	513	Message too large- Mensaje demasiado largo

Informan de errores generales	600	Busy every where- Ocupado en todos sitios
	603	Declined- Rechazado
	604	Does not exist any where- No existe en ningún sitio
	606	Not acceptable- No aceptable

(Gomez & Gil, 2008)

### 6.2.6 Descripción de mensajes SIP

En la descripción del mensaje conoceremos el contenido de cada uno de los mensajes SIP con los cuales se interactúan, a continuación se mostrara la tabla 10, en la cual se mencionan cada uno de los diferentes campos de la cabecera SIP, junto con su descripción.

Tabla 10. Mensajes SIP

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Vía	Almacena cada uno de los elementos por los que pasa la petición. Almacenar el camino que recorre la petición desde el origen hasta el destino le es muy útil para las respuestas porque estas solo tienen que recorrer este camino de manera inversa.
Max-Forwards	Número máximo de saltos permitidos a la petición para llegar a su destino, por cada salto el valor máximo será decrementado una unidad.
From	Se indica la entidad origen que envió la petición SIP, se especifica mediante una URL.
To	Hace referencia hacia la URL destino de la petición

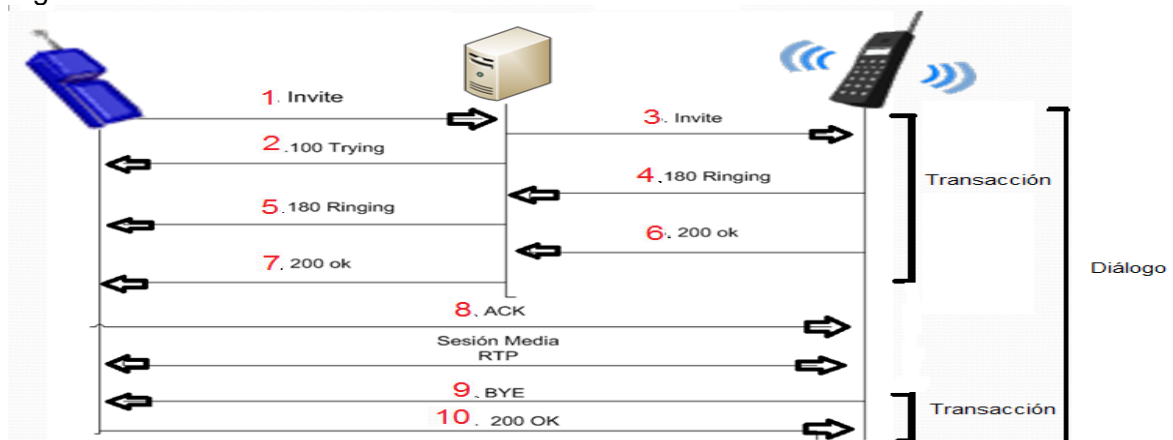
Call-ID	Identificador único global que se forma mediante una combinación de una cadena aleatoria.
Campo	Descripción
Cseq	Contador de peticiones que se incrementa cada vez que se realice una durante un mismo dialogo.
Contact	En el se indica la SIP de forma usuario@direcciónIP[:puerto], o usuario@dominio[:puerto], que representa la dirección de contacto directo con el emisor de la petición, para que las peticiones sean enviadas directamente al origen y no tengan que pasar por el servidor .
Content-type	Tipo del cuerpo del mensaje, ejemplo, “application/SDP”, esto es el protocolo multimedia SDP
Content- length	Tamaño del cuerpo del mensaje

(Gomez & Gil, 2008)

### 6.2.7 Estructura

La estructura de la sesión SIP, se encuentra definida en la figura 6, la cual describe el proceso de sesión SIP necesario para establecer una llamada VoIP entre dos abonados. En esta figura se observa el orden de los mensajes SIP.

Figura 6. Estructura de sesión SIP



(Gomez & Gil, 2008)

### 6.2.7.1 Transacción

Una transacción se lleva a cabo entre un UAC y un UAS. Comprende los mensajes desde la primera petición (invite) hasta la última respuesta asociada a esta (no se toman como respuesta válida para finalizar la transacción las respuestas de tipo 1xx). Si la petición (invite) y la última respuesta no es de tipo 2xx, la transacción incluye el (ACK) como parte de esta. Si por el contrario la respuesta es de tipo 2xx, el mensaje (ACK) no se incluye en la transacción (Gomez & Gil, 2008)

### 6.2.7.2 Diálogo

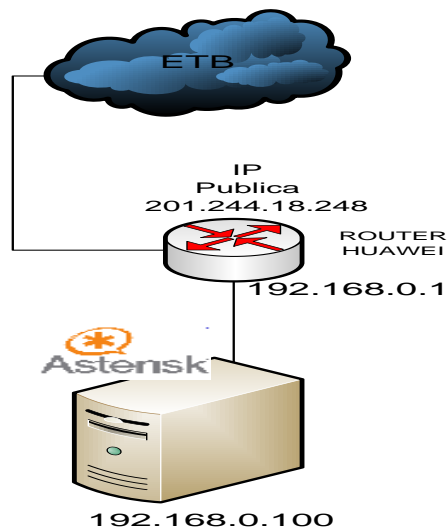
El dialogo comienza con una petición (invite) y finaliza con una petición (Bye). Un dialogo es identificado por las etiquetas (tag) de los campos FROM, TO y el campo CALL-ID (Gomez & Gil, 2008).

## 6.3 CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRALITA TELEFÓNICA VOIP

### 6.3.1 Conexión a internet

El servidor cuenta con una conexión a Internet banda ancha de 2.000Kbps, a través del proveedor de servicios de Internet ETB, el cual asignó una IP publica con motivo de investigación, La cual direcciona todas las peticiones concebidas por el abonado hacia el servidor. A continuación se observa en la figura 7, la topología de red del servidor.

Figura 7. Esquema de red del servidor



Hecha en Microsoft Visio 2007

El proveedor de internet ETB asigna la IP pública 201.244.18.148. La cual por medio de un Router de propiedad de etb marca HUAWEI direcciona todas las peticiones, hacia la IP 192.168.0.100 del servidor. Los DNS preferido y secundario son asignados por el proveedor ETB. A continuación en las tablas 11 y 12, se describes los datos de forma resumida.

Tabla 11. Datos para la configuración de red del servidor

DATOS SERVIDOR	
Dirección IP	192.168.0.100
Mascara de Subred	255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada	192.168.0.1
Servidor DNS preferido	200.75.51.132
Servidor DNS alternativo	200.75.51.233

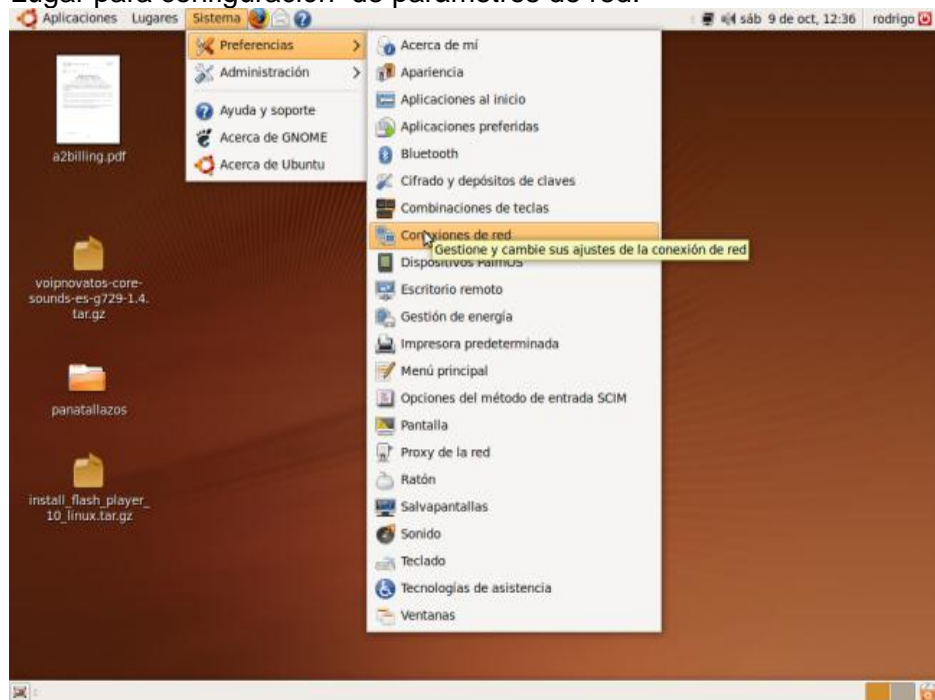
Tabla 12. Datos de red WAN

DATOS ROUTER WAN	
Dirección IP	201.244.18.248
Mascara de Subred	255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada	201.244.18.1
Servidor DNS preferido	200.75.51.132
Servidor DNS alternativo	200.75.51.233

## 6.3.2 Asterisk en Ubuntu

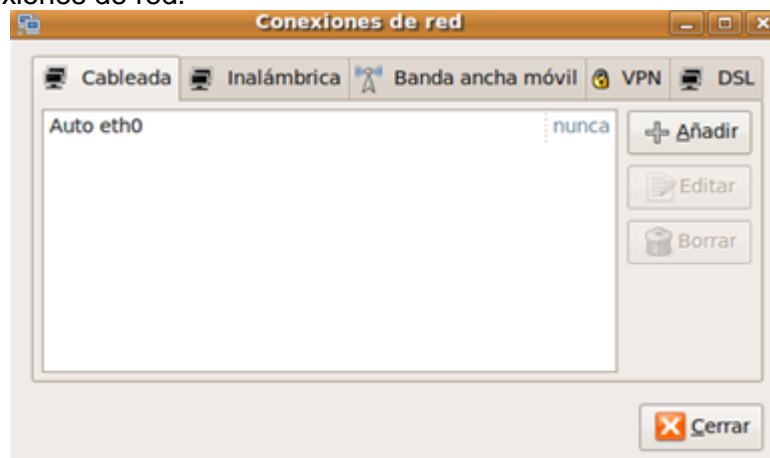
### 6.3.2.1 Pasos para la configuración de la red en el servidor Ubuntu.

Figura 8. Lugar para configuración de parámetros de red.



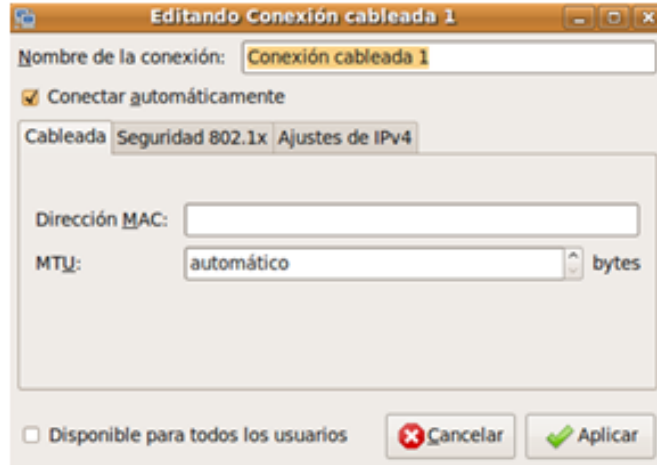
Es necesario configurar los parámetros de red asignados por el proveedor de internet en la opción “sistema, preferencias, conexiones de red”. Así como se muestra en la figura 8.

Figura 9. Conexiones de red.



En la figura 9, se agrega el perfil de red en la opción “Añadir”, para desplegar el menú “editor de conexión cableada”. Así como se observa en la figura 10.

Figura 10. Editor de conexión cableada.



En la figura 10 se establece el nombre de la red en la opción “Nombre de conexión” y se selecciona la casilla conectar automáticamente, posteriormente se ingresa en la opción “Ajuste de IPv4” como se observa en la figura 11.

Figura 11. Ajuste de IPv4



En la opción “Ajuste de IPv4”, se selecciona el método manual y posteriormente la opción “Añadir”, donde se habilitan los campos de “Dirección, Mascara de red y Puerta de enlace”, los cuales se configuran con los datos dados por el proveedor de internet, al igual que los campos de “Servidores DNS y Dominios de búsqueda”,

En la figura 12 se establece la configuración de red final del servidor para la centralita telefónica VoIP y por último se aplican los cambios efectuados por medio de la opción “aplicar”.

Figura 12. Parámetros de red aplicados.

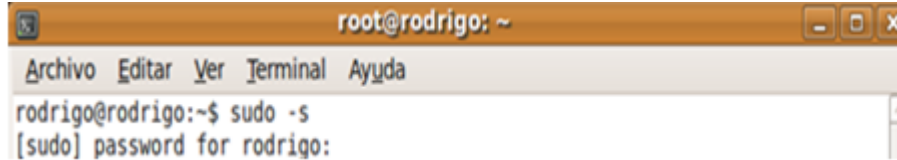


### 6.3.2.2 Instalación de Librerías en Ubuntu

Para la instalación de Asterisk sobre el sistema operativo Ubuntu primero es necesario tener conexión a internet. Para instalar algunas librerías y paquetes necesarios para su ejecución y correcto funcionamiento.

Para realizar las descargas primero entramos a la consola terminal en la opción “Aplicaciones, Terminal” y posteriormente se ingresa por medio del modo súper usuario con el comando “sudo -s”, el cual una vez ejecutado, pedirá la clave del administrador así como se observa en la figura 13. Permitiendo tener los permisos necesarios para las descargas de las librerías.

Figura 13. Modo administrador.

A terminal window titled 'root@rodrigo: ~' with a menu bar containing 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Terminal', and 'Ayuda'. The terminal shows the command 'rodrigo@rodrigo:~\$ sudo -s' followed by the prompt '[sudo] password for rodrigo:'.

Después de estar en el modo súper usuario se procede con la instalación de las librerías por medio del comando mencionado en la figura 14,

Figura 14. Instalación de librerías de Ubuntu.

```
root@rodrigo:~# apt-get install bison ncurses-dev libssl-dev libnewt-dev cvs  
procps debhelper dpkg-dev gettext html2text po-debconf build-essential automa  
ke autoconf flex libtool libncurses5-dev libssl-dev
```

Cuando se ejecuta este comando se inicia la instalación. Durante el transcurso de esta, se notifica de todo el proceso de instalación y espacio utilizado en el disco duro por cada uno de estas librerías. Por último se instalan las librerías (make, gcc, g++, libstdc++6) por medio del comando establecido en la figura 15.

Figura 15. Librerías finales.

```
root@rodrigo:~# apt-get install -qy make gcc g++ libstdc++6
```

### 6.3.2.3 Instalación de Asterisk en Ubuntu

Una vez instaladas las librerías se procede con la descarga del módulo Asterisk el cual se descargara directamente de la página oficial de Asterisk en su versión (1.4.36). Debido a que las versiones inferiores a la (1.4.x). Son las más estables, a nivel empresarial.

Cuando se ejecuta el comando (cd /usr/src), queda ubicado en la carpeta (src). Una vez ubicado en la carpeta (src), se procede con la descarga por medio del segundo comando establecido en la figura 16. Permitiendo la descarga del paquete Asterisk de la página oficial. Guardándolo en la carpeta establecida (src).

Figura 16. Comandos para la descarga de Asterisk.

```
root@rodrigo:~# cd /usr/src  
root@rodrigo:/usr/src# wget -c http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/aste  
risk/old-releases/asterisk-1.4.36.tar.gz
```





### 6.3.2.4 Configuración de Archivo (sip)

En la configuración de Asterisk el primer archivo a modificar es el archivo sip.conf. Por medio del comando mencionado en la figura 25 y ubicado en la carpeta (etc/asterisk).

Figura 25. Archivo SIP.

```
root@rodrigo:~# gedit /etc/asterisk/sip.conf
```

La primer opción a configurar del archivo sip.conf es “bindport”. Encargado de unir el puerto UDP con el puerto SIP (5060). Posteriormente se configura la opción “bindaddr” dirección local del servidor y la opción “domain” dirección pública asignada por el proveedor de internet. La configuración debe quedar como se observa en la figura 26.

Figura 26. Configuración SIP general.

```
bindport=5060  
bindaddr=192.168.0.100  
domain=201.244.18.248
```

La opción “maxexpiry” es la duración en mili segundos que va expirar la llamada si no es contestada, para la centralita telefónica será igual a (3600ms) que equivalen a 1minuto. Otro parámetro de configuración en el archivo sip.conf es la opción de los codec a implementar. Para iniciar primero es necesario desactivar todos por medio de la opción “disallow”, usando el comando “all” y posteriormente se activan en la opción “allow” con el comando “ulaw” y se finaliza la configuración de los códec con la opción “allow” con el comando “ilbc” el cual permite el empaquetamiento RTP. La configuración mencionada se describe en la figura 27.

Figura 27. Configuración de códec.

```
disallow=all  
allow=ulaw  
allow=ilbc
```

Continuando con la configuración del archivo sip, se procede con la opción “dtmfmode” la cual establece los tonos a implementar. Para la centralita telefónica VoIP se utilizara la norma “rfc2833”, configurada en la figura 28.

Figura 28. Configuración de tonos.

```
dtmfmode = rfc2833
```

El ajuste de nat se utiliza cuando el servidor Asterisk tiene una IP pública y se desea comunicar con usuarios ocultos detrás de un dispositivo nat, por tanto es necesario habilitar esta opción, como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Configuración Nat

```
nat=yes
```

En la sección de manejo del panel, Asterisk intenta volver a re enviar la invitación hecha por el usuario origen al usuario destino si no ha tenido una respuesta por el usuario destino, habilitando la opción “canreinvite”, configurada en la figura 30.

Figura 30. Configuración de re invitación.

```
canreinvite=yes
```

Para terminar con la configuración del archivo sip.conf, se procede con la creación de los usuarios SIP, por medio de la estructura de la figura 31.

Figura 31. Ejemplo de usuario SIP.

```
[2000]  
type=friend  
secret=prueba1  
quality=yes  
nat=yes  
host=dynamic  
canreinvite=yes  
context=201.244.18.248
```

En la figura 31, se observa un ejemplo del primer usuario creado en la centralita telefónica VoIP, donde inicialmente se define el nombre del usuario (2000), se continua declarando el tipo de usuario “friend”, el cual permite realizar y recibir llamadas, la opción “secret” es la contraseña del usuario con la cual se registrara en el servidor Asterisk y se debe configurar en el dispositivo terminal donde se implementara el usuario. La opción “quality” indica que el tiempo de latencia no es superior a 2000ms. La opción “nat” habilita el terminal para que pueda conectarse con la centralita VoIP por medio de conexiones de red nat. La opción “host” indica la dirección IP del usuario, por tanto se configurara de forma “dynamic”, para que el host reciba la dirección dinámicamente y pueda conectarse desde cualquier red con conexión a internet. La opción “canreinvite” indica que se puede redirigir la llamada. La opción “context” indica el plan de llamado utilizado para este usuario y se configura en el archivo (extensions.conf).

### 6.3.2.5 Configuración de Archivo (extensions.conf)

Una vez modificado el archivo sip.conf, se establece la configuración del archivo (extensions.conf) ubicado en la carpeta (etc/asterisk) por medio del comando establecido en la figura 32.

Figura 32. Archivo Extensions

```
root@rodrigo:~# gedit /etc/asterisk/extensions.conf
```

En este archivo se crea el plan de llamada de cada uno de los terminales implementados en la centralita VoIP, El plan de llamada define la forma de marcado de cada usuario y se establecen los beneficios a utilizar, por ejemplo si puedo disponer del buzón de voz, si para poder llamar hay que agregar algún prefijo o simplemente define el protocolo o tecnología implementada en el terminal.

Figura 33. Ejemplo de plan de llamada.

```
[201.244.18.248]
exten => 2000,1,Dial(SIP/2000,30,ttm)
exten => 2000,2,Hangup
```

La primera línea de la figura 33, indica el nombre del contexto establecido en la opción “contexto” en el archivo sip.conf. Continuando con la segunda línea de la figura 33, se observa la estructura de configuración en la cual primero se nombra la extensión seguido del orden de prioridad y se finaliza con la tecnología implementada para este caso (sip) con un tiempo de 30 segundos para su registro y respuesta ante una invitación establecida por otro usuario. Una vez habilitada la extensión para recibir llamadas, en la tercera línea se habilita para poder finalizar dichas llamadas establecidas, con un orden de prioridad de segundo grado.

### 6.3.2.6 Configuración de Archivo (rtp.conf)

Para la configuración del archivo (rtp.conf) ubicado en la carpeta (etc/asterisk) se modifica por medio del comando mencionado en la figura 34.

Figura 34. Configuración de archivo RTP

```
root@rodrigo:~# gedit /etc/asterisk/rtp.conf
```

En el archivo (rtp.conf) se habilitan los puertos rtp para el paso de la voz. Los cuales están en el rango (10000 a 20000) como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Puertos RTP.

```
rtpstart=10000
rtpend=20000
```

Una vez establecidas las configuraciones necesarias, Asterisk está listo para ejecutarse por medio del comando “Asterisk –rvvvvv”.

### 6.3.3 Asterisk en CentOS

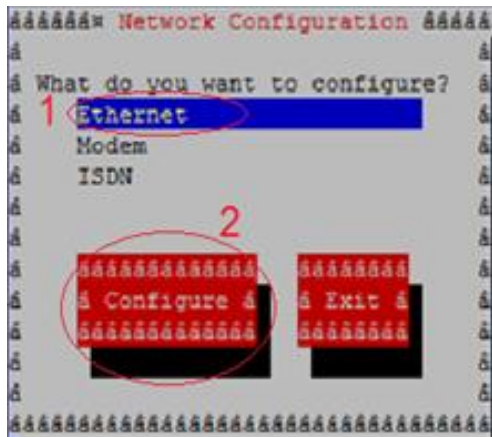
#### 6.3.3.1 Pasos para la configuración de la red en el servidor CentOS

Después de instalado el software Trixbox, el cual instala por defecto los paquetes de Asterisk, MySQL, Apache, PHP, FreePBX sobre el sistema operativo CentOS. Se procede con la configuración de red, por medio del comando “system-config-network” establecido en la figura 36. El cual una vez ejecutado, despliega el menú de la figura 37.

Figura 36. Comando de red

```
[root@asterisk1 ~]# system-config-network
```

Figura 37. Menú Network



Para la configuración, se selecciona la opción “Ethernet”, seguido de la opción “Configure”. Como se observa en la figura 37. Esta opción despliega el menú establecido en la figura 38, Donde se configuran los datos de red. Por defecto la opción “Use DHCP” aparece activada, por tanto se desactiva con la tecla “espacio”. Y se continúa con la configuración de las opciones “Static IP”, “Netmask” y “Default Gateway IP”. Finalizando con la opción “ok”. EL anterior proceso se observa en la figura 39.

Figura 38. Desactivar DHCP.

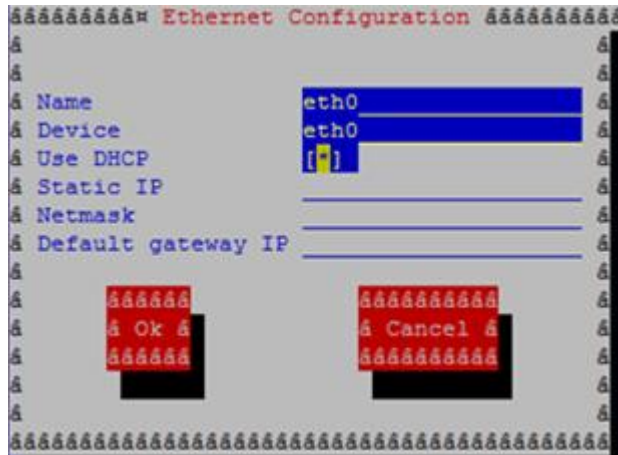
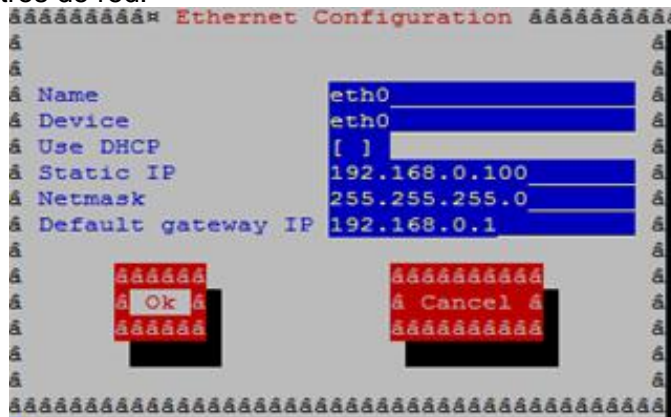
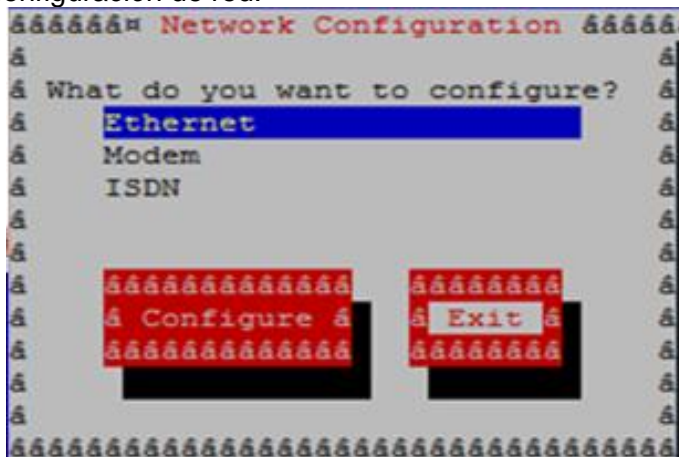


Figura 39. Parámetros de red.



Una vez aceptada la configuración, se abandona el menú con la opción “Exit”. Como se observa en la figura 40.

Figura 40. Cerrar configuración de red.



Después de haber configurado los parámetros de red. Se tendrá que reiniciar los servicios de red por medio del comando “service network restart” establecido en la figura 41. Donde nos mostrara que todo fue reiniciado de forma satisfactoria, con la palabra “ok”, como se observa en la figura 41.

Figura 41. Reiniciar red.

```

root@asterisk1:~# service network restart
Shutting down interface eth0: [ OK ]
Shutting down loopback interface: [ OK ]
Setting network parameters: [ OK ]
Bringing up loopback interface: [ OK ]
Bringing up interface eth0: [ OK ]
root@asterisk1:~#

```

### 6.3.3.2 Interfaz web Trixbox.

Figura 42. Interfaz web de Trixbox En modo administrador.

The screenshot shows the Trixbox CE web interface. At the top, it displays the Trixbox logo and the text 'The Open Platform for Business Telephony'. The server time is 21:27:50, and the administration mode is 'interrupción'. There are input fields for 'nombre de usu' and buttons for 'entrada' and 'registro'.

The main content area is divided into several sections:

- Server Status:** Lists services and their status: Asterisk (running), web server (running), cron server (running), secure shell server (running), Mysql (running), and HUD Server (unknown).
- Network Usage:** A table showing data for devices lo, eth0, and sit0.
- Memory Usage:** A table showing memory usage for Physical Memory, Kernel + applications, Buffers, Cached, and Disk Swap.
- Mounted Filesystems:** A table showing the status of various file systems like /, /boot, and /dev/shm.
- Asterisk Status:** Shows that the system is unable to connect to the remote asterisk service. It also displays registration statistics: Active Sip Channels, Active IAX2 Channels, SIP Registrations (-1), and IAX2 Registrations (-1).

At the bottom, there is a footer with 'Home Version: 1.0.0.26', a language dropdown set to 'spanish', and a copyright notice 'v2.2 ©2007 Fonalty Reservó bien.'.

Creado por Trixbox.

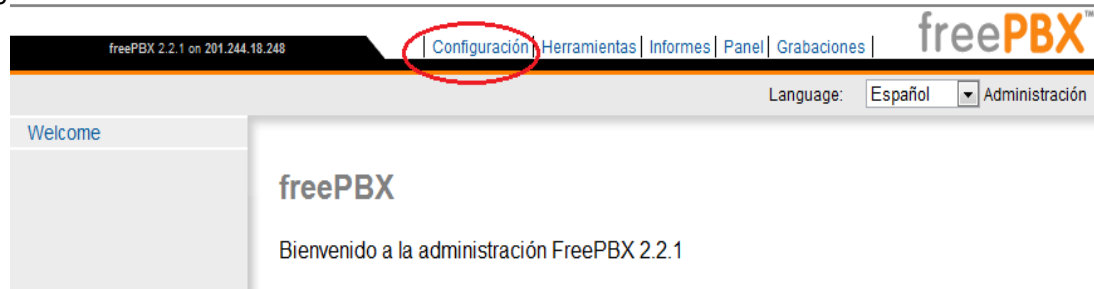
Para ingresar al menú de Trixbox en modo grafico, se hace vía web. Por medio de la dirección (<http://201.244.18.248>). En la opción “Switch”, se cambia de modo usuario a modo administrador, por medio de un usuario y contraseña. En la opción “Language”, se selecciona el idioma español. En la figura 42, se observa la interfaz en modo administrador.

En el modo administrador, se controla el estado del servidor, el uso de la red, uso de la memoria, uso de los sistemas de archivos y el estado de asterisk. Así como se muestra en la figura 42. Estos reportes son de gran utilidad, para el control de la centralita. Debido a que permite conocer el estado de cada uno de los elementos utilizados.

### 6.3.3.3 Administración FreePBX

Para configurar Asterisk se implementa el software FreePBX, contenido en la distribución Trixbox. Se ingresa por medio de la opción “asterisco, FreePBX” o en la dirección (<http://201.244.18.248/admin/>). En la figura 43 se observa la interfaz gráfica del software FreePBX.

Figura 43. Interfaz web FreePBX

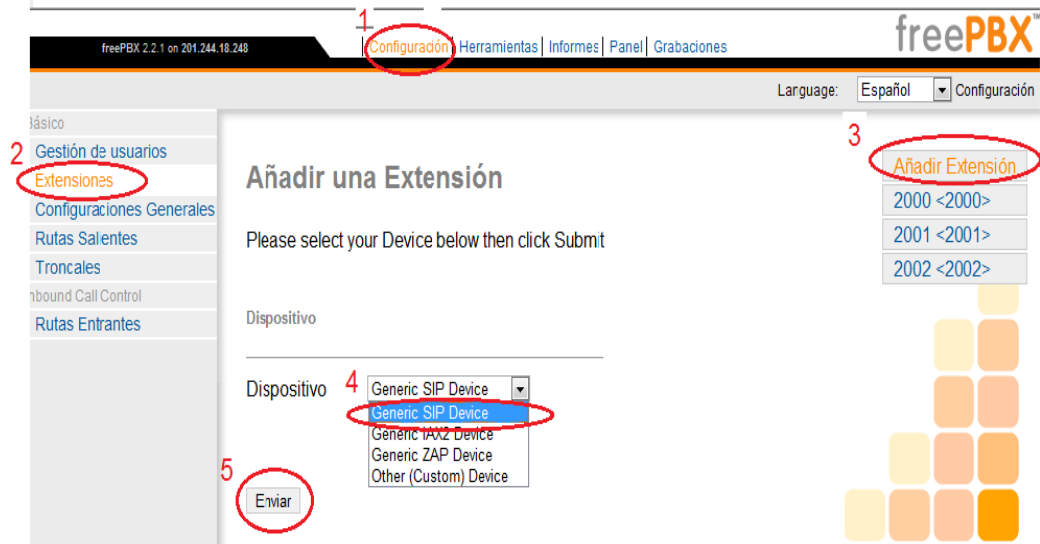


Creado por FreePBX.

### 6.3.3.4 Agregar extensión en FreePBX

Para agregar una extensión se hace por medio del software FreePBX, El proceso para crear una nueva extensión se establece por medio de la secuencia de opciones descrita en la figura 44. Una vez enviados los datos, se despliega el menú de la figura 45. Donde se completan los parámetros “nombre asociado” y “secret”. Finalizando con la opción enviar. Los campos restantes, para este proyecto no se tienen en cuenta por tanto se dejan en blanco.

Figura 44. Secuencia para agregar nueva extensión.



Creado por FreePBX.

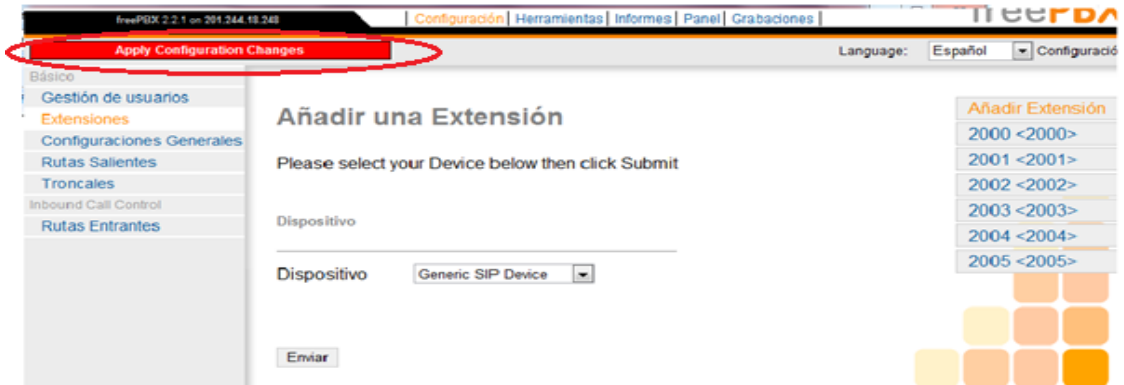
Figura 45. Datos de extensión.

The screenshot shows the 'Añadir SIP Extensión' form. It has several sections: 'Añadir Extensiones' with fields for 'Extensión' and 'Nombre asociado'; 'Opciones de la extensión' with fields for 'Direct DID', 'DID Alert Info', 'CallerID de Salida', and 'CID de emergencia'; 'Opciones del dispositivo' with a note 'This device uses sip technology.' and fields for 'secret' and 'dtmfmode' (pre-filled with 'rfc2833'). An 'Enviar' button is at the bottom.

Creado por FreePBX.

Después de enviada la nueva extensión. Se aplican los cambios en la opción "Apply configuration changes", como se observa en la figura 46. La cual modifica el archivo (extensions) de Asterisk. Este procedimiento se realiza cada vez que se cree una extensión, en el software FreePBX.

Figura 46. Aplicar cambios.



Creado por FreePBX.

### 6.3.3.5 Informe CDR

En esta opción se establece un reporte de todas las llamadas hechas en el sistema. Donde se puede observar, la hora y fecha de cada llamada, el origen y destino de cada llamada, el canal de salida de cada llamada, el tipo de llamada y el tiempo de cada llamada. En la figura 47, se observa un ejemplo de CDR.

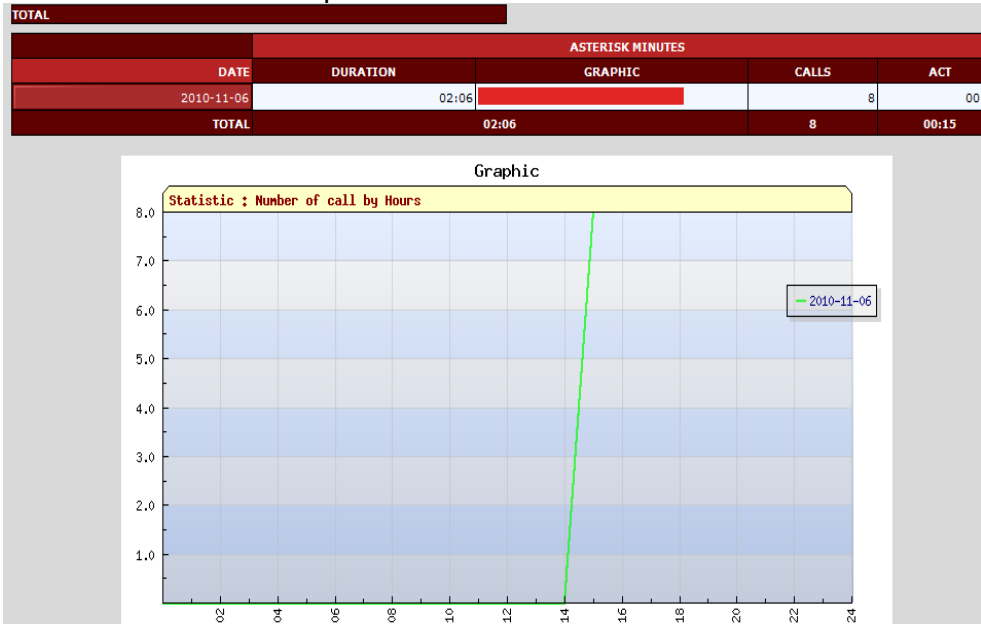
Figura 47. CDR

Number of calls : 117								
- Call Logs -								
	Calldate	Channel	Source	Clid	Dst	Disposition	Duration	
1.	2010-11-09 18:55:52	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:03	
2.	2010-11-09 14:38:48	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:24	
3.	2010-11-09 14:36:54	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:27	
4.	2010-11-09 14:36:38	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:13	
5.	2010-11-09 14:34:21	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:04	
6.	2010-11-09 14:33:15	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:04	
7.	2010-11-08 19:50:14	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2005	ANSWERED	00:32	
8.	2010-11-08 19:00:50	SIP/2000-0...	2000	"2000" <2000>	2002	ANSWERED	00:21	
9.	2010-11-08 18:54:51	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2005	ANSWERED	00:02	
10.	2010-11-08 18:54:45	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2000	ANSWERED	00:01	
11.	2010-11-08 09:38:52	SIP/2001-0...	2001	"2001" <2001>	2002	ANSWERED	00:14	
12.	2010-11-08 09:37:25	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2001	ANSWERED	01:15	
13.	2010-11-08 09:35:53	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2001	ANSWERED	00:09	
14.	2010-11-08 09:34:56	SIP/2002-0...	2002	"2002" <2002>	2001	ANSWERED	00:18	

Creado por FreePBX.

El software FreePBX, almacena el historial de llamadas en una base de datos. Para permitirle al usuario revisar el historial de fechas anteriores. FreePBX, además de generar reportes, también hace una comparación de llamadas por hora, para conocer los horarios de mayor tráfico por día. En la figura 48 se observa un ejemplo, del día 6 de noviembre donde solo se realizaron llamadas de 2pm a 3pm.

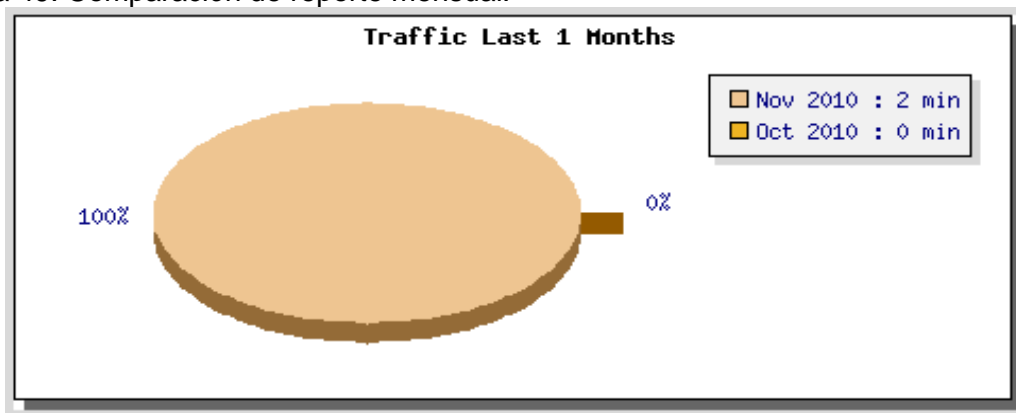
Figura 48. Número de llamadas por hora.



Creado por FreePBX.

FreePBX, además de hacer comparaciones diarias, También lo hace respecto a meses anteriores. En esta opción no se analiza el reporte de numero de llamadas si no el reporte de duración de todas las llamadas. Permitiendo así, poder informar de posibles fallas de carácter técnico o administrativo. En la figura 49 se observa un ejemplo del mes de noviembre respecto al mes de octubre. Donde se concluye que en el mes de octubre no se facturó absolutamente nada. Mientras que en el mes de noviembre se facturaron 2 minutos, hasta el día 7 de noviembre.

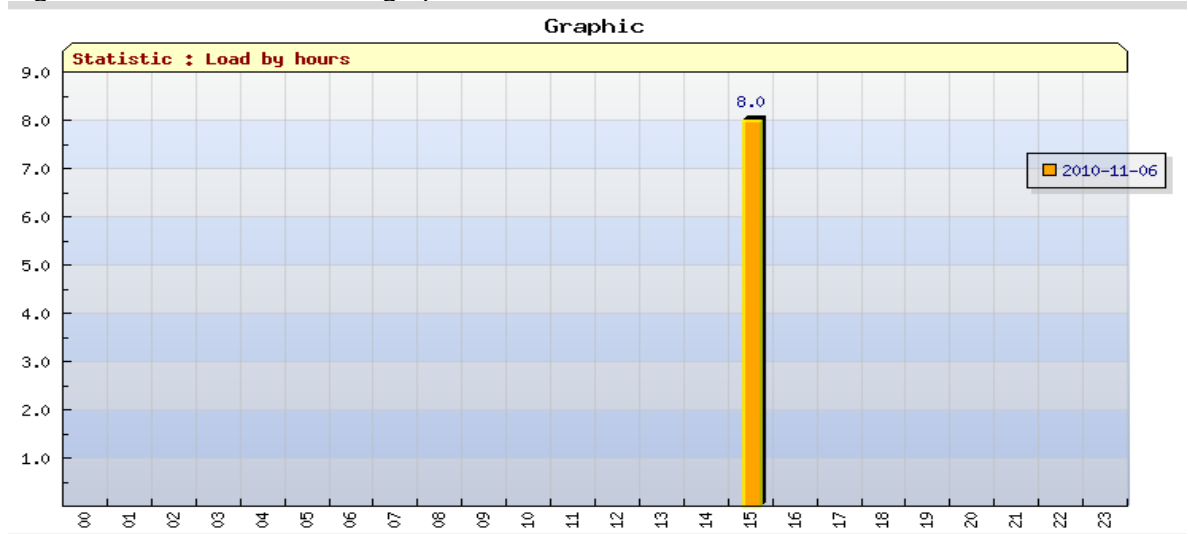
Figura 49. Comparación de reporte mensual.



Creado por FreePBX.

Por ultimo FreePBX también genera un informe del número de llamadas por día. En la figura 50, se observa un ejemplo del día 6 de noviembre donde se realizaron 8 llamadas.

Figura 50. Estadística de carga por horas.



Creado por FreePBX.

### 6.3.4 Terminales

Una vez establecido los parámetros de diseño y la configuración de la centralita telefónica VoIP, se procederá con la configuración de los terminales VoIP. Cada uno de estos terminales se comunica con el servidor Asterisk por medio del protocolo de señalización SIP. El cual permite el registro del usuario con el servidor Asterisk y la búsqueda del usuario con el cual desea establecer comunicación. Una vez establecido la señalización y la ubicación del receptor, se procederá por establecer el canal de transmisión por medio del protocolo RTP. El cual será el encargado de transportar la voz.

#### 6.3.4.1 X-lite

El software X-lite se descargara de la página oficial del fabricante counterpath de forma gratuita. En la página <http://www.counterpath.com/x-lite-download.html>. Una vez instalado, se configura con los datos establecidos por la centralita telefónica VoIP.

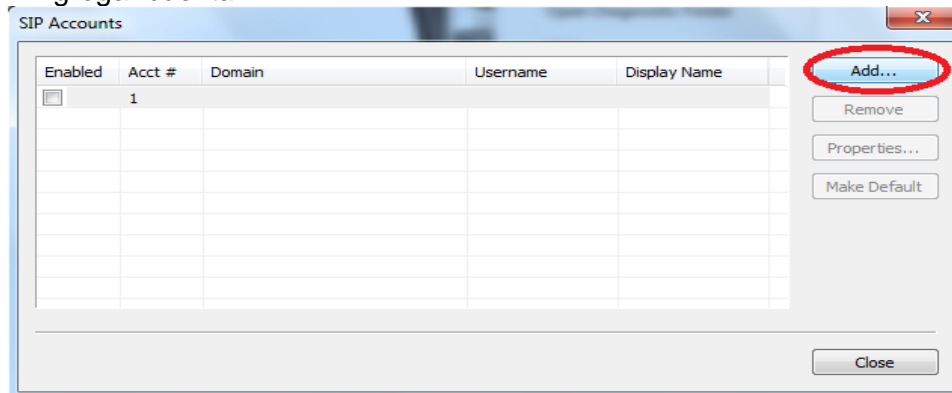
Figura 51. Menú de configuración



Creado por X-Lite.

Para la configuración, se ingresa al menú por medio del icono señalado en el círculo de color rojo. Como lo muestra la figura 51, y se selecciona la opción “SIP Account Settings”,

Figura 52. Agregar cuenta.

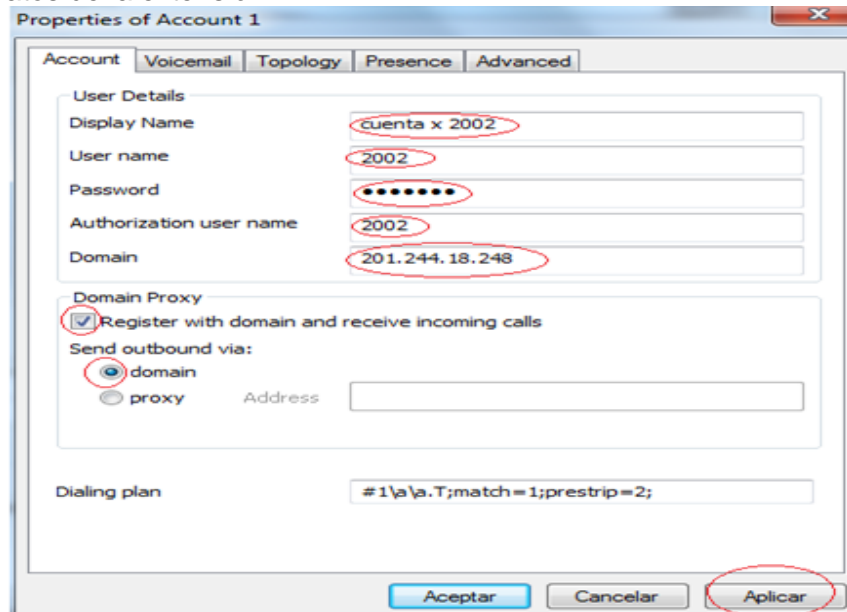


Creado por X-Lite

Se agrega la extensión de la centralita como se indica en la figura 52. Donde se desplegará una ventana como la figura 53. Para ingresar los datos de la centralita telefónica. Las opciones que se deben configurar en esta ventana son las seleccionadas con el círculo rojo, donde “User Details” es el nombre que aparecerá en la pantalla del terminal con el cual se desea comunicar, “User name” es el número de la extensión, “Password” es la contraseña de la extensión, “Authorization user name” es la autorización del nombre de la extensión, “Domain” es el dominio de la centralita, en nuestro caso la IP pública asignada por el operador de internet ETB, también se debe marcar la opción “Register with domain and receive incoming calls” para asegurar que se registre al dominio establecido

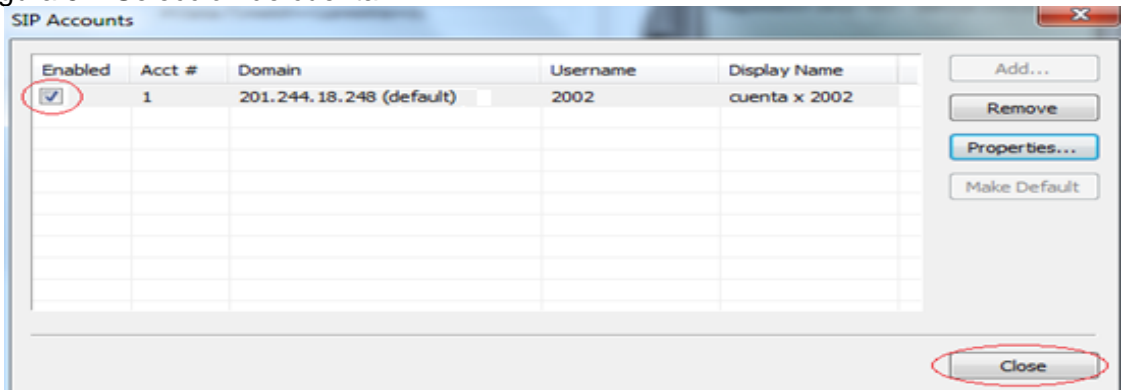
y que se puedan recibir llamadas, por ultimo marcamos la opción “domain” para enviar la llamada saliente a través del dominio y damos clic en “aplicar” donde aparecerá una ventana con los datos de la extensión configurada como lo muestra la figura 54.

Figura 53. Datos de la extensión.



Creado por X-Lite

Figura 54. Selección de cuenta.



Creado por X-Lite

Para finalizar con la configuración de X-lite verificamos que los datos estén bien como se observa en la figura 54. Si la configuración fue satisfactoria, debe aparecer en la interfaz del teléfono X-lite el nombre de la extensión, como se muestra en la figura 55.

Figura 55. Cuenta configurada correctamente.

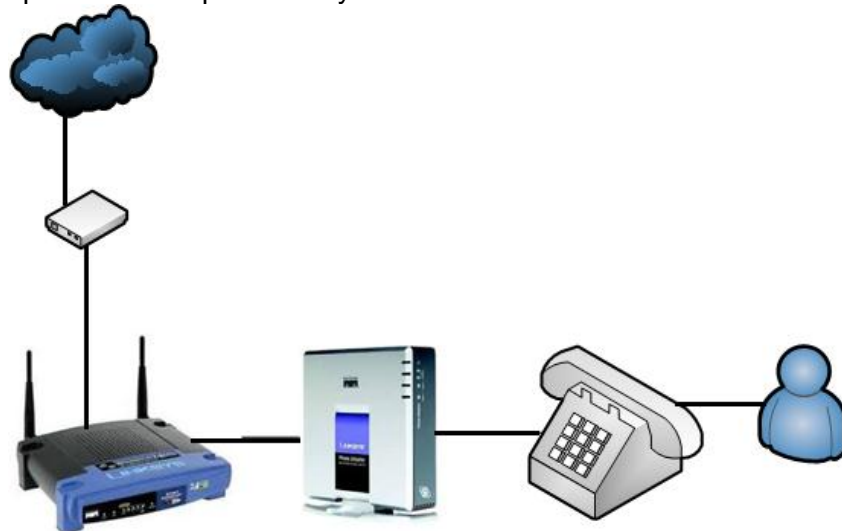


Creado por X-Lite

### 6.3.4.2 Linksys PAP2

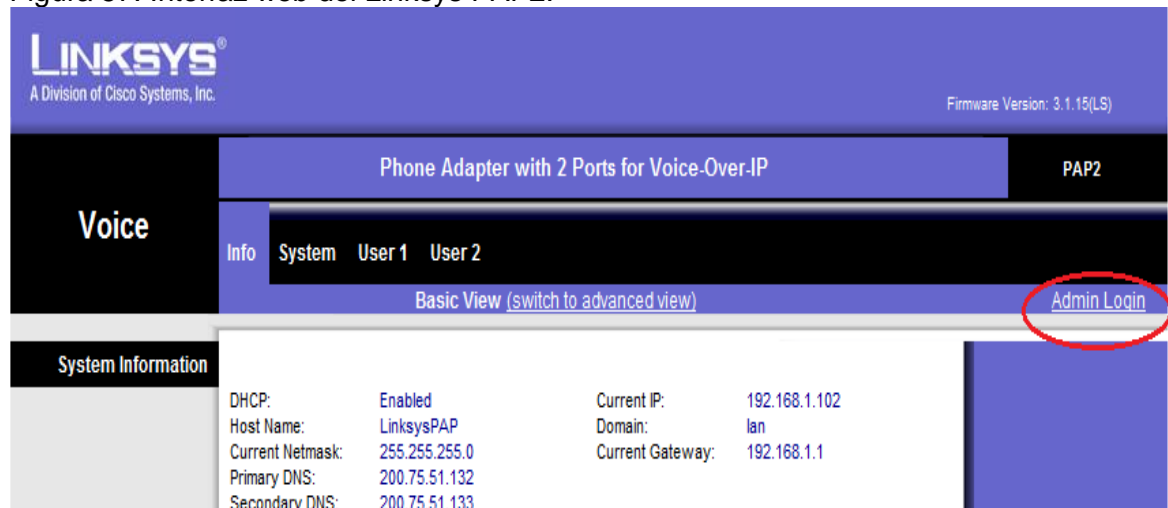
El Linksys PAP2 es un dispositivo VoIP, el cual es implementado como terminal de la centralita telefónica VoIP. En la figura 56, se observa el esquema de instalación, donde el linksys PAP2 va conectado por medio de un cable RJ45 a un router que tiene como entrada un modem el cual permite la conexión a internet, para poder utilizar el Linksys PAP2, es necesario conectar un teléfono convencional.

Figura 56. Esquema de red para Linksys PaP2



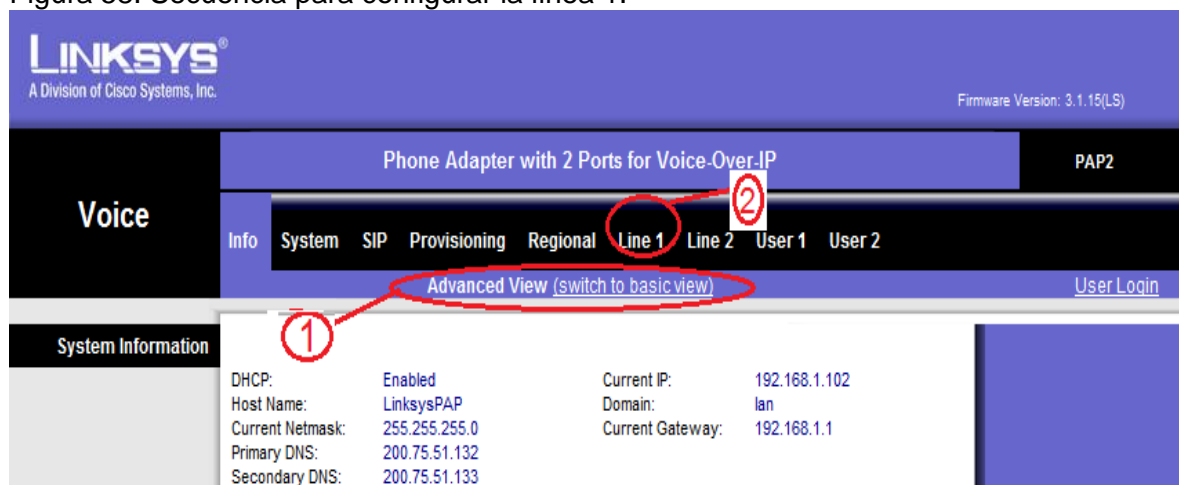
Para su configuración se conecta el teléfono convencional, y se obtiene la dirección IP por medio del código (\*\*\*\*110#), el cual permite entrar al menú de configuración del dispositivo. La dirección obtenida es (192.168.1.102). Cabe destacar que para todas las redes es diferente. Con la dirección IP (http://192.168.1.102) se ingresa al menú del dispositivo. Donde se configura desde el modo administrador, dando clic en la opción “Admin Login”, así como se observa en la figura 57.

Figura 57. Interfaz web del Linksys PAP2.



Una vez ingresado como administrador, se da clic en la opción “Switch to Advanced View” y posteriormente en la opción “Line 1”, En la figura 58, se observa la secuencia para configurar la línea 1.

Figura 58. Secuencia para configurar la línea 1.



Después de haber ingresado a la línea 1, se configuran los siguientes parámetros:

- El puerto del protocolo de señalización (SIP Port: 5060).
- El proxy del servidor Asterisk (Proxy: 201.244.18.248).
- El nombre del dispositivo, con el cual se distinguirá ante la demás extensiones (Display Name: linksys 2003).
- El número de cuenta (User ID: 2003).
- La contraseña de la cuenta (Password: prueba4).

En la figura 59, se observa la configuración del códec a implementar, por medio de la opción “Preferred Codec: G729a”, el motivo por el cual se escogió este códec, está en la sección 6.1.

En la figura 60, se observa la configuración final del dispositivo, donde la opción “Dial plan”, hace referencia al plan de marcado de cada llamada, esta opción se deja por defecto. Y se finaliza guardando los cambios con la opción “Save Settings”.

Figura 59. Datos de configuración.

The image shows a web interface for configuring SIP settings. The interface is divided into several sections: SIP Settings, Call Feature Settings, Proxy and Registration, and Subscriber Information. The following table summarizes the configuration values shown in the image, with red circles and numbers 1 through 5 highlighting specific fields as mentioned in the text.

Section	Field	Value
SIP Settings	SIP Port	5060 (1)
	EXT SIP Port	
	SIP Proxy-Require	
	SIP GUID	no
	RTP Log Intvl	0
	Referor Bye Delay	4
	Referee Bye Delay	0
	Sticky 183	no
	SIP 100REL Enable	no
	Auth Resync-Reboot	yes
Call Feature Settings	SIP Remote-Party-ID	no
	SIP Debug Option	none
	Restrict Source IP	no
	Refer Target Bye Delay	0
	Refer-To Target Contact	no
	Blind Attn-Xfer Enable	no
	Xfer When Hangup Conf	yes
	Conference Bridge Ports	3
	MOH Server	
	Conference Bridge URL	
Proxy and Registration	Use Outbound Proxy	no
	Use OB Proxy In Dialog	yes
	Make Call Without Reg	no
	Ans Call Without Reg	no
	DNS SRV Auto Prefix	no
	Proxy Redundancy Method	Normal
	Mailbox Subscribe Expires	2147483647
	Proxy	201.244.18.248 (2)
	Outbound Proxy	
	Register	yes
Register Expires	3600	
Use DNS SRV	no	
Proxy Fallback Intvl	3600	
Voice Mail Server		
Subscriber Information	Display Name	linksys 2003 (3)
	Password	***** (5)
	User ID	2003 (4)
Use Auth ID	no	

Figura 60. Configuración final del Linksys PAP2.

Audio Configuration	
Preferred Codec:	G729a
Use Pref Codec Only:	G711u G711a G726-16 G726-24 G726-32 G726-40 G729a G723
G729a Enable:	<input type="checkbox"/>
G723 Enable:	<input type="checkbox"/>
G726-16 Enable:	<input type="checkbox"/>
G726-24 Enable:	<input type="checkbox"/>
G726-32 Enable:	yes
G726-40 Enable:	yes
DTMF Process INFO:	yes
DTMF Process AVT:	yes
DTMF Tx Method:	Auto
Hook Flash Tx Method:	None
Release Unused Codec:	yes
Silence Supp Enable:	no
Silence Threshold:	medium
Echo Canc Enable:	yes
Echo Canc Adapt Enable:	yes
Echo Supp Enable:	yes
FAX CED Detect Enable:	yes
FAX CNG Detect Enable:	yes
FAX Passthru Codec:	G711u
FAX Codec Symmetric:	yes
FAX Passthru Method:	NSE
FAX Process NSE:	yes
FAX Disable ECAN:	no
Dial Plan	
Dial Plan:	(<3:00573>xxxxxxxxxS0 <03:0057>xxxxxxxxxS0 <009:00>x
Enable IP Dialing:	no
Emergency Number:	
FXS Port Polarity Configuration	
Idle Polarity:	Reverse
Callee Conn Polarity:	Forward
Caller Conn Polarity:	Forward
<input type="button" value="Save Settings"/> <input type="button" value="Cancel Settings"/>	

### 6.3.4.3 Celular Nokia E71

Dentro de la gama de dispositivos implementados en la centralita telefónica VoIP se encuentra el celular (Nokia E71), el cual por medio de una conexión a internet permite recibir y realizar llamadas VoIP. Este celular tiene incorporado el protocolo SIP encargado de inicializar y finalizar sesiones multimedia.

Figura 61. Celular NokiaE71.



(COMCEL, 2010)

Para configurar este dispositivo se ingresa a la opción “menú-config-conexión-configuración.SIP” en la cual se crea el perfil SIP en la opción “Opciones-Nuevo perfil” donde se desplegará un menú para configurar. En la opción “Nombre de perfil” se establece el nombre del nuevo perfil, en la opción “Perfil de servicio” se deja la opción que viene por defecto (IETF), en la opción “Pto. Acceso Predeter” se selecciona la conexión a internet (wifi o plan de datos), la opción “Nombre usuario público” es el nombre de la extensión según el formato (sip:2000@201.244.18.248) y se desactiva la opción “usar compresión”. Para que el celular siempre este registrado con la centralita en la opción “Registro” se selecciona “siempre activado” y se desactiva la opción “usar seguridad”. En la opción “servidor registrar” se desplegara un nuevo menú en el cual se configura la opción “Direc. Serv registrar” con el siguiente formato (sip:201.244.18.248), así como también la opción “Dominio de seguridad” en la que se le asigna un nombre, continuando con el nombre de la extensión en la opción “ Nombre usuario” seguido de la contraseña en la opción “contraseña”, el tipo de transporte “UDP” en la opción “Tipo de transporte” y el puerto 5060 asignado por el protocolo SIP. Si la configuración fue exitosa debe aparecer el nombre del perfil acompañado de la palabra “Registrado”. De este modo se debe observar la extensión conectada en el servidor por medio de la consola Asterisk, la cual nos indica si esta o no conectado.

Para finalizar la comunicación se ingresa en la opción “menú-config-conexión-Telef.internet” en la cual se crea un nuevo perfil para el modo teléfono internet por medio de la opción “opciones-Nuevo perfil” la cual seleccionara la “URI SIP” según el formato (2000@201.244.18.248). Allí se determinara el nombre del perfil y el perfil SIP configurado anteriormente. De esta manera el celular estará en capacidad de realizar y recibir llamadas VoIP.

## 7. PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se realizarán 12 pruebas. En cada una se establecerá un objetivo, se definirán los recursos implementados, se describirá el escenario y se finalizará con un análisis de los resultados obtenidos. Para cada prueba se realizaran 10 llamadas, cada una de duración y horarios diferentes. Los parámetros que se tendrán en cuenta para la calificación son: Comunicación en los dos sentidos, retardos y comunicación entre cortada. Los valores son:

- Comunicación mala (M): No hay comunicación en ningún sentido o en un solo sentido.
- Comunicación Aceptable (A): La comunicación tiene retardos o simplemente se escucha entre cortado.
- Comunicación excelente (E): No tiene ninguna de estas falencias.

Los horarios son: mañana (AM), tarde(T), noche (N).

### 7.1 CONEXIÓN MÓVIL A MÓVIL (MOVISTAR--TIGO)

#### 7.1.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (Movistar). A un terminal móvil con conexión a internet móvil (Tigo). Topología descrita en la figura 62.

Figura 62. Escenario de prueba 1.



### 7.1.2 Recursos

- Celular Nokia E71 (Movistar) y Celular Htc Google (Tigo)

### 7.1.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos celulares, cada uno con un plan de datos a internet. Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación, como se observa en la tabla 13. Donde cada celular podía realizar y recibir llamadas VoIP

### 7.1.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz no es aceptable. Por qué se escuchó entre cortado por intervalos de tiempo, en momentos la comunicación solo es un solo sentido, o simplemente se conecta pero no hay comunicación. El motivo por el cual surgen estos problemas es: porque la velocidad en estas conexiones móviles es muy baja y no es constante.

Tabla 13. Resultados de prueba 1.

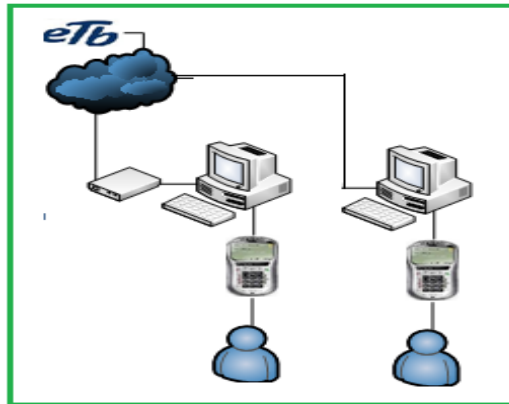
PRUEBA 1								
ORIGEN		DESTINO		2 MIN	3 MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
E71	Movistar	Google	AM	A	A	A	M	M
			T	A	M	M	M	M
		Tigo	N	A	M	M	M	M
Google	Tigo	E71	Movistar	AM	A	M	M	M
				T	A	A	M	M
		N	M	M	M	M	M	

## 7.2 CONEXIÓN SOFTPHONE A SOFTPHONE (ETB--ETB)

### 7.2.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal softphone con conexión a internet banda ancha (etb) a un softphone con conexión a internet banda ancha de la misma red. Topología descrita en la figura 63.

Figura 63. Escenario de prueba 2



### 7.2.2 Recursos

- Softphone x-lite (etb) y Softphone x-lite (etb)

### 7.2.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales softphone, los dos conectados a la misma red de banda ancha del servidor Asterisk. Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación, como se observa en la tabla 14. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.2.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es excelente. No agrega interferencia ni retardos. Y el horario en que se realizaron las llamadas y el sentido de marcación no afecta en nada la calidad de la voz. Aunque la conexión a internet de estos dos terminales fue la misma conexión a internet del servidor Asterisk. No se ve afectada la calidad de la voz. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por el ancho de banda con el cual cuenta la red.

Tabla 14. Resultados de prueba 2.

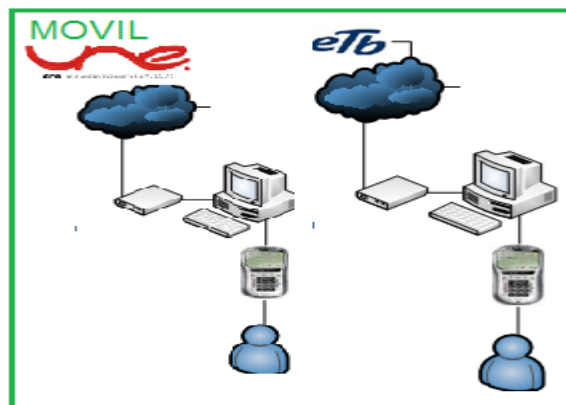
PRUEBA 2							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite etb	X-Lite etb	AM	E	E	E	E	E
		T	E	E	E	E	E
		N	E	E	E	E	E
X-Lite etb	X-Lite etb	AM	E	E	E	E	E
		T	E	E	E	E	E
		N	E	E	E	E	E

### 7.3 CONEXIÓN SOFTPHONE A SOFTPHONE (UNE--ETB)

#### 7.3.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal softphone con conexión a internet móvil (Une). A un softphone con conexión a internet banda ancha (etb). Topología descrita en la figura 64.

Figura 64. Escenario de prueba 3



### 7.3.2 Recursos

- Softphone x-lite (Une) y Softphone x-lite (etb)

### 7.3.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil Une y Internet banda ancha etb). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.3.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. Se considera aceptable, debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 15. Donde se observó que el horario en el cual se utilice el servicio no afecta la calidad de la conversación. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por la conexión a internet móvil la cual no cuenta con una velocidad constante. También se observó que el sentido de la comunicación no afecta la calidad de la conversación.

Tabla 15. Resultados de prueba 3.

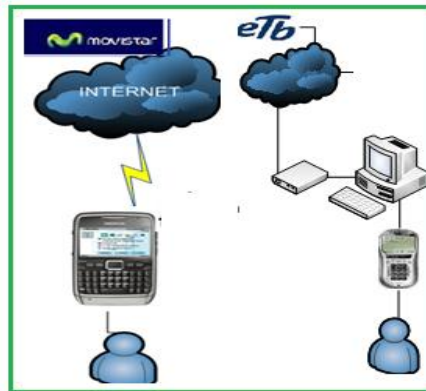
PRUEBA 3							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite une	X-Lite etb	AM	E	E	A	A	A
		T	E	E	E	A	A
		N	E	A	A	A	A
X-Lite etb	X-Lite une	AM	E	A	A	A	A
		T	A	A	A	A	A
		N	A	A	A	M	M

## 7.4 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (MOVISTAR--ETB)

### 7.4.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (movistar). A un softphone con conexión a internet banda ancha (etb). Topología descrita en la figura 65

Figura 65. Escenario de prueba 4.



### 7.4.2 Recursos

- Celular Nokia E71 (Movistar) y Softphone x-lite (etb)

### 7.4.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil movistar y Internet banda ancha etb). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada terminal podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.4.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. El horario en el cual se utilice el servicio afecta la calidad de la conversación. Debido a la conexión a internet móvil implementado. En la conexión móvil, en horas pico la llamada se escucha entre contado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es más aceptable. También se observó que el sentido de la comunicación afecta para el grado de calidad. Según los resultados obtenidos en la tabla 16, se observa que, en el sentido (movistar- etb), la calidad es aceptable. Mientras que, en el sentido (etb-movistar), la calidad se reduce un poco.

Tabla 16. Resultados de prueba 4.

PRUEBA 4							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
E71 Movistar	X-Lite etb	AM	A	A	M	M	M
		T	A	M	M	M	M
		N	M	A	M	M	M
X-Lite etb	E71 Movistar	AM	A	A	M	M	M
		T	M	A	A	M	M
		N	M	M	M	M	M

## 7.5 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (TIGO--ETB)

### 7.5.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (Tigo). A un softphone con conexión a internet banda ancha (etb). Topología descrita en la figura 66.

Figura 66. Escenario de prueba 5



## 7.5.2 Recursos

- Celular Htc Google (Tigo) y Softphone x-lite (etb)

## 7.5.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil tigo y Internet banda ancha etb). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada terminal podía realizar y recibir llamadas VoIP.

## 7.5.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. El horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Debido a la conexión a internet móvil implementado. En la conexión móvil, en horas pico la llamada se escucha entre contado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación más aceptable. Para esta prueba se observa que el sentido de la comunicación no afecta en nada. Según los resultados obtenidos en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de prueba 5.

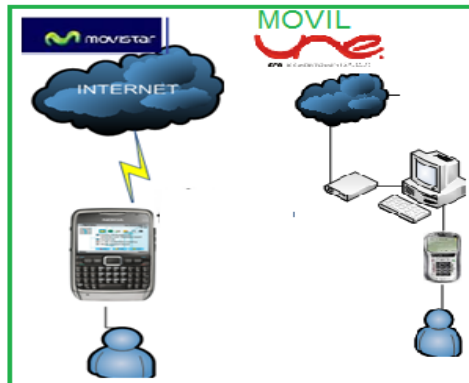
PRUEBA 5							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
Google Tigo	X-Lite etb	AM	M	A	M	M	M
		T	A	A	M	M	M
		N	A	M	M	M	M
X-Lite etb	Google Tigo	AM	A	A	M	M	M
		T	A	A	M	M	M
		N	A	M	M	M	M

## 7.6 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (MOVISTAR--UNE)

### 7.6.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (movistar). A un softphone con conexión a internet móvil (Une). Topología descrita en la figura 67.

Figura 67. Escenario de prueba 6



### 7.6.2 Recursos

- Celular Nokia E71 (Movistar) y Softphone x-lite (Une)

### 7.6.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil movistar y Internet móvil une). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada terminal podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.6.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. El horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Debido a la conexión a internet móvil implementado. En la conexión móvil en horas pico la llamada se escucha entre cortado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es más aceptable. Para esta prueba se observa que el sentido de la comunicación no afecta en nada. Según los resultados obtenidos en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de prueba 6.

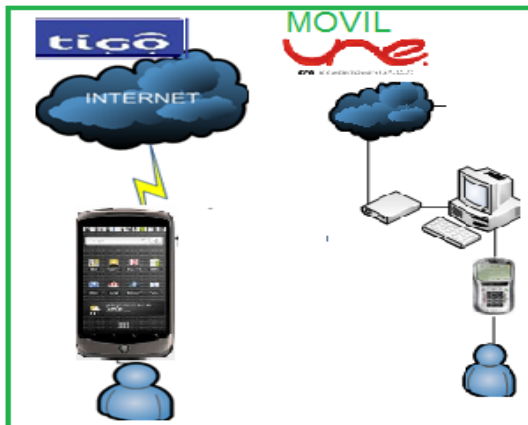
PRUEBA 6							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
E71 Movistar	X-Lite une	AM	A	M	M	M	M
		T	A	A	M	M	M
		N	M	M	M	M	M
X-Lite une	E71 Movistar	AM	A	M	A	M	M
		T	A	M	M	M	M
		N	M	M	M	M	M

## 7.7 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (TIGO-UNE)

### 7.7.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (Tigo). A un softphone con conexión a internet móvil (Une). Topología descrita en la figura 68.

Figura 68. Escenario de prueba 1.



### 7.7.2 Recursos

- Celular Htc Google (Tigo) y Softphone x-lite (Une)

### 7.7.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil tigo y Internet móvil une). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada terminal podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.7.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. El horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Debido a la conexión a internet móvil implementado. En la conexión móvil en horas pico la llamada se escucha entre contado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es más aceptable. Para esta prueba se observa que el sentido de la comunicación no afecta en nada. Según los resultados obtenidos en el tabla 19.

Tabla 19. Resultados de prueba 7.

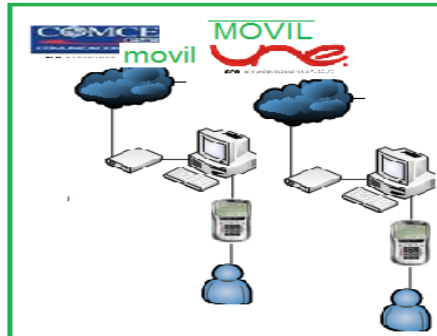
PRUEBA 7							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
Google Tigo	X-Lite une	AM	A	A	M	M	M
		T	M	A	M	M	M
		N	M	M	M	M	M
X-Lite une	Google Tigo	AM	A	M	M	M	M
		T	A	M	M	M	M
		N	M	A	M	M	M

## 7.8 CONEXIÓN SOFTPHONE A SOFTPHONE (COMCEL-UNE)

### 7.8.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal softphone con conexión a internet móvil (Comcel). A un softphone con conexión a internet móvil (Une). Topología descrita en la figura 69.

Figura 69. Escenario de prueba 8.



### 7.8.2 Recursos

- Softphone x-lite (Comcel) y Softphone x-lite (Une)

### 7.8.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil Comcel y Internet móvil Une). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.8.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. Se considera aceptable, debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 20. El horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Debido a la conexión a internet móvil implementado. En la conexión móvil en horas pico la llamada se escucha entre cortado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es más aceptable. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por la conexión a internet móvil la cual no cuenta con una velocidad constante.

Tabla 20. Resultados de prueba 8.

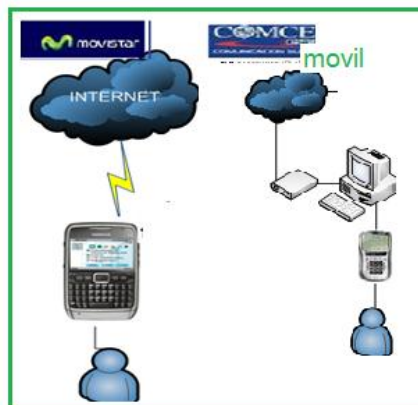
PRUEBA 8							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite Comcel	X-Lite une	AM	A	E	A	A	M
		T	A	A	M	M	M
		N	M	A	A	M	M
X-Lite une	X-Lite Comcel	AM	A	A	M	M	M
		T	A	A	A	M	M
		N	M	M	M	M	M

## 7.9 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (MOVISTAR--COMCEL)

### 7.9.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (movistar). A un softphone con conexión a internet móvil (Comcel). Topología descrita en la figura 70

Figura 70. Escenario de prueba 9.



## 7.9.2 Recursos

- Celular Nokia E71 (Movistar) y Softphone x-lite (Comcel)

## 7.9.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil Comcel y Internet móvil Movistar). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

## 7.9.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz no es aceptable. Debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 21. Donde se observó que el horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Se observó que en horas pico la llamada se escucha entre cortado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es aceptable. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por la conexión a internet móvil la cual no cuenta con una velocidad constante. También se observó que para esta prueba el sentido de la comunicación afecta la calidad de la conversación.

Tabla 21. Resultados de prueba 9.

PRUEBA 9							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite Comcel	E71 Movistar	AM	A	A	M	M	M
		T	A	M	M	M	M
		N	M	M	M	M	M
E71 Movistar	X-Lite Comcel	AM	A	M	M	M	M
		T	A	A	M	M	M
		N	M	M	M	M	M

## 7.10 CONEXIÓN CELULAR A SOFTPHONE (TIGO--COMCEL)

### 7.10.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal móvil con conexión a internet móvil (tigo). A un softphone con conexión a internet móvil (Comcel). Topología descrita en la figura 71.

Figura 71. Escenario de prueba 10.



### 7.10.2 Recursos

- Celular Htc Google (Tigo) y Softphone x-lite (Comcel)

### 7.10.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales, un celular y un softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil Comcel y Internet móvil Tigo). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.10.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz no es aceptable. Debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 22. Donde se observó que el horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Se observó que en horas pico la llamada se escucha entre cortado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es aceptable. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por la conexión a internet móvil la cual no cuenta con una velocidad constante. También se observó que para esta prueba el sentido de la comunicación afecta la calidad de la conversación.

Tabla 22. Resultados de prueba 10.

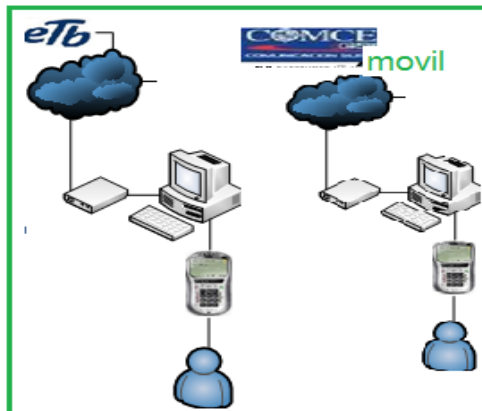
PRUEBA 10							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite Comcel	Google Tigo	AM	A	A	M	M	M
		T	A	M	M	M	M
		N	M	M	M	M	M
Google Tigo	X-Lite Comcel	AM	A	M	M	M	M
		T	M	M	M	M	M
		N	A	M	M	M	M

## 7.11 CONEXIÓN SOFTPHONE A SOFTPHONE (ETB--COMCEL)

### 7.11.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal softphone con conexión a internet banda ancha (etb). A un softphone con conexión a internet móvil (comcel). Topología descrita en la figura 72.

Figura 72. Escenario de prueba 11.



### 7.11.2 Recursos

- Softphone x-lite (etb) y Softphone x-lite (Comcel)

### 7.11.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet móvil Comcel y Internet banda ancha etb). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.11.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es aceptable. Se considera aceptable, debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 23. Donde se observó que el horario en el cual se utilice el servicio afecta en la calidad de la conversación. Se observó que en horas pico la llamada se escucha entre cortado y con retardo, mientras que en horarios pasivos la calidad de la conversación es muy buena. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por la conexión a internet móvil la cual no cuenta con una velocidad constante.

Tabla 23. Resultados de prueba 11.

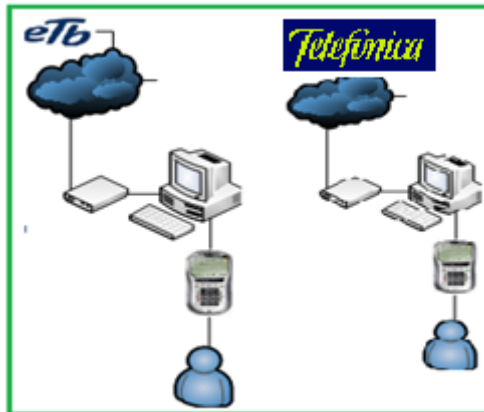
PRUEBA 11							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite Comcel	X-Lite etb	AM	A	A	A	A	A
		T	A	A	M	M	M
		N	A	M	M	M	M
X-Lite etb	X-Lite Comcel	AM	A	A	A	M	M
		T	A	A	A	M	M
		N	M	M	M	M	M

## 7.12 CONEXIÓN SOFTPHONE A SOFTPHONE (TELEFONICA--ETB)

### 7.12.1 Objetivo

Permitir al abonado realizar y recibir llamadas VoIP. Desde un terminal softphone con conexión a internet banda ancha (Telefonica). A un softphone con conexión a internet banda ancha (etb). Topología descrita en la figura 73.

Figura 73. Escenario de prueba 12.



### 7.12.2 Recursos

- Softphone x-lite (Telefonica) y Softphone x-lite (etb)

### 7.12.3 Descripción del escenario

En esta prueba se implementaron dos terminales softphone, cada uno con conexión a internet diferente (Internet banda ancha Telefonica y Internet banda ancha etb). Se realizaron 10 llamadas entre estos dos terminales, en diferentes horarios (mañana, tarde y noche) y diferente sentido de marcación. Donde cada softphone podía realizar y recibir llamadas VoIP.

### 7.12.4 Análisis de resultados Obtenidos

La calidad de la voz es excelente. Se considera excelente, debido a las 10 pruebas realizadas, como se observa en la tabla 24. Donde se observó que el horario en el cual se utilice el servicio no afecta la calidad de la conversación. No agrega interferencia ni retardos. El motivo por el cual se obtiene este grado de calidad, es por el ancho de banda con el cual cuenta la red.

Tabla 24. Resultados de prueba 12.

PRUEBA 12							
ORIGEN	DESTINO		2 MIN	3MIN	4 MIN	5 MIN	6 MIN
X-Lite Comcel	X-Lite etb	AM	E	E	E	E	E
		T	E	E	E	E	E
		N	A	E	E	E	E
X-Lite etb	X-Lite Comcel	AM	E	E	E	E	E
		T	E	A	E	E	E
		N	E	E	E	E	E

## 8. CONCLUSIONES

En el presente proyecto, se diseñó un prototipo de central telefónica VoIP, basada en el software Asterisk y Trixbox, para terminales móviles celulares<sup>1</sup> con conectividad a internet. Se integraron terminales fijos como: ata y softphone, permitiéndole a cada abonado poder recibir y realizar llamadas VoIP desde cualquier conexión a internet. Se implementaron conexiones móviles a internet de diversos operadores como: Comcel, Tigo, Movistar y Une. También se implementaron conexiones de banda ancha con dos proveedores distintos (etb y telefónica). Por último se implementó un valor agregado para la centralita telefónica VoIP como lo es un CDR (reporte de duración de llamada). El cual se implementó por medio del software Trixbox, compuesto por diferentes distribuciones que facilitaron el manejo de la centralita telefónica VoIP. En este documento se especifican los parámetros necesarios para la construcción de la centralita telefónica VoIP, desde la instalación hasta la configuración.

De las pruebas realizadas en el capítulo 7. se observa que para una comunicación VoIP establecida mediante una conexión a internet móvil, el horario en el cual se realice esta comunicación afecta de manera significativa el grado de calidad. Se establece que en horarios pico, donde la demanda del sistema es elevada, el grado de calidad es menor respecto al grado de calidad en horarios pasivos, donde la demanda del sistema es baja. Esto pasa debido al nivel de ocupación del sistema de conexión móvil el cual no tienen la capacidad suficiente para el número de usuarios integrados.

La conexión a internet móvil, por el momento, no cuenta con los requisitos y características necesarias para integrar la tecnología VoIP con un grado de calidad excelente. Se espera que en su evolución a 4G y a LTE, se pueda llegar a obtener un grado de calidad excelente al momento de implementar esta tecnología en redes móviles.

En el capítulo 6.1.3 se calculó teóricamente el tamaño de carga real, el cual está compuesto del tamaño de carga útil más el tamaño de sobre carga generado por los protocolos implementados. Debido a esto, el ancho de banda requerido para este códec aumenta a 52.8 Kbps. Con un retardo teórico de 61.5ms, debido al códec implementado. Según las pruebas realizadas se observó que el valor del retardo real es mayor respecto al valor teórico debido a la sumatoria de retardos de la red de conexión a internet.

El software Asterisk permite tener un control específico del estado de cada una de las llamadas. También verifica el estado de conexión de cada uno de los

---

<sup>1</sup> Los celulares implementados son: Nokia E71 y HTC Google

terminales por medio de los mensajes, peticiones y respuestas establecidas por el protocolo SIP. Se observa que este protocolo es compatible y soportado por la mayoría de los terminales para la tecnología VoIP.

En una comunicación VoIP, se utilizan las redes IP para transportar la voz en paquetes por medio de un conjunto de protocolos encargados de colaborar en el proceso. Donde cada protocolo tiene asignado un rango de puertos específicos para su funcionamiento. Según las pruebas efectuadas, se observó que uno de los factores que impide implementar esta tecnología, es el firewall utilizado en la red, debido a que este bloquea algunos de los puertos asignados por los protocolos e impidiendo así su funcionamiento. Para el caso de los terminales softphone, hay que verificar que el firewall instalado en el pc no tenga bloqueado ninguno de los puertos solicitados. Para redes LAN, hay que verificar que el router no tenga bloqueado estos puertos.

## 9. RECOMENDACIONES

El sistema operativo Linux, cuenta con diversas distribuciones, como lo son: Ubuntu y CentOS. El software Asterisk trabajo con las dos. Aunque la distribución Ubuntu es más fácil de manejar debido a su interfaz, se recomienda implementar la distribución CentOS porque le permite tener mayor rendimiento al Software Asterisk, encargado de la conmutación.

La conexión a internet de la centralita telefónica VoIP debe tener una dirección IP pública, pues esto facilitará la comunicación entre el terminal y el servidor; permitiéndole así, poder tener mayor movilidad al abonado, el cual se podrá comunicar desde cualquier conexión a internet.

Debido a que la tecnología VoIP requiere de un gran ancho de banda para poder brindar un grado de calidad alto, se recomienda, para conexiones a internet banda ancha, configurar en el router los puertos rtp con mayor prioridad respecto a los demás puertos debido a la prioridad que requiere la tecnología VoIP.

Algunos de los factores, con los cuales depende la calidad de servicio de la centralita telefónica VoIP son: la capacidad del servidor y el ancho de banda en la conexión a internet. Es importante implementar una adecuada combinación entre capacidad del servidor y ancho de banda debido a que estos dos trabajan en conjunto, y de nada servirá tener un buen ancho de banda y un servidor de capacidad baja, o viceversa.

Uno de los problemas mas frecuentes a la hora de implementar un terminal VoIP es poder establecer la llamada pero no escuchar la comunicación. Esto pasa debido al bloqueo de los puertos RTP, por tanto la solución a esta falencia es habilitar los puertos 10000 al 20000. Tambien se pueden presentar problemas de registro con la centralita. Esto puede pasar debido al bloqueo de los puertos de señalización, para el caso se tendrá que habilitar el puerto 5060 correspondiente al protocolo SIP, encargado de la inicialización de la llamada.

## GLOSARIO

**ANCHO DE BANDA EFECTIVO.** Es la banda en la cual se concentra la mayor parte de energía de la señal (Stallings, 2000).

**ANTENA.** Es un dispositivo capaz de enviar y recibir las ondas electromagnéticas ubicadas en cierta banda espectral (ancho de banda de la antena) (Huidobro & Roldan, 2006).

**ATA.** Adaptador telefónico Analógico, el cual convierte la señal analógica a digital

**CONMUTACIÓN.** Es la interconexión manual o automática necesaria para establecer la comunicación entre dos aparatos telefónicos (Alvarez C, 2000).

**HTTP.** (protocolo de transferencia de hipertexto), es un protocolo del nivel de aplicación usado para la transferencia de información entre sistemas. Este protocolo se basa en un paradigma de peticiones y respuestas (Alvarez, 2010)

**HUB.** Dispositivo de interconexión que permite conectar varios host o varios segmentos de la misma red (Molina, 2006) .

**INTERFAZ.** Representa el dispositivo que conecta la central con el mundo exterior, que es muy variado, y puede ser líneas análogas, líneas digitales, otras centrales con troncales digitales y análogas (Espinosa, 2000).

**MODULACIÓN.** Consiste en modificar la amplitud la frecuencia o la fase de una señal en función de los valores que tome otra (Huidobro & Roldan, 2006)

**MULTIPLEXACIÓN.** Agrupa las señales procedentes de varios usuarios y construye con ellas una única señal que será la que, finalmente, se transmitirá por el canal (Huidobro & Roldan, 2006).

**PAQUETES.** Reunión de datos a transmitir sobre una red de comunicaciones. Estos constan de dos partes: información y datos de control, donde se especifica la ruta a seguir (Stallings W. , 2004).

**PCM.** Modulación de pulsos codificados, se muestrea la señal analógica y se convierte en un número binario en serie, de longitud fija para su transmisión (Tomasi, 2003)

**PSTN.** Red de telefonía pública switchheada es decir, el servicio telefónico que se utiliza para hacer llamada telefónicas comunes ('VoIP', 2007).

**SEÑALES.** Las señales son representaciones matemáticas como funciones con una o más variables independientes, por ejemplo, la señal de la voz puede ser representada matemáticamente por la presión acústica como una función del tiempo (Oppenheim & Wisllsky, 1997).

**SWITCH.** Tiene la misma función que un Hub y además tiene memoria asociativa en la que guarda la dirección física (Mac) del equipo que está conectado a cada uno de sus puertos (Gomez & Gil, 2008).

**TRANSMISIÓN.** Es la comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales (Stallings, 2000).

**URI.** Identifica los recursos, asignando una dirección en una red (Ponce, 2010)

**URL.** Localizador de recursos uniforme, Dice donde y como encontrar un contenido (Ponce, 2010).

## BIBLIOGRAFÍA

- Quintero Atara, A. P., & Ricaurte Ortega, R. A. (2008). *Herramienta de estimación de la calidad de servicio para la planeación y diseño de redes con servicio VoIP con base en el E-MODEL de la UIT-T*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Alvarez C, O. L. (3 de Noviembre de 2000). *mailxmail.com*. Recuperado el 20 de Marzo de 2010, de <http://www.mailxmail.com/curso-conceptos-conmutacion-telefonica/concepto-conmutacion-telefonica>
- Alvarez, J. (2010). *Nuevas Tecnologías de la programación*. Recuperado el 15 de Octubre de 2010, de [http://www.uhu.es/josel\\_alvarez/NvasTecnProg/recursos/ProtocoloHTTP.pdf](http://www.uhu.es/josel_alvarez/NvasTecnProg/recursos/ProtocoloHTTP.pdf)
- Arango, B. L. (2010). *Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango*. Recuperado el 4 de Marzo de 2010, de <http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/objetos/objetos39.htm>
- Asterisk-ES. (2010). *Comunidad de usuarios de Asterisk-ES*. Recuperado el 23 de Abril de 2010, de <http://www.Asterisk-ES.org>
- Barry, V. G. (2003). Recuperado el 15 de FEBRERO de 2010, de [http://hipercubo.uniandes.edu.co/redes03/pdf/historia\\_Internet.pdf](http://hipercubo.uniandes.edu.co/redes03/pdf/historia_Internet.pdf)
- CentOS. (2009). *The Community ENTERprise Operating System*. Recuperado el 20 de 10 de 2010, de [The Community ENTERprise Operating System: https://www.centos.org/](https://www.centos.org/)
- Chamorro , L., & Pietrosevoli, E. ( 2008). *Redes Inalámbricas para el desarrollo en América Latina y el Caribe*. Asociación para el Progreso de las Comunicaciones.
- Chiesa, L., & Manterola, M. (23 de Mayo de 2007). *Centrales Privadas - PBX*. Recuperado el 5 de Marzo de 2010, de <http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp4/>
- Costa, D. (2002). Linux Versus Windows. *Revista general de información y documentación*, 497-504.

- Dansocial. (15 de Abril de 2009). *Departamento Administrativo Nacional de la Economía Solidaria*. Recuperado el 20 de Abril de 2010, de [http://www.dansocial.gov.co/index.php?option=com\\_remository&Itemid=444&func=fileinfo&id=119](http://www.dansocial.gov.co/index.php?option=com_remository&Itemid=444&func=fileinfo&id=119)
- Davidson, J., & Peters, J. (2001). *Fundamentos de Voz sobre IP*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Digium. (2009). *Asterisk*. Recuperado el 15 de Abril de 2010, de <http://www.asterisk.org/>
- Escuadero, A., & Berthilson, I. (2004). *VoIP para el Desarrollo*. Tanzania: Centro Internacional de Investigación para el desarrollo.
- Espinosa, R. (2000). *La Red Telefónica y otras Redes para Telefonía*. bogota: ARFO Editores e impresores Ltda.
- Estepa, R. (DICIEMBRE de 2004). *Notas de ARSS*. Recuperado el 20 de FEBRERO de 2010, de <http://trajano.us.es/~rafa/ARSS/apuntes/tema1.pdf>
- Estepa, R. (DICIEMBRE de 2004). *Notas de ARSS*. Recuperado el 20 de FEBRERO de 2010, de <http://trajano.us.es/~rafa/ARSS/apuntes/tema1.pdf>
- Garrison, K., & Dempster, B. (2006). *TrixBox Made Easy*. PACKT.
- Gobierno de Chile, subsecretaría de telecomunicaciones. (2010). *Ministerio de transporte y telecomunicaciones*. Recuperado el 5 de Marzo de 2010, de [http://www.subtel.cl/prontus\\_procesostarifarios/site/artic/20070121/asocfile/20070121234735/anexo\\_vi\\_1\\_diseno\\_tecnico.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_procesostarifarios/site/artic/20070121/asocfile/20070121234735/anexo_vi_1_diseno_tecnico.pdf)
- Gomez, J., & Gil, F. (2008). *VOIP Y ASTERISK*. Madrid: Ra-Ma.
- Huidobro, J., & Roldan, D. (2006). *Comunicaciones en redes WLAN*. España: Creaciones Copyright, SL.
- Huidoro, J. M., & Roldan, D. (2006). *Tecnología VoIP y Telefonía IP*. Mexico: ALFAOMEGA.
- informatica, E. T. (2008). *herramientas web para la enseñanza de protocolos de comunicación*. Recuperado el 6 de 3 de 2010, de <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/home.html>

- Jiménez, J. J. (6 de FEBRERO de 2004). *Revistaciencias.com*. Recuperado el 13 de FEBRERO de 2010, de <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyEkkuVlwxnCdrUU.php>
- Lani. (1999). Telefónica inicia sus servicios de voz IP. *La revista de la tecnología y estrategia de negocio en Internet*.
- López, J. M. (s.f). *Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación*. Recuperado el 28 de FEBRERO de 2010, de <http://www.coit.es/foro/estaticas/150/romeovalladolidtexto.pdf>
- Meggelen, J., Madsen, L., & Smith, J. (2007). *Asterisk: el futuro de la telefonía*. Estados Unidos: O'REILLY.
- Molina, J. (2006). *Implementacion de servicios VoIP sobre Asterisk*. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Oppenheim, A., & Wisllsky, A. S. (1997). *Señale y Sistemas*. México: Pearson Educación.
- Ponce, D. (2010). *HTMLQuick.com*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2010, de <http://www.htmlquick.com/es/reference/uri-url.html>
- PONZ, C. (28 de 03 de 2006). Telefonía a través de Internet. *ELPAIS*.
- Sellés, F. (2009). *Introducción a la Telefonía Utilizando Estándares*. España: Universidad de Cádiz.
- Stallings, W. (2004). *Redes E Internet De Alta Velocidad Rendimiento Y Calidad De Servicio*. España: Pearson Prentice Hall.
- Stallings, W. (2000). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. Prentice Hall, 6a Edición, 2000, pp. 443.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tribox. (2010). *trixbox*. Recuperado el 20 de 10 de 2010, de <http://fonality.com/trixbox/trixbox-line-asterisk-based-ip-pbx-products>

Ubuntu. (2010). *ubuntu*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2010, de ubuntu:  
<http://www.ubuntu.com/>

'VoIP'. (22 de Diciembre de 2007). *VoIP Español*. Recuperado el 20 de Marzo de  
2010, de <http://voip.megawan.com.ar/doku.php/pstn>