



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PILOTO DE SERVICIO DE TELEFONÍA IP
PARA LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA POLITÉCNICA
NACIONAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

HIDALGO VALENCIA DANIEL ALEJANDRO
daniel.hidalgov@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ
fabio.gonzález@epn.edu.ec

Quito, Abril 2016

DECLARACIÓN

Yo, Hidalgo Valencia Daniel Alejandro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Hidalgo Valencia Daniel Alejandro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Hidalgo Valencia Daniel Alejandro, bajo mi supervisión.

Ing. Fabio Gonzáles G.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar y de manera muy especial quiero agradecer a mis padres por todo el apoyo brindado, con sus consejos y enseñanzas me han inculcado valores como la constancia y la responsabilidad, que han sido de gran importancia para cumplir un objetivo más en mi carrera estudiantil.

Además deseo agradecer a todos quienes me apoyaron durante la realización de este proyecto, especialmente al Ing. Fabio Gonzáles G. por su ayuda y guía en la ejecución de este trabajo, además a todo el personal que conforma la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, por brindarme las facilidades necesarias para la elaboración del proyecto e implementación del servicio.

Finalmente, quisiera agradecer a todos mis compañeros, amigos y personas especiales que han sido parte de mi vida y que de una u otra manera han influenciado positivamente en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Este trabajo y todo el esfuerzo que conllevó, lo dedico a mis padres, quienes han sido mi soporte y apoyo durante todas las etapas de mi vida estudiantil, además de un ejemplo a seguir en mi vida personal; espero seguir enorgulleciéndolos y poder retribuirles todo lo que han hecho por mí.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO 1	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. VoIP	1
1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROTOCOLOS.....	1
1.3. TELEFONÍA IP	8
1.3.1 VENTAJAS DE LA TELEFONÍA IP.....	11
1.3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA IP	12
1.4. ELASTIX	14
1.4.1 DEFINICIÓN DE ELASTIX	15
1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE ELASTIX	17
1.4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ELASTIX	19
1.4.4 LICENCIAMIENTO	21
1.5. SOFTPHONES	21
1.5.1 ESTUDIO DE LAS APLICACIONES.....	21

1.5.2	ZOIPER	23
CAPÍTULO 2		25
2.1.	INTRODUCCIÓN	25
2.2.	DIMENSIONAMIENTO DE HARDWARE PARA EL SERVIDOR ELASTIX .	25
2.2.1	RECOMENDACIONES PARA INSTALAR ELASTIX.....	26
2.3.	REQUERIMIENTOS DE LA RED DE DATOS	28
2.3.2	ANÁLISIS DEL TRÁFICO.....	28
2.3.3	CALIDAD DE SERVICIO	31
2.4.	DESEMPEÑO DEL SERVIDOR ELASTIX.....	33
2.4.1	HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS	33
2.4.2	PRUEBAS DE DESEMPEÑO DEL SERVIDOR.....	35
2.5.	IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE VOIP	42
2.5.1	ACCESO A LA ADMINISTRACIÓN DE SERVIDOR	42
2.5.2	CREACIÓN DE EXTENSIONES	45
2.5.3	INTEGRACIÓN DE AMBAS CENTRALES TELEFÓNICAS	46
2.5.4	CONFIGURACIÓN DEL SOFTPHONE.....	63
CAPÍTULO 3		66
3.1.	INTRODUCCIÓN	66
3.2.	PRUEBAS EN EL SERVIDOR ELASTIX	66
3.2.1	Establecimiento de llamadas	68
3.2.2	Análisis de datos obtenidos	70
3.3.	PRUEBAS DESDE EL SERVIDOR ELASTIX HACIA LA CENTRAL DE LA EPN.....	72
3.3.1	Establecimiento de llamadas	73
3.3.2	Análisis de datos obtenidos	76

3.4. PRUEBAS DESDE LA CENTRAL TELEFÓNICA EPN HACIA EL SERVIDOR ELASTIX	78
3.4.1 Establecimiento de llamadas	79
3.4.2 Análisis de datos obtenidos	82
3.5. PRUEBAS DE SERVICIOS ADICIONALES.....	83
3.5.1 Videollamada	83
3.5.2 Salas de conferencia	84
CAPÍTULO 4	85
4.1. CONCLUSIONES.....	85
4.2. RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Registro del cliente SIP en el servidor.....	6
Figura 1.2 Establecimiento de llamada	6
Figura 1.3 Finalización de la llamada	7
Figura 1.4 Protocolos involucrados en una llamada SIP	8
Figura 1.5 Representación gráfica del funcionamiento de la telefonía IP	14
Figura 1.6 Soluciones que incluye Elastix	16
Figura 1.7 Esquema de los componentes de Elastix.....	16
Figura 1.8 Interfaz gráfica de Zoiper	24

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Esquema de versiones de Elastix	27
Figura 2.2 Instalación de Elastix.....	28
Figura 2.3 Gráfico del monitoreo de tráfico de la Central Telefónica.....	29
Figura 2.4 Resumen del monitoreo realizado.....	30
Figura 2.5 Intercambio de mensajes en una llamada SIP	34
Figura 2.6 Configuración del archivo sip.conf.....	36
Figura 2.7 Configuración del archivo extensions.conf.....	37
Figura 2.8 Indicador de estadísticas de SIPp 1600 llamadas.....	39
Figura 2.9 Resultados de XenCenter en la prueba de 1600 llamadas	39
Figura 2.10 Resultados de htop en la prueba de 1600 llamadas	40
Figura 2.11 Indicador de estadísticas de SIPp 1700 llamadas.....	40
Figura 2.12 Resultados de XenCenter en la prueba de 1700 llamadas	41
Figura 2.13 Resultados de XenCenter en la prueba de 1700 llamadas	41
Figura 2.14 Pantalla de inicio de sesión interfaz Web Elastix	42
Figura 2.15 Pantalla principal del servidor Elastix	43
Figura 2.16 Ingreso al servidor mediante PuTTY	44
Figura 2.17 Inicio de sesión en el servidor	44
Figura 2.18 Consola de administración del servidor.....	44

Figura 2.19 Configuración de extensiones telefónicas	45
Figura 2.20 Creación de nueva Troncal SIP.....	47
Figura 2.21 Formulario de creación de la troncal	48
Figura 2.22 Configuración de las reglas de marcado	49
Figura 2.23 Opciones salientes	50
Figura 2.24 Opciones entrantes	51
Figura 2.25 Creación Ruta Saliente	51
Figura 2.26 Formulario de creación Ruta Saliente	52
Figura 2.27 Configuraciones de sip.conf	53
Figura 2.28 Configuraciones de extensions.conf.....	54
Figura 2.29 Plataforma de Gestión de la Central Telefónica EPN.....	55
Figura 2.30 Creación del Profile	56
Figura 2.31 Configuración general del Profile	56
Figura 2.32 Configuración de la dirección IP del Endpoint.....	57
Figura 2.33 Configuración de servicios del Endpoint	57
Figura 2.34 Configuración general del Endpoint	58
Figura 2.35 Configuración SIP para el Endpoint	58
Figura 2.36 Configuración de atributos del Endpoint.....	59
Figura 2.37 Configuración del alias del Endpoint	59
Figura 2.38 Configuración de rutas del Endpoint	60
Figura 2.39 Ventana para la creación de un plan de marcado	60
Figura 2.40 Creación del prefijo de acceso	61
Figura 2.41 Configuración de Destination Code.....	62
Figura 2.42 Creación de la ruta de retorno.....	62
Figura 2.43 Configuración de Prefix Access Code	63
Figura 2.44 Configuración del softphone.....	64
Figura 2.45 Registro exitoso.....	65
Figura 2.46 Registro fallido.....	65
CAPÍTULO 3	
Figura 3.1 Primer escenario de pruebas	67
Figura 3.2 Extensiones Creadas	67

Figura 3.3 Recepción de llamadas	68
Figura 3.4 Resumen de llamadas realizadas	69
Figura 3.5 Resumen de llamadas realizadas y recibidas por extensión.....	69
Figura 3.6 Comunicaciones más frecuentes	69
Figura 3.7 Captura de paquetes en una llamada SIP	70
Figura 3.8 Intercambio de mensajes en una llamada SIP	70
Figura 3.9 Detalle de ambos mensajes INVITE.....	72
Figura 3.10 Segundo escenario de pruebas	73
Figura 3.11 Realización de la llamada	74
Figura 3.12 Recepción de la llamada	74
Figura 3.13 Resumen de llamadas hacia la Central Telefónica EPN	75
Figura 3.14 Reporte gráfico de llamadas salientes	75
Figura 3.15 Llamadas salientes más frecuentes	76
Figura 3.16 Captura de paquetes en una llamada SIP escenario 2	77
Figura 3.17 Intercambio de mensajes en una llamada SIP escenario 2.....	77
Figura 3.18 Detalle de ambos mensajes INVITE escenario 2	78
Figura 3.19 Tercer escenario de pruebas	78
Figura 3.20 Realización de la llamada escenario 3	80
Figura 3.21 Recepción de la llamada escenario 3.....	80
Figura 3.22 Resumen de llamadas recibidas desde la Central Telefónica EPN.....	81
Figura 3.23 Llamadas entrantes más frecuentes	81
Figura 3.24 Captura de paquetes en una llamada SIP escenario 3	82
Figura 3.25 Intercambio de mensajes en una llamada SIP escenario 3.....	82
Figura 3.26 Detalle del INVITE escenario 3	83
Figura 3.27 Pruebas de video llamada.....	84
Figura 3.28 Lista de usuarios dentro de la conferencia.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Mensajes de respuesta SIP.....	5
Tabla 1.2 Principales Códecs y sus características	10
Tabla 1.3 Cuadro comparativo de las aplicaciones escogidas.....	22

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Requerimientos mínimos para la instalación de Elastix.....	26
Tabla 2.2 Comparativa de las diferentes revisiones del estándar 802.11	31
Tabla 2.3 Sintaxis para las reglas de marcado.....	49
Tabla 2.4 Resumen de archivos de configuración editados	53

RESUMEN

El presente proyecto tiene como principal objetivo brindar el servicio de telefonía IP a los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, para ello se implementó un piloto de este servicio mediante un servidor de central telefónica IP basado en software libre, el mismo que albergará las extensiones telefónicas pertenecientes a los estudiantes de las diversas facultades y que a su vez está integrado con la central telefónica de la Institución, permitiendo la comunicación entre ambas centrales sin generar costos y haciendo uso de la red de datos de la EPN.

Para la implementación se utilizó el software Elastix como servidor de telefonía IP, en esta plataforma se configuraron las extensiones que serán entregadas a los estudiantes, de esta manera los usuarios podrán comunicarse entre sí y además mediante este mismo sistema podrán llamar hacia las extensiones de los funcionarios que laboran en la Escuela Politécnica Nacional.

Gracias al apoyo de la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, se brindaron todas las facilidades para el acceso a equipos, además de otorgar los permisos necesarios a nivel de red, lo que permitió la comunicación e integración de las centrales telefónicas haciendo posible la implementación del piloto de servicio.

Luego del proceso de implementación y configuración, se entró a una etapa de pruebas, las mismas que permitieron analizar la capacidad que tiene el servidor Elastix, para soportar grandes volúmenes de llamadas simultáneas sin que se vean afectados sus recursos y provocando posibles problemas de rendimiento. Una vez finalizada esta etapa se realizaron llamadas telefónicas entre los usuarios del servidor Elastix y además desde o hacia la central telefónica de la EPN, con esto se logró comprobar el funcionamiento del servicio y se verificó que es posible la comunicación entre ambas centrales IP.

PRESENTACIÓN

En la actualidad una de las principales necesidades que tiene la humanidad es la comunicación, si bien es cierto que existen varios sistemas que satisfacen esta necesidad, algunos de estos métodos tradicionales pueden llegar a ser costosos o inseguros. La telefonía IP se ha vuelto una solución de comunicaciones que combina la seguridad, resistencia, flexibilidad y escalabilidad, por todas estas características es uno de los sistemas más utilizados recientemente tanto por empresas e instituciones educativas.

En la Escuela Politécnica Nacional se ha manifestado la necesidad de ofrecer a los estudiantes un servicio que les permita estar comunicados entre ellos, de manera gratuita, mediante el uso de sus propios dispositivos tecnológicos ya sean estos teléfonos inteligentes, tablets o computadores portátiles y utilizando los recursos que la red de datos de la Institución les ofrece; el servicio no estaría completo si no habría la posibilidad de que los estudiantes puedan comunicarse además con los docentes y funcionarios de la EPN, por este motivo la solución se integra de manera transparente con la central telefónica IP de la Universidad.

Por las razones expuestas anteriormente, se ha llegado a la conclusión de que la solución más óptima, para brindar el servicio de telefonía IP a los estudiantes de la Institución está implementada en el presente proyecto; se pone a consideración este piloto de servicio para que la Dirección de Gestión de la Información y Procesos lo tome como una alternativa y lo utilice como un recurso definitivo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de comunicarse a largas distancias, ha hecho que las personas desarrollen varios medios por los cuales enviar sus mensajes, el más reciente son las telecomunicaciones, estas han ido evolucionando a lo largo de varias décadas, en la actualidad la transmisión de voz sobre las redes de datos es una de las alternativas más acogidas, esto se debe a su bajo costo de implementación con respecto a un PBX común, el mantenimiento de los equipos es más sencillo y la posibilidad de utilizar software en el dispositivo final del usuario simplifica la prestación del servicio.

1.2. VOIP [1], [2], [5]

VoIP hace referencia a la tecnología necesaria para la transmisión de voz a través de una red de datos basada en el protocolo IP, todo esto abarca una serie de protocolos que pueden ser clasificados en tres grupos: protocolos de señalización, de transporte de voz y de plataforma IP; además del software necesario para la implementación del sistema de la central telefónica.

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROTOCOLOS [1], [2], [4], [6], [7], [8], [9], [10]

A continuación se hará un breve resumen acerca de los diferentes tipos de protocolos nombrados anteriormente:

1.2.1.1 Protocolos de señalización

Estos protocolos cumplen con las funciones de establecer la sesión, controlar el progreso de la llamada, entre otras. Según el modelo OSI¹, estos protocolos se encontrarían en la capa sesión, es decir en la capa 5.

Varias organizaciones han sido quienes han desarrollado estos protocolos, entre los que constan la ITU-T² y la IETF³, entre los protocolos más importantes y más utilizados tenemos:

¹ Modelo de referencia para los protocolos de red la arquitectura en capas

² Unión Internacional de Telecomunicaciones

³ Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)

1.2.1.1.1 SIP

Session Initiation Protocol, es un protocolo desarrollado por la IETF⁴, su arquitectura es distribuida, flexible, escalable, lo que le permite establecer, modificar y finalizar llamadas, además del registro y localización de los usuarios entre otras funcionalidades.

Debido a que SIP es un protocolo de señalización no permite reservar recursos, por lo que no asegura la calidad de servicio, es decir se puede definir a SIP como un protocolo de control de llamada más no de control del medio; luego de que finaliza el proceso del establecimiento de la llamada, el intercambio del tráfico de voz se lo hace a través del protocolo RTP que será visto más adelante en este capítulo.

Algunas de las características importantes de SIP son las siguientes:

- No es un protocolo propio de la telefonía IP, se lo usa en cualquier aplicativo que necesite inicio de sesión como por ejemplo: juegos en red, sistemas distribuidos de realidad virtual o videconferencia.
- Descubre de manera dinámica si el cliente está disponible.
- Puede resolver direcciones y además realizar un mapeo de usuarios.
- Origina y administra el inicio de sesión entre el cliente y el servidor.
- SIP soporta autenticación de los usuarios a través de HTTP.

Es importante mencionar que SIP no realiza todo el trabajo por sí solo, SDP (Session Description Protocol) es un protocolo embebido en SIP que se encarga de la negociación del códec, los diferentes servicios multimedia y adicionalmente de los puertos para la comunicación. Normalmente SIP utiliza el puerto 5060 en texto plano, sin embargo en caso de trabajar como un protocolo seguro SIPS la comunicación se la hace a través del puerto 5061 utilizando TLS (Transport Security Protocol) en su capa transporte lo que le permite encriptar la información y de esta manera bloquear los ataques a la que estaría expuesta; sin embargo en la práctica se pueden usar los puertos comprendidos entre el 5060 al 5070.

⁴ Internet Engineering Task Force: organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet.

1.2.1.1.1.1 Entidades SIP

Una manera sencilla de clasificar a las entidades SIP será dividir las en dos grupos: clientes y servidores, para tener una clasificación más precisa a continuación se describirá brevemente estas entidades:

- Servidor Proxy: recibe las solicitudes de los clientes las encamina hacia otros servidores para que sean resueltas.
- Servidor de redireccionamiento: Traduce las dirección SIP destino en una o varias direcciones de red, luego de esto devuelve esas direcciones al cliente, es decir redirecciona las llamadas hacia otros servidores.
- Agente usuario: se lo conoce como UA “user agent”, es el aplicativo instalado en el dispositivo final de usuario, que se encarga de enviar y recibir solicitudes SIP.
- Registrador: Se encarga de recibir las solicitudes para el registro de usuarios, estas peticiones las hace el cliente a través del mensaje REGISTER.

1.2.1.1.1.2 Direcciones SIP

Las entidades SIP identifican a sus usuarios mediante el direccionamiento SIP; por lo general el agente de usuario no conoce la dirección IP del destinatario de la llamada, para esto se utilizan direcciones que identifiquen a los clientes, estos identificativos tienen un formato similar a una dirección de correo electrónico es decir “*nombre_usuario@servidor*”, el nombre de usuario puede ser un nombre o la extensión y el servidor puede ser el nombre de dominio o la dirección IP.

1.2.1.1.1.3 Mensajes SIP

EL protocolo SIP utiliza mensajes de solicitud y de respuesta, los cuales sirven para establecer la comunicación y realizar el control de las llamadas entre usuarios.

- **Mensajes de solicitud**

INVITE: Es el encargado de iniciar la llamada; la cabecera de este mensaje contiene información referente a las direcciones de origen y destino, prioridad

de la llamada, peticiones de direccionamiento o enrutamiento, y las características deseadas de la respuesta.

ACK: Es la confirmación de recepción de un mensaje, se lo usa para un intercambio confiable de los mensajes.

BYE: Este mensaje permite la finalización de una sesión establecida, es decir sirve para solicitar la terminación de una llamada entre dos usuarios.

CANCEL: Sirve para solicitar la cancelación de una petición que se encuentra pendiente.

OPTIONS: Se utiliza para solicitar la información de las capacidades y el estado del cliente o del servidor; mediante este mensaje se puede saber si está en capacidad de transmitir VoIP.

REGISTER: Sirve para informar a un servidor de registro acerca de la dirección SIP y la dirección IP del cliente.

- **Mensajes de respuesta**

Clase 1xx: Son mensajes de información que indican que la solicitud ha sido recibida y está siendo procesada.

Clase 2xx: Mensaje de éxito, indican que el requerimiento ha sido recibido y aceptado.

Clase 3xx: Son mensajes de reenrutamiento; informan que la llamada necesita ser procesada para poder realizarla.

Clase 4xx: Son mensajes de error del requerimiento del cliente, es decir la petición no puede ser aceptada, esta debe ser modificada y reenviada.

Clase 5xx: Son mensajes de error del servidor, informan acerca del fallo del servidor en procesar un requerimiento válido.

Clase 6xx: Son mensajes de fracaso global, es decir que la solicitud no puede ser procesada por ningún servidor.

A continuación en la Tabla 1.1 se podrán encontrar los mensajes de respuesta SIP, clasificados por la clase a la que estos pertenecen.

Tanto los mensajes de solicitud como los de respuesta se generan durante el proceso de establecimiento de la llamada, es la manera que tiene el servidor para conversar con el cliente y viceversa.

Tipo	Mensaje
Información	100 Trying 180 Ringing 181 Call forwarded 182 Queued 183 Session Progress
Confirmación	200 OK
Redirección	300 Multiple Choices 301 Moved Perm. 302 Moved Temp. 380 Alternative Serv.
Error de petición	400 Bad Request 401 Unauthorized 403 Forbidden 404 Not Found 405 Bad Method 415 Unsupported Content 420 Bad Extensions 486 Busy Here
Error de servidor	500 Server Error 501 Not Implemented 503 Unavailable 504 Timeout
Error Global	600 Busy Everywhere 603 Decline 604 Doesn't Exist 606 Not Acceptable

Tabla 1.1 Mensajes de respuesta SIP

1.2.1.1.1.4 Intercambio de mensajes SIP

Previo a que se realice cualquier llamada, es necesario que el cliente SIP se registre en el servidor, a continuación en la Figura 1.1 se muestra el intercambio de mensajes para el registro, este proceso se realiza mediante una conversación que se mantiene entre el usuario y el servidor Elastix.

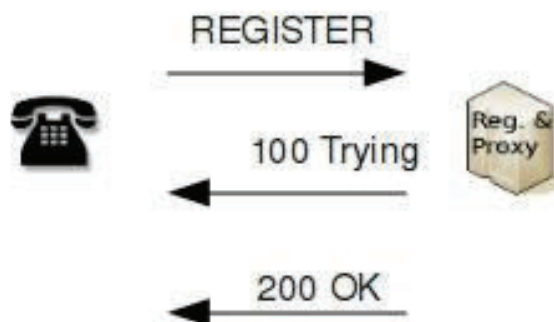


Figura 1.1 Registro del cliente SIP en el servidor

Al momento de realizar una llamada entre dos terminales SIP, el cliente debe conversar con el servidor y viceversa para que se establezca la sesión y los clientes puedan comunicarse.

A continuación en la Figura 1.2 se muestra el intercambio de mensajes en la etapa de establecimiento de la llamada.

Finalmente, el momento en que una extensión quiere finalizar la llamada, se produce el último intercambio de mensajes y de esta manera se termina la comunicación, este proceso es más simple que el establecimiento de la conexión y se lo puede observar en el diagrama presentado en la Figura 1.3 a continuación.

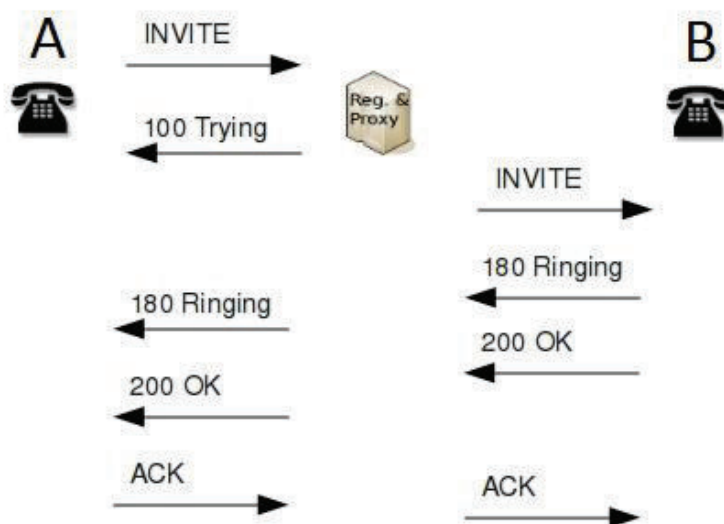


Figura 1.2 Establecimiento de llamada

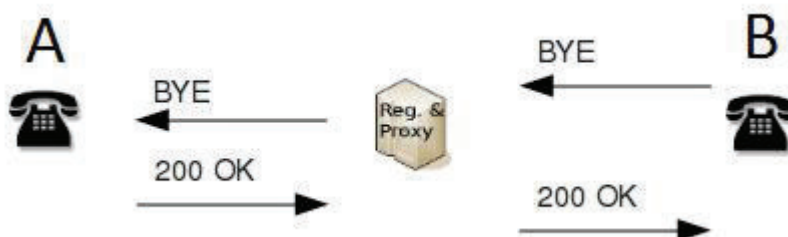


Figura 1.3 Finalización de la llamada

1.2.1.1.2 IAX

Inter-Asterisk eXchange protocol, este es un protocolo usado por Asterisk⁵ para manejar conexiones entre servidores aunque actualmente también se lo utiliza para la comunicación entre clientes y servidores. Uno de los principales objetivos para los cuales está diseñado este protocolo es para minimizar el ancho de banda utilizado en la transmisión de multimedia a través de la red IP.

1.2.1.1.3 H.323

Es un estándar desarrollado por la ITU-T, que contempla el control de llamadas, la gestión de la información y el ancho de banda en conexiones punto a punto y punto a multipunto, una ventaja de este estándar es que especifica la pila de protocolos por capa lo que facilita la interoperabilidad.

1.2.1.2 Protocolos de transporte de voz

Dentro de esta categoría está el protocolo RTP (Real-time Transport Protocol) este protocolo entra en funcionamiento luego de que se ha establecido la llamada, básicamente se encarga de transportar la voz como carga útil y con el menor retraso posible.

1.2.1.3 Protocolos de plataforma IP

En este grupo entrarían los protocolos conocidos como familia de protocolos TCP/IP, estos son la base para que todo el sistema funcione; sobre estos protocolos funcionan los mencionados anteriormente. Dentro de esta categoría se puede mencionar los protocolos más importantes como son Ethernet, IP, TCP y UDP.

⁵ Programa de software libre que proporciona funcionalidades de una central telefónica.

No se ahondará en la descripción de cada uno ya que los mismos han sido tratados con más detalle en proyectos de titulación anteriores.

En la figura 1.4, se representa la pila de protocolos que participan en la realización de una llamada SIP, cabe recalcar que pese a que SIP soporta tanto UDP como TCP, en Asterisk, SIP está implementado de manera que esté disponible únicamente para UDP.

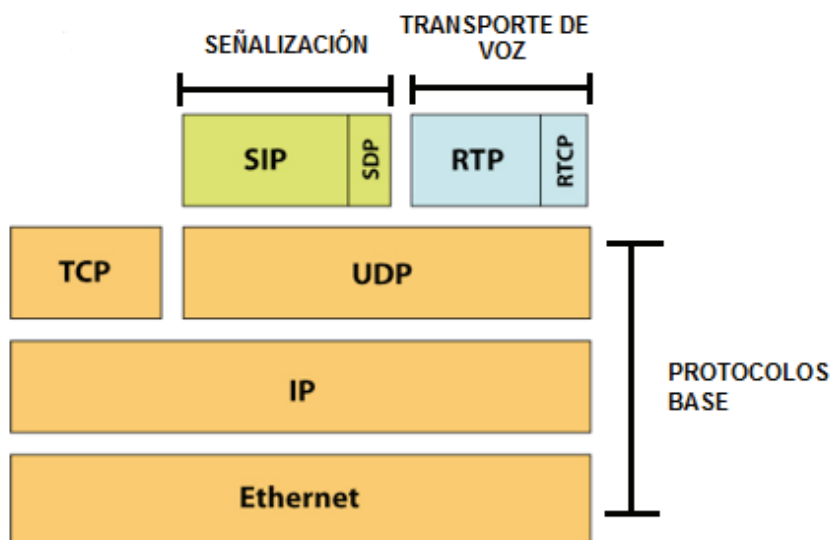


Figura 1.4 Protocolos involucrados en una llamada SIP [1]

Uno de los mayores retos que la VoIP debe vencer es el hecho que las redes IP están diseñadas para datos que no son sensibles a retardos lo cual es una gran ventaja, pero al mismo tiempo esto representa un gran problema para la transmisión de voz por su sensibilidad a los problemas de transmisión. Gracias a que la evolución en la calidad de las comunicaciones ha sido bastante grande, actualmente se podría decir que esta es una alternativa factible y de gran utilidad, lo cual no sería posible sin el desarrollo de los protocolos antes mencionados.

1.3. TELEFONÍA IP [1], [2], [3], [4]

Luego de conocer y entender lo que es la transmisión de voz sobre el protocolo IP, resultará más fácil entender el concepto de telefonía IP, el mismo que se refiere a usar VoIP como un servicio disponible al usuario, es decir un sistema organizado,

controlado y que cuenta con un plan de numeración que permite entablar comunicaciones telefónicas punto-punto.

También es importante mencionar que en telefonía IP se debe prestar atención a algunos parámetros que podrían causar inconvenientes, los más importantes son: la latencia, la codificación y la comprensión de la voz, además del jitter, la pérdida de paquetes y el eco entre otros.

A continuación se aclarará brevemente de que se tratan cada uno de los parámetros antes mencionados:

- **Pérdida de paquetes**

En una transmisión de datos los paquetes pueden perderse o llegar en un orden incorrecto. Las pérdidas se deben comúnmente a que los equipos de red pueden fallar al momento de liberar los paquetes si estos llegan cuando los buffers se encuentran llenos.

Adicionalmente durante la transmisión, los paquetes pueden tomar caminos diferentes lo que causará que lleguen en diferente orden afectando en gran medida al flujo de datos para la transmisión de voz, la cual se sabe que es muy sensible a cualquier pérdida de sincronía.

Para que la comunicación no se degrade, la pérdida de paquetes admitida es inferior al 1%, pero va a depender también del códec que se esté utilizando, por ejemplo una pérdida del 1% de paquetes afecta más si se usa el códec G.729 en vez del G.711.

- **Latencia**

También llamada retardo, es un problema de cualquier red de telecomunicaciones. Para comprender de mejor manera se dirá que la latencia es el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente hacia el destino; por lo tanto, para aplicaciones como VoIP que son comunicaciones en tiempo real, en caso de que la latencia sea excesiva podría llegar a dejarla inservible.

Los valores recomendados de latencia para que un sistema de VoIP funcione con normalidad deben ser inferiores a 150 ms, esto se debe a que el oído humano percibe retrasos de unos 250 ms o 200 ms en caso de personas más sensibles.

- **Codificación y compresión de la voz**

Debido a que la señal analógica propia de la voz debe ser transmitida a través de la red de datos, es necesario que se digitalice dicha señal, esto se lo realiza mediante el uso de códecs de audio.

El proceso consiste en realizar una modulación digital de la señal y de esta manera obtener muestras que constituirán la nueva señal a ser transmitida.

Existen tres criterios importantes a ser tomados en cuenta al momento de seleccionar un códec, el primero hace referencia a la cantidad de recursos que serán necesarios para su funcionamiento, en segundo lugar está la compresión es decir el ancho de banda que se utilizará para enviar la información y finalmente la calidad de la señal obtenida luego de digitalización.

En la tabla 1.2 se encuentra un cuadro comparativo de algunas características de los principales códecs utilizados para VoIP.

Códec	Taza de bits (Kbps)	Tamaño de muestra (Bytes)	Taza de muestreo (ms)	Calidad MOS	Tamaño de la carga útil (Bytes)	Tamaño de la carga útil (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda (Kbps)
G.711	64	80	10	4.3	160	20	50	87.2
G.729	8	10	10	3.7	20	20	50	31.2
G.723.1	6.3	24	30	3.9	24	30	33.3	21.9
G.723.1	5.3	20	30	3.8	20	30	33.3	20.8
G.726	32	20	5	3.85	80	20	50	55.2
G.726	24	15	5	-----	60	20	50	47.2
G.728	16	10	5	3.61	60	30	33.3	31.5
G.722	64	80	10	4.13	160	20	50	87.2

Tabla 1.2 Principales Códecs y sus características [15]

- **Jitter**

Es un efecto que ocurre en las redes no orientadas a conexión, se entiende por Jitter a la variación en el tiempo de llegada de los paquetes, debido a varios factores como congestión en la red, paquetes no sincronizados o a las diferentes rutas que siguen estos para llegar al destino.

Un valor de Jitter aceptable debe ser inferior a 100 ms, para dar solución a este problema normalmente los teléfonos IP tanto en hardware como en software, cuentan con buffers que reciben los paquetes y los despachan con pequeños retardos.

- **Eco**

Se produce debido a la conversión de 2 a 4 hilos en el canal transmisor de los sistemas telefónicos, o también por el retorno de la señal que se escucha por los parlantes y reingresa por el micrófono.

Es tolerable si el eco llega a 65 ms y una atenuación de 25 a 30 dB, para dar solución a este problema existen los supresores de eco y los canceladores de eco.

1.3.1 VENTAJAS DE LA TELEFONÍA IP [1], [3], [5]

A continuación se enlistarán algunas de las ventajas más importantes que la telefonía IP ofrece:

- Una de las ventajas más importantes es el costo, no solo en la parte de implementación de la solución sino también en el servicio propiamente dicho, esto se debe a que se utiliza la misma red para transmitir voz y datos simultáneamente lo que conlleva a una optimización de recursos y por ende un ahorro de dinero en la puesta en marcha de servicio.
- Otra ventaja es que el servicio normal de telefonía contempla costos fijos, mismos que la telefonía IP no tiene, por estos motivos se dirá que es una solución más barata que su equivalente en telefonía convencional.

- Otra ventaja que este sistema ofrece, es que se puede realizar una llamada desde cualquier parte del mundo en la que exista conectividad a Internet; esto es algo bastante útil sobre todo para usuarios que viajen con frecuencia y necesitan mantener la comunicación con su lugar de trabajo por ejemplo.
- La integración con varios equipos finales de usuario puede ser considerada una ventaja bastante importante, la facilidad de instalar software que permita realizar llamadas en un Smartphone, un computador, una Tablet o el uso de un teléfono IP brinda un gran abanico de soluciones para acceder al servicio.
- Una ventaja adicional puede ser considerada la variada gama de soluciones, en lo que se refiere a software tanto propietario como software libre, para la implementación de centrales de telefonía IP.
- La facilidad en cuanto al crecimiento es importante ya que si existe la necesidad de la creación de nuevas extensiones, al ser un sistema basado en software, simplemente se accede a la configuración y se aumentan las líneas requeridas sin el problema que conlleva el adquirir equipos que muchas veces pueden ser costosos.
- La posibilidad de actuar de manera casi inmediata ante una avería es una ventaja muy importante, es decir en caso de presentarse cualquier inconveniente que afecte el funcionamiento del servicio, si se posee un respaldo del sistema, es bastante simple poner en funcionamiento nuevamente la central, ahorrando tiempo y sobre todo dinero a los usuarios de esta solución.
- Finalmente, otra ventaja importante es la facilidad para brindar soporte de manera remota y rápida, desde el módulo de administración de la central se puede solucionar gran cantidad de problemas, sin la necesidad del desplazamiento de un técnico lo que podría representar costos adicionales.

1.3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA IP

Para explicar de una manera clara el funcionamiento de una llamada mediante un sistema de telefonía IP, se describirá el proceso utilizando la figura 1.5, en la que se

muestran los diversos dispositivos que se pueden comunicar, la manera en la que estarían conectados y que sucede al realizar la llamada.

En primer lugar, se muestra el escenario real en el que se implementará el proyecto, es decir en la Escuela Politécnica Nacional, mediante el uso de la red de datos de la institución se brindará el servicio de comunicación entre varios dispositivos como son teléfonos inteligentes, computadores con software que permita la realización de llamadas IP y los teléfonos IP con los que cuenta la Escuela.

Cuando un usuario quiera comunicarse con cualquier otro, sin importar el dispositivo que esté usando para su conexión, se lleva a cabo un proceso que se lo podría enumerar de la siguiente manera:

- a) Al iniciar la llamada software del dispositivo se registra en la central IP (Servidor Elastix o Central IP de la EPN dependiendo el dispositivo que inicie la llamada), luego de esto la central se encarga de entablar el circuito de comunicación.
- b) Una vez que el circuito está listo, el otro lado debe atender la llamada para entablar la conversación.
- c) La voz al ser una señal analógica también sufre un proceso de transformación para que pueda viajar a través del protocolo IP, consiste en la codificación y compresión de la señal, esto es realizado por el software del dispositivo fuente, mientras que el dispositivo de destino realiza el proceso inverso, permitiendo la comunicación entre ambas partes.
- d) Finalmente cuando uno de los dos extremos finaliza la llamada, se envía una señal a la central IP para que se cierre sesión y se corte el circuito de comunicación.

La telefonía IP es bastante similar a la telefonía tradicional, en si su concepto es el mismo, son pequeñas diferencias las cuales denotan un gran cambio y evolución en las comunicaciones, gracias a este tipo de tecnología los costos han disminuido notablemente, permitiendo una acogida cada vez mayor lo que deriva en el fortalecimiento y mejoramiento de este servicio.

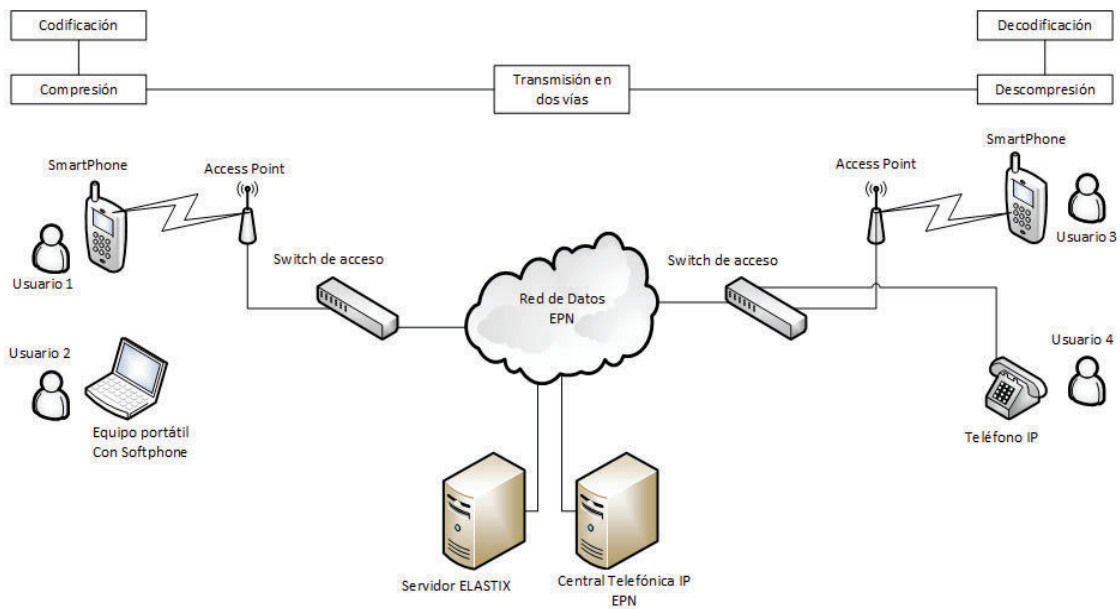


Figura 1.5 Representación gráfica del funcionamiento de la telefonía IP

1.4. ELASTIX [1], [11], [12], [13], [14]

Como ya se explicó la telefonía IP no es más que brindar VoIP como servicio a usuarios, para que esto sea posible es necesaria la implementación y configuración de una central de telefonía IP, la cual será la plataforma encargada del registro de los usuarios y de establecer las diferentes conexiones para la realización de las llamadas. La implementación del servidor de central telefónica se la hará mediante el software de comunicaciones unificadas Elastix.

Este software fue diseñado en el 2006 por la empresa ecuatoriana PaloSanto Solutions, en un inicio servía únicamente como una interfaz que mostraba registros de llamadas de Asterisk, pero ha ido evolucionando para convertirse en un sistema completo de comunicación.

Un detalle interesante de este desarrollo, es elaborar una solución que permita instalar Asterisk a través de la instalación de un sistema operativo sobre un servidor y adicionarle más funcionalidades, en resumen la principal función de Elastix es la parte de voz sobre IP, ya que el sistema está basado en Asterisk, pero se complementa con varias funciones adicionales para brindar el servicio de comunicaciones unificadas.

1.4.1 DEFINICIÓN DE ELASTIX

Elastix es una distribución de software libre que permite implementar un Servidor de Comunicaciones Unificadas, las diferentes funciones que ofrece esta plataforma están basadas en cuatro programas de software que han servido de pilares fundamentales en la implementación de los diversos servicios, estos programas son: Asterisk para la solución de PBX, Hylafax⁶ que ofrece el servicio de Fax, Postfix⁷ que acopla la parte de correo electrónico y Openfire⁸ que brinda la opción de mensajería instantánea. Para los objetivos de este proyecto se hará uso únicamente de la función de telefonía, con la posibilidad de seguir implementando las demás características para brindar un servicio de comunicaciones unificadas.

En resumen Elastix integra diferentes tecnologías de comunicaciones como son:

- PBX
- Fax
- Email
- Mensajería Instantánea (IM)
- Calendario
- Colaboración

Con el objetivo de incorporar todas las alternativas de comunicación empresariales en una única solución, pero ya que el presente proyecto busca implementar únicamente la parte del servicio de telefonía IP no se entrará en detalles explicando las demás tecnologías. Además de lo expuesto anteriormente Elastix está basado en la distribución de Linux orientada a servidores llamada CentOS, como sistema operativo para su funcionamiento.

A continuación en la figura 1.6 y solo a manera de información, se muestra de manera gráfica las tecnologías que ofrece Elastix, siendo sistema de comunicaciones unificadas, se pueden tener varios servicios en una misma plataforma.

⁶ Programa de software libre que proporciona funcionalidades de servidor de fax.

⁷ Programa de software libre que proporciona funcionalidades de servidor de correo electrónico.

⁸ Programa de software libre que proporciona funcionalidades de servidor de mensajería instantánea.



Figura 1.6 Soluciones que incluye Elastix [1]

Para entender de mejor manera como está constituida la arquitectura de Elastix, a continuación en la figura 1.7, se muestran los componentes que posee y la relación de los mismos, como se puede observar es una arquitectura modular la cual permite brindar el servicio de comunicaciones unificadas sobre una plataforma robusta y mediante una administración web más amigable con el usuario.

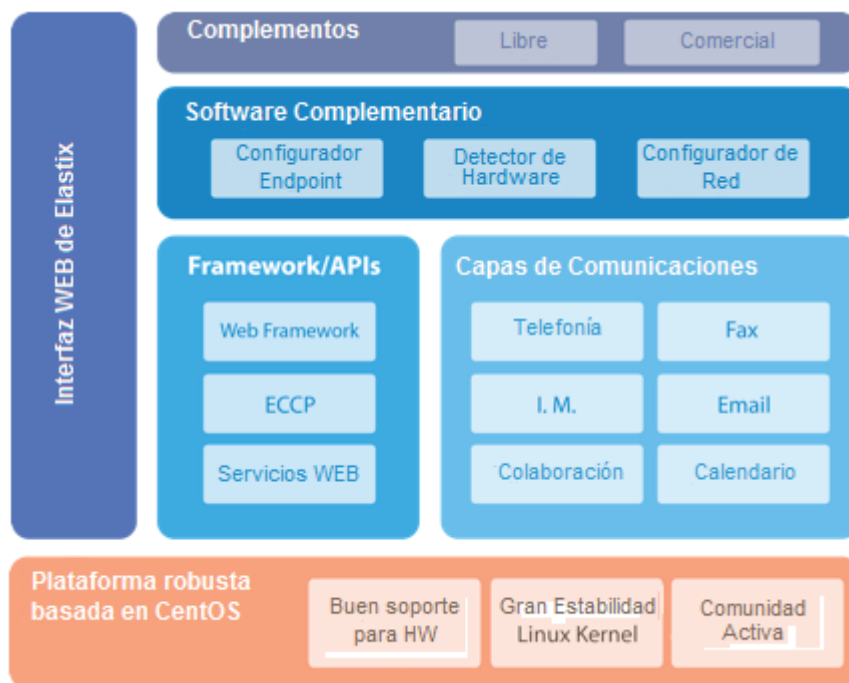


Figura 1.7 Esquema de los componentes de Elastix [1]

1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE ELASTIX [1], [11]

A continuación se listarán las diferentes características que posee Elastix, estas son las más sobresalientes que se encuentran desde la versión Elastix 2.0 hasta 2.5.0 que es la versión más actual.

PBX

- Voicemails vía Web o email
- Grabación de llamadas
- IVR completo y altamente flexible
- Parqueo de llamadas
- Colas de atención
- Soporte de síntesis de voz
- Identificación de llamadas
- Horarios de atención
- Provisión automática de teléfonos vía Web
- Creación de lotes de extensiones
- Soporte para video vía H.263 y H.264
- Detección automática de hardware de telefonía
- Servidor DHCP embebido
- Reporte de detalle de llamadas (CDRs)
- Tarifación con reportación de consumo por destino
- Reporte de uso de canales por tecnología (SIP, ZAP, IAX, Local, H323)
- Soporta protocolos SIP, IAX, H323, MGCP, iLBC, entre otros
- Soporta codecs ADPCM, G.711 (A-Law & μ -Law), G.722, G.723.1 (pass through), G.726, G.729, GSM, iLBC, entre otros
- Soporte para interfaces análogas FXS/FXO
- Soporte para interfaces digitales E1/T1/J1 (PRI/BRI/R2)
- Soporte para grupos de troncales
- Follow-me, grupos de ringado, paging, DISA, Call back, PINes de seguridad, entre otros

Fax

- Servidor de Fax administrable desde Web
- Visor de Faxes integrado con descargas en PDF
- Integración fax-a-email
- Envío de fax vía Web
- Control de acceso para clientes de fax
- Capacidad de integración con WinprintHylafax para permitir imprimir-a-fax desde Windows.

Email

- Servidor de Email multi-dominio administrable vía Web
- Soporte para SMTP saliente
- Configuración de email relay
- Cliente de Email basado en Web
- Soporte para cuotas en las cuentas de email
- Funcionalidad de listas de distribución vía Mailman

Mensajería instantánea (IM)

- Servidor de mensajería instantánea basado en OpenFire integrado
- Llamada vía PBX a usuarios conectados
- Configuración completamente basada en Web
- Interconexión simultánea a Yahoo, MSN Messenger, GTalk, ICQ, entre otros
- Soporta conexiones server-to-server para compartir usuarios
- Reporte de sesiones de usuarios
- Soporte para plugins
- Soporte para LDAP

Calendario

- Interfaz de calendario vía Web
- Recordatorios de voz
- Envío de invitaciones a eventos vía email
- Exportación de calendario a formato iCalendar

Colaboración

- Libreta telefónica (Phone Book) con capacidad para click-to-call
- Soporte para teleconferencias de audio configurable vía Web
- Funcionalidad de conferencias Web vía Addons

Call Center

- Soporte para agentes con logon/logoff
- Marcación predictiva
- Formularios genéricos para ingreso de datos
- Disponibilidad de reportes detallados por agente

General

- Ayuda en línea embebida
- Interfaz Web con soporte multi-lenguaje
- Visualización del sistema vía Dashboard
- Configuración de fecha/hora/huso horario
- Configuración de parámetros de red
- Configuración de usuarios y permisos
- Configuración de respaldos
- Configuración de temas o skins
- Actualización centralizada de software
- Apagado y encendido remoto vía Web
- Visualización del sistema en tiempo real vía Operator Panel

1.4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ELASTIX

A continuación se presentará un resumen de las ventajas y desventajas consideradas como las más importantes que posee Elastix, éstas se enumeran a continuación por orden de importancia y relevancia.

1.4.3.1 Ventajas

- Tal vez la mayor ventaja como ya se ha mencionado antes es el bajo costo que implica la implementación de una central IP con Elastix, esto se debe a que es una distribución de software libre y obtener este producto no tiene costo,

además que ahorra dinero en la contratación de líneas telefónicas convencionales.

- Otra gran ventaja que beneficia en gran medida a este proyecto es la compatibilidad que tiene Elastix con varios terminales, esto permite la opción de utilizar softphones⁹ para los usuarios finales, los mismos que también se los puede obtener de manera gratuita.
- Al estar basado en Linux, la administración se la puede hacer mediante línea de comandos, lo que permite explotar al máximo la funcionalidad del sistema, sin embargo también posee una interfaz web de administración bastante útil y simple de comprender.
- La infraestructura necesaria para implementar un sistema de Telefonía IP con Elastix, no debe ser necesariamente servidores de alta capacidad, dependiendo del número de extensiones y con un buen dimensionamiento se puede aprovechar de mejor manera equipos relegados para otros servicios.
- Elastix es un sistema completamente flexible, ya que se adapta a las necesidades de la empresa o institución donde es implementado como solución de telefonía IP o de comunicaciones unificadas.
- Otra ventaja que pudo ser identificada es la seguridad, Elastix implementa un módulo de seguridad a través del Firewall de Linux (IPTABLES), que a pesar de ser básico permite las configuraciones necesarias para minimizar el riesgo de intrusiones al servidor, además de esto se pueden utilizar otras herramientas como por ejemplo Fail2Ban.

1.4.3.2 Desventajas

- Tal vez una desventaja encontrada es que mediante la interfaz web de administración, no se pueden tener datos muy precisos del monitoreo de los recursos que están siendo utilizados, tanto la parte de procesamiento del

⁹ Es un tipo de teléfono móvil construido sobre una plataforma informática, con una mayor capacidad de almacenar datos y realizar actividades, semejante a la de una minicomputadora

servidor así como también el número de llamadas simultaneas; el gráfico que se presenta es simple y no está tan apegado a la realidad como se esperaría.

- Otra desventaja que se presenta por el hecho de que el sistema esté basado en Linux es que se debe tener algo de conocimiento previo del manejo de ambiente de UNIX¹⁰, como comandos básicos, instalación de paquetes, etc. Para la configuración y administración de la plataforma.

1.4.4 LICENCIAMIENTO [16]

Elastix como se ha mencionado anteriormente es una herramienta de uso comercial o personal de código abierto, es decir es una distribución de software libre que se encuentra bajo la licencia GPL¹¹ versión 2, lo que permite la modificación, copia y redistribución del software pero siempre bajo las condiciones de la licencia.

1.5. SOFTPHONES

Para la escoger la aplicación que se utilizará en los terminales finales de usuario dándoles la funcionalidad de softphone, a continuación se realizará un breve estudio de las características de las aplicaciones y de esta manera escoger la mejor opción para trabajar.

De acuerdo a la investigación realizada, se escogerán tres programas diferentes que permiten realizar llamadas VoIP, estas aplicaciones son: Bria, Zoiper y Linphone, se las ha escogido porque están entre las mejores puntuadas para brindar este servicio.

1.5.1 ESTUDIO DE LAS APLICACIONES [17], [18], [19]

A continuación se presentará un cuadro comparativo de las características más importantes que poseen las aplicaciones escogidas, lo que permitirá decidir de manera más simple cual es la más adecuada para la utilización en los terminales móviles de los usuarios.

No obstante se podría usar cualquiera de ellas u otras que se encuentran en el mercado, sin que se presenten problemas de compatibilidad o de mal funcionamiento.

¹⁰ Es un sistema operativo portable, multitarea y multiusuario

¹¹ Licencia Pública General de GNU


Aplicación	Linphone 	Zoiper 	Bria 
Desarrollador	Linphone	Zoiper	CounterPath Corporation
Plataformas	Windows, Debian, Ubuntu, iOS, Android, Blackberry, Windows Phone 8, Web Browsers	Windows, OSX, Android, iOS, Ubuntu, Windows 8 Phone, Fax Machine, Web Browser	Windows, OSX, Android, iOS, Ubuntu
Tecnología	SIP	SIP, IAX, IAX2, XMPP	SIP, XMPP
Códec de audio	OPUS, SILK, SPEEX, G722, AMR-WB (G722.2), GSM 6.10, AMR-NB, ILBC, G729, G711	BroadVoice32, G.711 uLaw, G.711 aLaw, G.722, GSM, Speex Wideband, Speex Ultrawideband, SIREN7 (g722.1), SIREN14 (g722.1c), SILK Wideband, SILK Superwideband	AMR Wideband, BroadVoice32, DVI4, DVI4 Wideband, EVRD, G.711 aLaw, G.711 uLaw, G.722, G.723, GSM, iLBC, L16 PCM Wideband, Opus, Peex, Speex Narrowband
Códec de Video	VP8, H264, MPEG4	H.263, H.263+VP8	H.263, H.263+, H.264 Unified, VP8
Licencia	OpenSource	Gratuita y comercial	Comercial

Tabla 1.3 Cuadro comparativo de las aplicaciones escogidas [12], [13], [14]

1.5.1.1 Consideraciones importantes para la selección

- Tomando en cuenta los parámetros analizados en la Tabla 1.3, se elegirá la aplicación a ser utilizada, para esto se priorizarán algunos aspectos, en primer lugar al ser un servicio gratuito ofrecido a los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, es indispensable que la aplicación se obtenga de manera

gratuita, con este antecedente Bria quedaría descartada para el uso en este proyecto.

- Otro aspecto importante tiene que ver con la plataforma sobre la cual va a ejecutarse, las dos aplicaciones que continúan bajo estudio trabajan casi en los mismos Sistemas Operativos, por lo que no será un parámetro decisivo para la elección.
- Como un tercer aspecto a ser considerado, es la tecnología con la que es compatible la aplicación, como se indica en la tabla 1.3, Zoiper trabaja con una cantidad mayor de protocolos que las otras dos opciones, lo que le da cierta ventaja en esta selección.
- Finalmente en una comparación de la compatibilidad con los códec de audio y video ambas soluciones presentan características similares.

Como conclusión a este pequeño estudio, se ha escogido Zoiper como el aplicativo que será instalado y configurado en los dispositivos finales de usuario para su utilización como softphones, esta decisión ha sido tomada luego de comparar aspectos importantes de funcionamiento y de compatibilidad entre las diferentes aplicaciones.

Sin embargo, si se presenta el caso de que algún usuario ya tiene alguna otra aplicación instalada en su dispositivo que permita la configuración y es compatible con el servicio que se va a prestar, se mantendrá esa aplicación y se trabajará con ella sin ningún inconveniente.

1.5.2 ZOIPER [20]

Zoiper es una aplicación multiplataforma, compatible con la mayoría de Sistemas Operativos tanto de computadores así como también de dispositivos móviles como smartphones y tablets, lo cual se adapta perfectamente a la solución planteada para este proyecto. Si bien es cierto que solo está contemplada una solución para que funcione en teléfonos inteligentes, queda abierta la posibilidad de que se pueda utilizar en otros terminales para mayor comodidad del usuario.

En cuanto a su apariencia, Zoiper posee una interfaz sencilla, cuenta con un teclado numérico bastante similar al propio del teléfono, además se puede acceder de manera sencilla a los registros de las llamadas, contactos y configuración como se muestra en la figura 1.8.

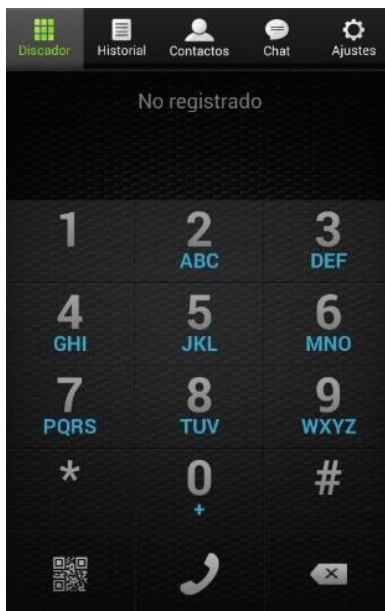


Figura 1.8 Interfaz gráfica de Zoiper

Otras novedades que ofrece Zoiper son por ejemplo la posibilidad de grabar llamadas, mensajería instantánea y depende de la configuración el servicio de videollamada.

CAPÍTULO 2

IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

Garantizar un buen servicio es indispensable cuando se habla de telefonía, la disponibilidad y una buena calidad son algunos de los elementos más importantes para tener en cuenta al momento de brindar una solución de este tipo. Es necesario considerar que existen varios factores que podrían afectar tanto al desempeño como al funcionamiento de este servicio; tanto el hardware como el software son elementos base con los que se debe contar para proveer el servicio de manera correcta y eficiente.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de un breve estudio de los requerimientos más importantes y necesarios para la implementación del piloto de servicio de telefonía IP, dentro de este estudio se enmarcan el dimensionamiento de los servidores, el tráfico que deberá tolerar la red de datos y el número de llamadas simultáneas que el sistema puede soportar, entre otros.

Posteriormente se realiza la implementación del servidor Elastix, en esta sección se efectúa la edición de los diferentes archivos de configuración del sistema para brindar el servicio de VoIP, y adicionalmente se realiza la integración con la central telefónica IP de la EPN. Para finalizar la implementación del piloto se ejecuta la instalación y configuración de la aplicación que servirá como softphone en los dispositivos finales de usuario.

2.2. DIMENSIONAMIENTO DE HARDWARE PARA EL SERVIDOR

ELASTIX

Para tener una base de los requerimientos mínimos de hardware que son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, a continuación se presenta un análisis de las recomendaciones hechas por el fabricante, es importante indicar que esto servirá únicamente de guía y que las necesidades de hardware pueden variar dependiendo de las circunstancias que afecten el desempeño del servidor.

Con este análisis se logrará verificar si existen inconvenientes relacionados con hardware, y si los disponibles cumplen con los requisitos mínimos recomendados.

2.2.1 RECOMENDACIONES PARA INSTALAR ELASTIX

A continuación se muestra una tabla comparativa de las recomendaciones dadas por el fabricante versus la disponibilidad que se tiene al momento en la infraestructura perteneciente a la Dirección de Gestión de la Información y Procesos de la Escuela Politécnica Nacional.

Hardware	Recomendado	Disponible	Cumplimiento
Procesador	Core 2 Duo	Xeon E5-2650	Si cumple
Memoria RAM	512 MB	6 GB	Si cumple
Disco Duro	20 GB	100 GB	Si cumple

Tabla 2.1 Requerimientos mínimos para la instalación de Elastix [21]

Es importante indicar que las recomendaciones dadas por el fabricante no son muy estrictas, debido a esto los parámetros mínimos pueden variar dependiendo del número de usuarios que vayan a conectarse y del número de llamadas concurrentes que deberá atender el servidor.

Basándose en la Tabla 2.1, el servidor disponible contaría con las características necesarias para la implementación del servicio, sin embargo más adelante se realizará un análisis de desempeño del servidor, para verificar si cumple con las necesidades planteadas en el plan del proyecto de titulación y además el número máximo de llamadas simultáneas que podrá soportar.

2.2.1.1 Instalación de Elastix

Una vez que han sido verificadas las características del servidor designado para este servicio, se realiza la instalación de Elastix, el procedimiento completo de instalación se encuentra detallado en el Anexo A.

La versión escogida de Elastix es la 2.5.0, la cual es una solución actual del software, estable y además la más recomendada para satisfacer las necesidades de este proyecto. Elastix posee otra versión denominada MT, la que por sus características

resulta bastante interesante para proveedores de VoIP en la nube, una de sus principales mejoras es que cuenta con un SIP Proxy embebido lo que lleva a la solución a un nivel superior.

En la Figura 2.1 se muestra un pequeño esquema de las diferentes versiones con las que cuenta Elastix.

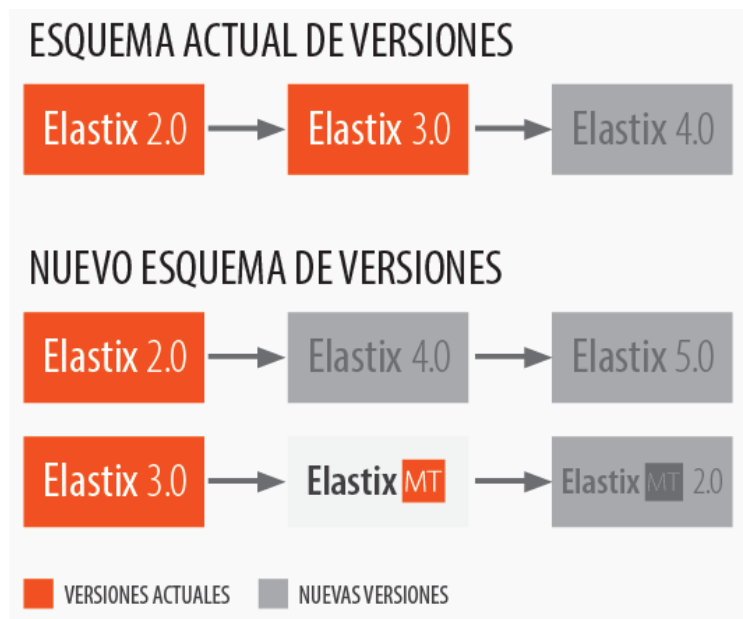


Figura 2.1 Esquema de versiones de Elastix [22]

Para obtener Elastix se lo debe descargar de la página web de manera gratuita, al ser software libre, una vez que se tenga la imagen (.iso) se procede con la instalación del software.

A continuación en la Figura 2.2 se muestra una captura de pantalla del proceso de instalación Elastix en el servidor montado sobre la plataforma de virtualización XenCenter de Citrix¹².

El motivo por el que se utiliza esta plataforma de virtualización, se debe a que la Dirección de Gestión de la Información, tiene montada gran parte de su infraestructura de servidores con esta solución, y uno de estos servidores virtuales fue cedido para el desarrollo del presente Proyecto de Titulación.

¹² Citrix Systems, Inc., corporación que brinda soluciones de virtualización, entre otras.

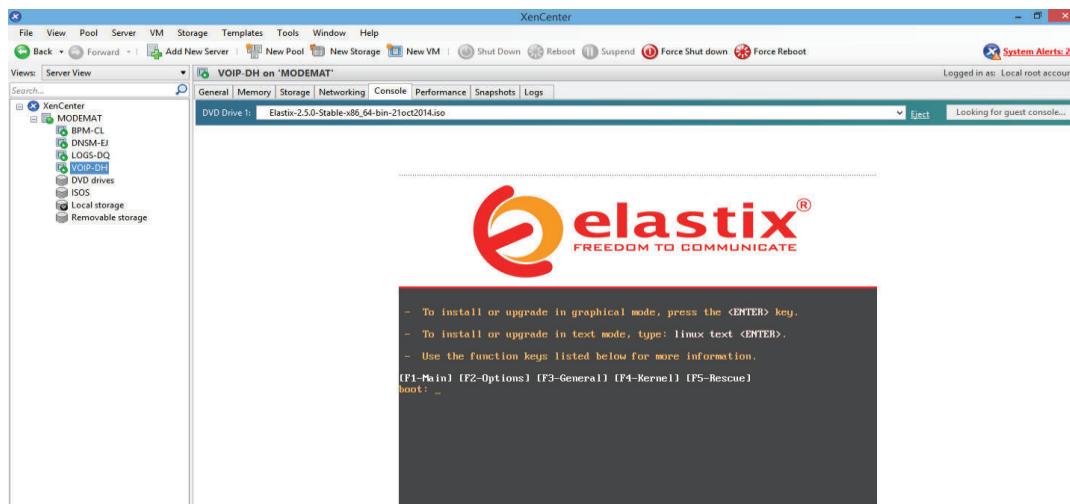


Figura 2.2 Instalación de Elastix

2.3. REQUERIMIENTOS DE LA RED DE DATOS

Una de las mayores preocupaciones que se tiene al momento de implementar el servicio es el consumo de ancho de banda, esto se debe a que un consumo elevado podría afectar de manera negativa a los diferentes servicios brindados por la DGIP.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta que el servicio de telefonía IP necesita la mejor calidad y disponibilidad posible, por tal motivo es vital garantizar las mejores condiciones en lo que se refiere a la calidad de servicio o QoS por sus siglas en inglés. Para tener una idea un poco más clara, calidad de servicio se refiere al conjunto de técnicas para administrar los recursos de la red; más adelante se profundizará en el tema.

2.3.2 ANÁLISIS DEL TRÁFICO

La finalidad de la implementación de este proyecto es brindar un servicio de telefonía IP a los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, por este motivo es imprescindible contar con los datos más reales posibles, y gracias a las facilidades brindadas por la DGIP, para el análisis del tráfico se obtendrán estos datos monitoreando uno de los equipos principales de la red y más específicamente el tráfico generado por la central telefónica de la EPN que atraviesa dicho equipo; la ventaja de esto es que se tendrán datos reales de un sistema en producción y con una cantidad de usuarios similar a la que se pretende llegar luego de la implementación del piloto.

A continuación en la Figura 2.3 se muestra el monitoreo realizado durante un mes (30 días), con la ayuda de la herramienta PRTG¹³, a uno de los equipos principales de la red, por donde circula parte del tráfico generado por la central telefónica de la EPN.

Con los datos obtenidos de este análisis se calcula el promedio del tráfico generado, lo que es muy importante para saber si la implementación del piloto del servicio será una solución que satisfaga las necesidades existentes, además de contar con las condiciones óptimas para su funcionamiento.

Todos los datos obtenidos se podrán encontrar en el Anexo B.

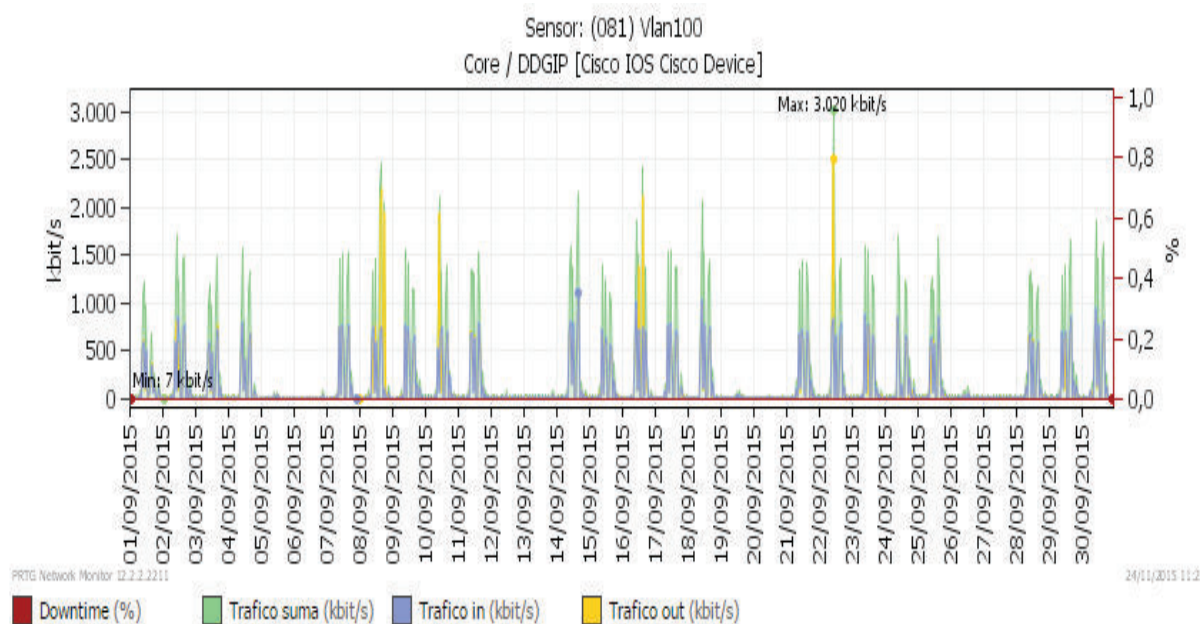


Figura 2.3 Gráfico del monitoreo de tráfico de la Central Telefónica

En la Figura 2.4 se puede observar un resumen de algunos detalles importantes del monitoreo realizado; por ejemplo la fecha y hora del comienzo y fin del monitoreo, el porcentaje de disponibilidad del equipo durante todo el monitoreo, y el promedio y suma del tráfico total generado, entre otros.

Estos datos sirven como referencia, para tener una idea de cómo se comporta un sistema real de telefonía IP ya implementado, y el consumo estimado de recursos de red que se tendrá cuando se implemente la solución planteada en este proyecto.

¹³ Paessler Router Traffic Grapher (PRTG), software que permite monitorear redes mediante SNMP.





Plazo de tiempo de reporte:	01/09/2015 0:00:00 - 30/09/2015 23:59:00				
Tipo de sensor:	SNMP trafico (60 s Intervalo)				
Sonda, grupo, aparato:	Local probe > Core > DDGIP [Cisco IOS Cisco Device]				
Estadísticas de tiempo disponible:	Disponible:	100 % 	[29d19h59m3s]	Falla:	0 %  [0s]
Estadísticas de petición:	Bueno:	100 % 	[42963]	Fallo:	0 %  [0]
Promedio (Trafico suma):	166 kbit/s				
Total (Trafico suma):	52.135.920 KByte				

Figura 2.4 Resumen del monitoreo realizado

2.3.2.1 Análisis de los datos

De los datos obtenidos se han sacado algunos valores importantes que serán analizados a continuación con un poco más de detalle.

2.3.2.1.1 Tráfico Suma Promedio

Es el promedio de la suma del tráfico entrante y saliente en Kbps, como se puede ver en la Figura 2.4, alcanza un valor de 166 Kbps, este dato es importante ya que da una idea aproximada del tráfico que circulará a través de la red de datos de la EPN, debido a que dicho tráfico circulará únicamente por la red LAN de la Institución no existe mayor inconveniente, cabe recalcar que por el alcance planteado en el plan del proyecto, el piloto contará con menos usuarios de los que se está analizando al momento, es decir el tráfico será menor y por obvias razones no sobrepasará la capacidad de los enlaces.

Un limitante es la conexión de los equipos finales a la red inalámbrica de la institución, debido a que las velocidades de transmisión en una WLAN son menores a las velocidades alcanzadas en una LAN, no obstante el valor promedio está bastante por debajo de las velocidades máximas alcanzadas por los nuevos equipos que soportan el estándar 802.11 en sus diferentes revisiones a/b/g/n/ac.

Adicionalmente la red de datos de la EPN cuenta con controladoras que administran los puntos de acceso inalámbricos, lo que permite que se configuren de acuerdo a las necesidades que se presenten, y prestando las mejores condiciones de conexión y cobertura a los usuarios finales; en la Tabla 2.2 se puede verificar las velocidades de cada revisión.

Protocolo	Velocidad típica (Mbps)	Velocidad máxima (Mbps)	Frecuencia de operación (GHz)
802.11 a	25	54	5
802.11 b	6.5	11	2,4
802.11 g	25	54	2,4
802.11 n	100	600	2,4 - 5
802.11 ac	433	1300	5

Tabla 2.2 Comparativa de las diferentes revisiones del estándar 802.11 [23]

2.3.2.1.2 Tráfico Suma Total

Es la suma total del tráfico (volumen de tráfico) en KB, este valor indica la cantidad total de datos que circularán por la red de la EPN, como se ve en el Anexo B se tomaron 42977 valores, cuya suma según la Figura 2.4 es de 52135920 KB, por lo que el promedio será de 1213,11 KB o para entenderlo de mejor manera 1,213 MB, lo que realmente no representa un volumen significativo.

Es importante mencionar que estos datos son del tráfico que circula por un equipo de distribución de la red institucional, donde convergen alrededor de dos mil usuarios de telefonía IP número que se aproxima al estimado de usuarios que se tendría al momento de implementar el servicio para los estudiantes.

2.3.3 CALIDAD DE SERVICIO [24], [25]

Como se mencionó anteriormente, calidad de servicio se refiere a la administración de los recursos de la red, en un servicio como la telefonía IP que es muy sensible a los retardos, jitter y pérdida de paquetes, se debe garantizar de alguna manera que a pesar de la incidencia de cualquiera de estos factores, la dotación del servicio no se vea afectada, por este motivo y gracias al apoyo recibido por la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, se configurarán los equipos de la red de la EPN para que brinden calidad de servicio a nivel de red mediante los siguientes comandos que serán ingresados en los puertos Ethernet de los Switches de acceso donde estén conectados los Access Point alrededor del campus.

interface XXXX

```
switchport access vlan 610
```

```
switchport mode access
```

```
switchport voice vlan 100 // vlan de voz EPN
```

```
mls qos trust cos
```

```
auto qos trust
```

```
spanning-tree portfast
```

Una vez que se aplique estos comandos a las interfaces de los equipos, se generará el siguiente código en la configuración del equipo (para el ejemplo se tomaron los datos de un switch de acceso):

```
mls qos map cos-dscp 0 8 16 24 32 46 48 56
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 1 threshold 3 4 5
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 2 threshold 1 2
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 2 threshold 2 3
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 2 threshold 3 6 7
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 3 threshold 3 0
```

```
mls qos srr-queue output cos-map queue 4 threshold 3 1
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 1 threshold 3 32 33 40 41 42 43 44 45
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 1 threshold 3 46 47
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 1 16 17 18 19 20 21 22 23
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 1 26 27 28 29 30 31 34 35
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 1 36 37 38 39
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 2 24
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 3 48 49 50 51 52 53 54 55
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 2 threshold 3 56 57 58 59 60 61 62 63
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 3 threshold 3 0 1 2 3 4 5 6 7
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 4 threshold 1 8 9 11 13 15
```

```
mls qos srr-queue output dscp-map queue 4 threshold 2 10 12 14
```

```
mls qos
```

Es importante indicar que estas configuraciones serán realizadas cuando el servicio entre en producción, debido a que en este proyecto se plantea un piloto la calidad de servicio no será aplicada en su totalidad.

2.4. DESEMPEÑO DEL SERVIDOR ELASTIX

Existen algunos factores que afectan el desempeño del servidor, este análisis se centrará en dos que son los más comunes y que luego de revisar la documentación son los que podrían afectar directamente el servicio.

2.4.1 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS

Para analizar el rendimiento del servidor Elastix se utilizarán algunas herramientas fundamentales, estas son:

2.4.1.1 SIPp [26], [27]

Es una herramienta de código abierto que genera tráfico SIP por lo que se la utilizará para realizar pruebas en el servidor generando llamadas SIP y de esta manera verificar el consumo de los recursos como el procesamiento y la memoria del equipo. Al ser configurable se puede crear un escenario de alto volumen de llamadas.

SIPp simula el establecimiento de las llamadas mediante el protocolo SIP, como se vio anteriormente SIP es un protocolo de señalización, es decir establece la comunicación entre el cliente y el servidor para que se pueda realizar la llamada.

En una llamada SIP existen varias transacciones de mensajes SIP, estas transacciones no son más que peticiones y respuestas entre un cliente y un servidor para establecer la comunicación. Para explicar un poco más en detalle la Figura 2.5, donde se observa el intercambio de mensajes que realiza el protocolo SIP, la

dividiremos en dos secciones que son el establecimiento de la sesión y la finalización de la sesión.

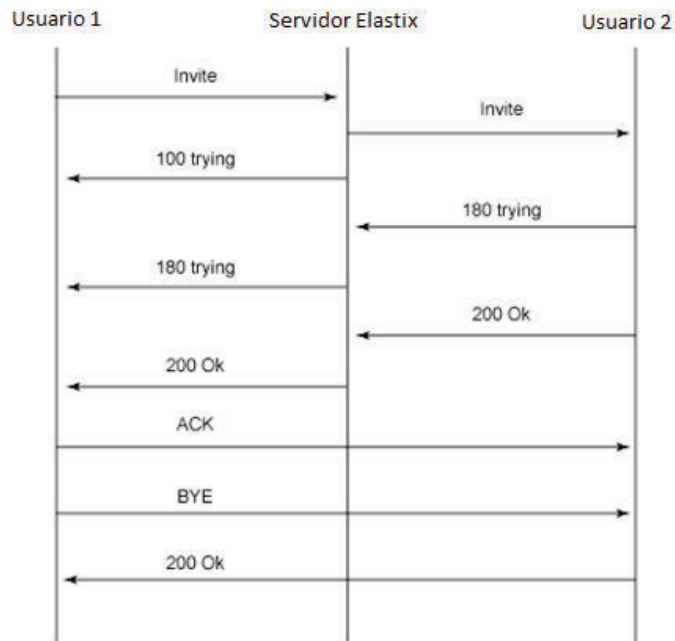


Figura 2.5 Intercambio de mensajes en una llamada SIP

- **Establecimiento de sesión:**

Consiste en el envío de una petición INVITE desde el usuario 1 al servidor, este a su vez responde con un TRYING 100 para parar las retransmisiones y reenvía la petición al usuario 2.

El usuario 2 responde a esta petición con un TRYING 180 que indica que el teléfono empieza a timbrar, y es reenviado por el servidor al usuario 1. Finalmente cuando el usuario 2 contesta, se envía un 200 OK que indica la aceptación de la llamada.

- **Finalización de sesión:**

Una vez que la llamada ha finalizado, se envía una única petición BYE hacia el servidor, que luego es reenviada al usuario 2.

Este usuario responde 200 OK para informar que ha recibido el mensaje correctamente con lo que se da por concluida la sesión.

2.4.1.2 Htop [28] [29]

Al igual que top, htop es un comando propio de los sistemas basados en UNIX que permite visualizar de manera más interactiva, funcional y ordenada detalles como el uso del CPU, memoria RAM y memoria de intercambio (swap), además de un listado de los procesos que están corriendo en el sistema, la ventaja que presenta htop es que a través de una interfaz simple y agradable reúne un resumen de toda la información del consumo de recursos que se están dando en el servidor.

En este caso en particular, se utilizará esta herramienta para verificar el uso del CPU y el consumo de memoria RAM en el instante que se genere un gran volumen de llamadas simultáneas.

2.4.1.3 Xcenter [30]

El servidor Elastix está virtualizado sobre la plataforma XenServer, gracias a esto podemos contar con la herramienta XenCenter, que no es más que un Hypervisor, este permite visualizar el estado de las máquinas virtuales que están alojadas en la plataforma. Una de las opciones que se encuentra dentro de esta herramienta es el Performance del servidor, con esto se tendrá una idea más gráfica del consumo de recursos del servidor.

2.4.2 PRUEBAS DE DESEMPEÑO DEL SERVIDOR [31]

Para efectuar un correcto análisis del desempeño del servidor, es necesario realizar pruebas que permitirán establecer si las características que posee el equipo van a ser las necesarias para su correcto funcionamiento. Como se vio anteriormente uno de los principales aspectos que influyen en el desempeño es el número de llamadas simultáneas.

Mediante la herramienta SIPp se generó grandes volúmenes de tráfico hacia el servidor Elastix, con la finalidad de encontrar el número máximo de llamadas simultáneas que este puede soportar.

2.4.2.1 Instalación de SIPp

Para utilizar SIPp, es necesario instalarlo tanto en el servidor como en el cliente, que será el encargado de generar tráfico (llamadas simultáneas). Al ser una herramienta

de software libre se la puede obtener gratuitamente de la página web <http://sourceforge.net/projects/sipp/files/sipp/>, en este repositorio se encuentran varias versiones de la aplicación.

2.4.2.2 Configuración del Servidor

Para realizar las pruebas se deben modificar los archivos de configuración sip.conf y extensions.conf, estos archivos están alojados en el servidor en el directorio */etc/asterisk*.

En primer lugar se configura el archivo sip.conf, esto se lo hace para crear un canal SIP que permitirá al servidor Elastix aceptar las llamadas generadas por el cliente.

Para acceder al archivo se utiliza el siguiente comando:

```
[root@VOIP-DH ~]# vim /etc/asterisk/sip.conf
```

A continuación en la Figura 2.6 se muestran las líneas de texto que se agregaron en el archivo sip.conf.

```
[sipp]
type=friend
context=sipp
host=dynamic
user=sipp
insecure=invite,port
canreinvite=no
disallow=all
allow=ulaw
allow=alaw
-- INSERTAR --
```

Figura 2.6 Configuración del archivo sip.conf

Algunas de las líneas que se deben tomar en cuenta son:

- *insecure=invite,port*; ignora el puerto por el cual se generan las llamadas
- *disallow=all* ; deshabilita todos los codecs
- *allow=ulaw* ; habilita el uso del códec ulaw
- *allow=alaw* ; habilita el uso del códec alaw

Además se aprecia que no existe la línea de texto secret, esto se debe a que se pretende que el servidor acepte las llamadas sin requerir autenticación.

Como segundo paso se efectúa la configuración del archivo `extensions.conf`, esto se lo hace para indicarle al servidor qué pasos seguir al momento que reciba las llamadas por parte del cliente SIP.

Para acceder al archivo se utiliza el siguiente comando:

```
[root@VOIP-DH ~]# vim /etc/asterisk/extensions.conf
```

En la Figura 2.7 se muestran las líneas de texto que se agregaron en el archivo `extensions.conf`.

```
[sipp]
exten => 987654321,1,Answer
exten => 987654321,n,SetMusicOnHold(default)
exten => 987654321,n,WaitMusicOnHold(3600)
exten => 987654321,n,Hungup
```

Figura 2.7 Configuración del archivo `extensions.conf`

En este caso la extensión creada para la prueba es la 987654321, una vez que la llamada es contestada, se reproduce un audio propio de Elastix durante un tiempo de 3 minutos, simulando una conversación, para finalmente cerrar la llamada.

2.4.2.3 Ejecución de las pruebas

Para generar las llamadas se utilizó el siguiente comando desde el cliente.

```
daniel@daniel-desktop:~$ sipp -s 987654321 -sn uac -d 180000 -m 1600 -r 100 -l 1600 172.31.168.152 -trace_screen -trace_err
```

Donde:

- El parámetro `-s`, indica la extensión destino a llamar.
- El parámetro `-sn`, permite usar los escenarios definidos, UAS (servidor) y UAC (cliente).

- El parámetro $-d$, especifica el tiempo de duración de la llamada en milisegundos.
- El parámetro $-m$, establece el número total de llamadas que dicho cliente enviará.
- El parámetro $-r$, establece el número de llamadas por segundo.
- El parámetro $-l$, establece el número máximo de llamadas simultáneas que dicho cliente puede realizar.
- En el parámetro *remote_host*, especificamos el host remoto al que el cliente SIPp va a enviar las peticiones SIP, es decir, la dirección de red del servidor Elastix cuya capacidad queremos medir.
- Los parámetros *-trace_screen* y *-trace_err*, guardan los logs correspondientes a la información en pantalla y errores respectivamente.

Para encontrar el número máximo de llamadas simultáneas se utilizó el método prueba y error, es decir se escogió un número al azar de llamadas y dependiendo de los resultados obtenidos se incrementó o disminuyó el número de llamadas.

Con esto se determinó que el servidor Elastix puede soportar un máximo de 1600 llamadas de 3 minutos de duración y con una tasa de 100 llamadas por segundo.

2.4.2.4 Resultados de la prueba

Al correr la prueba con 1600 llamadas simultáneas mediante la interfaz de SIPp se puede observar que todas las llamadas fueron exitosas como se muestra en la Figura 2.8.

Esto demuestra que la solución implementada puede soportar en las mejores condiciones, un gran número de llamadas simultáneas, con esto se tendría la capacidad necesaria para brindar el servicio a los estudiantes de las Facultades de Eléctrica y Electrónica y de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional que bordean los 2000 usuarios, para dar cobertura a todos los estudiantes de la EPN, se deberán realizar mejoras en el hardware del servidor o aumentar el número de equipos.

```

daniel@daniel-desktop: ~
----- Scenario Screen ----- [1-9]: Change Screen --
Call-rate(length) Port Total-time Total-calls Remote-host
100.0(180000 ms)/1.000s 5060 206.27 s 1600 172.31.168.152:5060(UDP)

Call limit reached (-n 1600), 0.000 s period 0 ms scheduler resolution
0 calls (limit 1600) Peak was 1600 calls, after 16 s
0 Running, 1602 Paused, 0 Woken up
9 dead call msg (discarded) 0 out-of-call msg (discarded)
1 open sockets

-----
Messages Retrans Timeout Unexpected-Msg
INVITE -----> 1600 0 0 0
100 <----- 1600 0 0 0
180 <----- 0 0 0 0
183 <----- 0 0 0 0
200 <----- E-RTD1 1600 0 0 0
ACK -----> 1600 0 0 0
Pause [ 3:00] 1600 0 0 0
BYE -----> 1600 605 0 0
200 <----- 1600 0 0 0
----- Test Terminated -----

----- Statistics Screen ----- [1-9]: Change Screen --
Start Time | 2015-11-10 16:37:28:035 | 1447191448.035592
Last Reset Time | 2015-11-10 16:40:54:308 | 1447191654.308668
Current Time | 2015-11-10 16:40:54:309 | 1447191654.309088

Counter Name | Periodic value | Cumulative value
-----
Elapsed Time | 00:00:00:000 | 00:03:26:273
Call Rate | 0.000 cps | 7.757 cps
-----
Incoming call created | 0 | 0
Outgoing call created | 0 | 1600
Total Call created | 0 | 1600
Current Call | 0 | 0
-----
Successful call | 0 | 1600
Failed call | 0 | 0
-----
Response Time 1 | 00:00:00:000 | 00:00:00:003
Call Length | 00:00:00:000 | 00:03:00:752
----- Test Terminated -----

2015-11-10 16:40:47:901 1447191647.901470: Dead call 1443-5755@127.0.1.1 (successful), received 'SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 127.0.1.1:5060;branch=z9hG4bK-5755-1443-7;received=172.31.203.139;rport=5060
From: sipp <sip:sipp@127.0.1.1:5060>;tag=5755SIPTag001443
To: sut <sip:1234@172.31.168.152:5060>;tag=as5b364c30
Call-ID: 1443-5755@127.0.1.1
CSeq: 2 BYE
Server: FPBX-2.11.0(11.17.1)
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO, PUBLISH, MESSAGE

```

Figura 2.8 Indicador de estadísticas de SIPp 1600 llamadas

Durante esta prueba se realizó el monitoreo del consumo de los recursos del servidor, a continuación en las Figuras 2.9 y 2.10 se puede ver tanto gráficamente mediante XenCenter y a manera de texto con htop el uso del CPU y de la memoria del equipo.

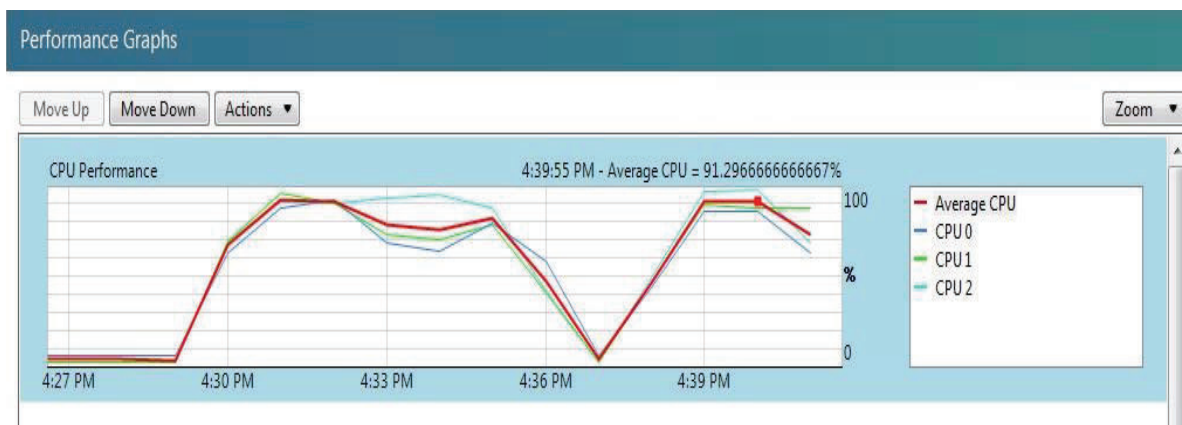


Figura 2.9 Resultados de XenCenter en la prueba de 1600 llamadas

Con lo visto en la Figura 2.9, el uso del CPU llega alrededor del 91%, en estas condiciones el servidor está próximo a llegar al máximo de su capacidad lo que conllevaría a que el servicio no pueda brindarse de manera eficiente y en caso de que se genere un mayor número de llamadas puede colapsar el servidor como se muestra en las pruebas realizadas más adelante.

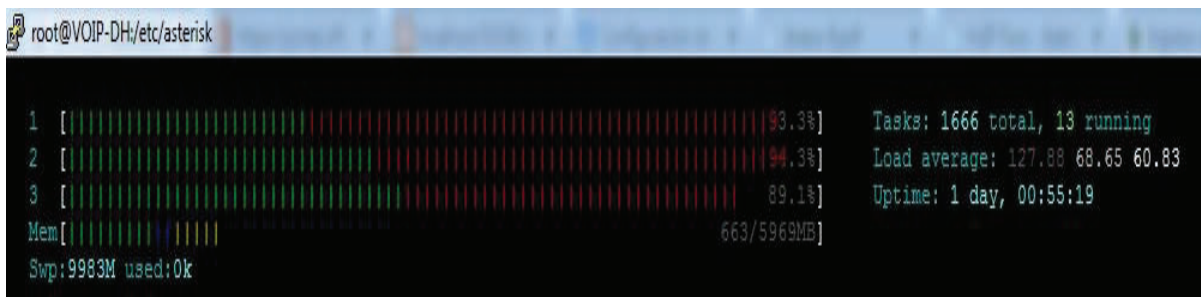


Figura 2.10 Resultados de htop en la prueba de 1600 llamadas

Al realizar la prueba con 1700 llamadas, existieron llamadas que no se concretaron, como se puede ver en la Figura 2.11, esto nos indica que el servidor rebasó su límite.

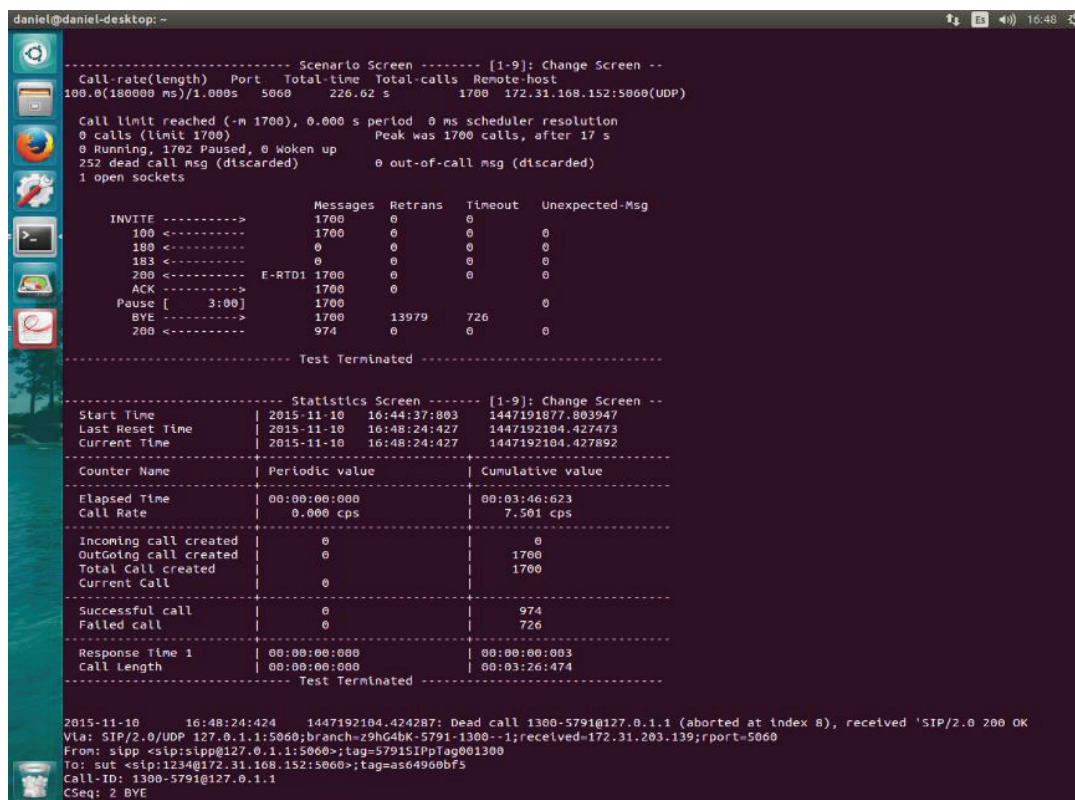


Figura 2.11 Indicador de estadísticas de SIPp 1700 llamadas

A continuación en las Figuras 2.12 y 2.13, se muestra el uso de los recursos del servidor al atender 1700 llamadas simultáneas.

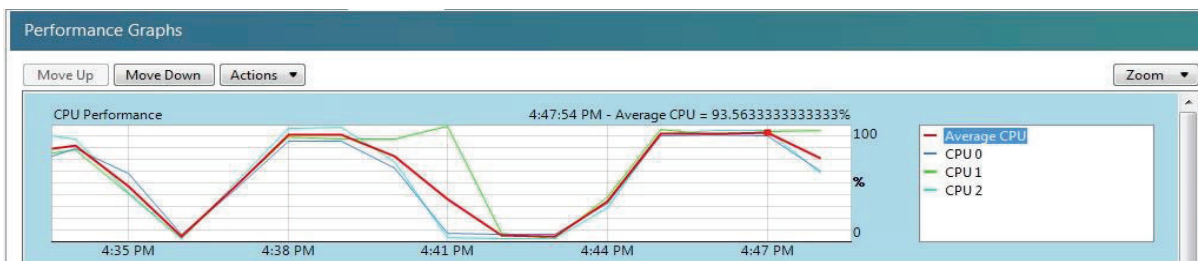


Figura 2.12 Resultados de XenCenter en la prueba de 1700 llamadas



Figura 2.13 Resultados de XenCenter en la prueba de 1700 llamadas

2.4.2.5 Análisis de los resultados

Con los datos obtenidos se puede establecer que el número máximo que el servidor puede atender es de 1600 llamadas simultáneas, lo que se ve más afectado en cuanto a las características de equipo es el uso del CPU, este bordea el 100% generando que se descarten llamadas y se degrade el servicio. Es importante notar que el uso de la memoria no es tan elevado, es decir el sistema va a depender más del nivel de procesamiento que pueda soportar y no de la cantidad de memoria disponible.

Basándose en que este proyecto plantea la implementación de un piloto y que en su primera fase se alcanzaría un número de 10 usuarios para pruebas de funcionamiento, se puede indicar que el dimensionamiento del servidor es más que suficiente para que el servicio funcione de manera correcta y no presente problemas ni degradación del servicio.

Una vez que las pruebas demuestren que el servicio es estable, se dotará de servicio a 30 usuarios adicionales en su primera fase de implementación y poco a poco se irá incrementando el número hasta cubrir el total de estudiantes beneficiados.

2.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE VOIP [1],[2],[21],[32],[33]

Una vez que se ha realizado el análisis previo de las características del servidor, el consumo de sus recursos con pruebas de gran volumen de tráfico y la cantidad de datos que deberá soportar la red institucional, se procede a la configuración del servidor Elastix para que sea capaz de brindar el servicio de Telefonía IP.

2.5.1 ACCESO A LA ADMINISTRACIÓN DE SERVIDOR

Para realizar cualquier configuración o cambio en el servidor existen dos alternativas de administración, se puede acceder mediante la interfaz Web de Elastix o mediante SSH que presenta una interfaz basada en línea de comandos.

Para ingresar por cualquiera de las dos opciones, como es de esperar se necesitan las credenciales que fueron configuradas previamente, al momento de la instalación.

2.5.1.1 Interfaz web de elastix

Una de las ventajas que ofrece Elastix es que se puede administrar el servidor desde cualquier navegador, esto provee facilidad de uso, una interfaz simple y amigable, y por sobre todo, que desde este portal es posible administrar prácticamente todo lo necesario para el funcionamiento del servidor Elastix.

Para acceder a este portal se debe colocar la dirección IP o el nombre de dominio del servidor en la barra de direcciones del navegador, y a continuación iniciar sesión con las credenciales definidas en la instalación, como se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Pantalla de inicio de sesión interfaz Web Elastix

Dentro de este portal se encuentran varias opciones tanto de configuración, estadísticas y reportes que serán de gran utilidad al momento de poner en producción los diferentes servicios que ofrece Elastix, en la Figura 2.15 se presenta la pantalla de resumen o *Dashboard* del servidor Elastix.

El diseño de la plataforma es modular y está dividido funcionalmente, esta interfaz posee un monitor de recursos del servidor donde se muestra el estado del procesador, memoria RAM y adicionalmente la capacidad del disco duro, en otra sección se puede ver estado de los diferentes servicios y finalmente un gráfico de rendimiento en el que se comparan llamadas simultáneas versus uso de memoria y de procesador.



Figura 2.15 Pantalla principal del servidor Elastix

2.5.1.2 Acceso al servidor mediante ssh

Con el fin de acceder al servidor mediante SSH, y realizar configuraciones más avanzadas, es necesario utilizar el software PuTTY, que no es más que una herramienta que permite acceder a un equipo mediante telnet, ssh o serial.

Una vez abierto PuTTY, se debe colocar la dirección IP del servidor y el tipo de conexión que se desea realizar, como se muestra en la Figura 2.16.

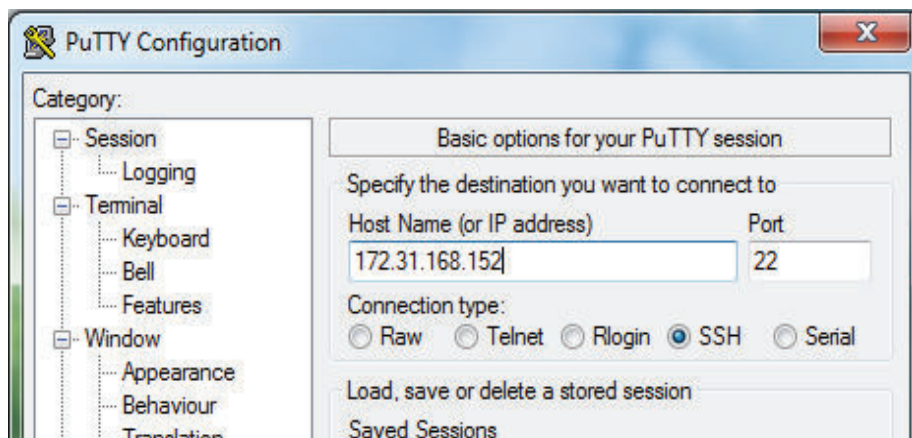


Figura 2.16 Ingreso al servidor mediante PuTTY

Luego de establecer la conexión, se ejecutará una pantalla donde se deben ingresar las credenciales de acceso definidas previamente en la instalación, como se puede observar en la Figura 2.17. Posteriormente se presentará la consola dónde mediante líneas de comandos, como se muestra en la Figura 2.18, se podrá realizar cualquier cambio de ser necesario.



Figura 2.17 Inicio de sesión en el servidor

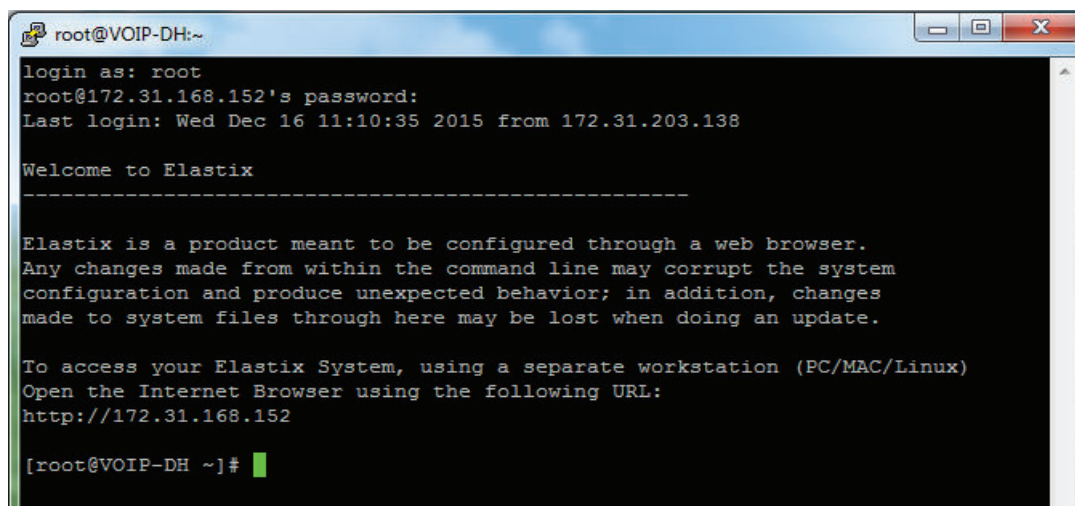


Figura 2.18 Consola de administración del servidor

2.5.2 CREACIÓN DE EXTENSIONES

Debido a que la intención de este proyecto es la integración con la Central Telefónica IP de la Escuela Politécnica Nacional, las extensiones que se asignarán en el servidor Elastix deben tener concordancia con el directorio telefónico de la EPN, es decir no se pueden ocupar números de extensiones repetidas ya que podría causar confusión, por este motivo y en coordinación con la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, se asignó el rango 83XX dentro del cual se crearán las extensiones necesarias para ofrecer el servicio.

A continuación se muestra el procedimiento de creación de las extensiones telefónicas en el servidor Elastix, mediante la interfaz Web de administración.

En primer lugar, dentro del menú PBX se debe seleccionar el tipo de dispositivo que se utilizará; para este proyecto se seleccionará la opción SIP, luego de esto se deben ingresar los parámetros de configuración para crear las extensiones que serán asignadas a cada usuario, como se muestra en la Figura 2.19.

Ya que el proceso es similar para todas las extensiones, solo se presenta la configuración de una de ellas.

The screenshot displays the 'Add SIP Extension' configuration page in the Elastix web interface. The page is titled 'Add SIP Extension' and includes a sub-header '- Añadir extensión'. The form is divided into two sections. The first section contains four input fields: 'Extensión del usuario' with the value '8310', 'Nombre para mostrar' with the value 'Identificativo_del_usuario', 'CID Num Alias' (empty), and 'Alias SIP' (empty). The second section is titled 'Este dispositivo usa la tecnología sip.' and contains three dropdown menus: 'secret' with the value 'Elastix123', 'dtmfmode' with the value 'RFC 2833', and 'nat' with the value 'No - RFC3581'.

Figura 2.19 Configuración de extensiones telefónicas

Los principales datos que deben ser ingresados son:

- **Extensión del usuario:** Hace referencia al número que deberá ser marcado para poder comunicarse con el usuario asignado a esa extensión, es importante que este parámetro sea único.
- **Nombre para mostrar:** Es un identificativo que se mostrará al momento de recibir la llamada, en este caso será el nombre y apellido del usuario dueño de la extensión.
- **secret:** es una contraseña que servirá para la autenticación del dispositivo final en el servidor Elastix.

Configurando estos parámetros se obtiene una extensión funcional; los demás valores quedarán por defecto, ya que para las necesidades de este proyecto no se requiere una configuración adicional.

2.5.3 INTEGRACIÓN DE AMBAS CENTRALES TELEFÓNICAS

Debido a que se desea brindar un servicio para los estudiantes, donde no únicamente puedan comunicarse entre ellos, sino en el caso de ser necesario con el personal que labora en la institución, como por ejemplo docentes o personal administrativo.

Tanto el servidor Elastix como la Central Telefónica IP de la EPN deben comunicarse entre sí, para esto es importante la integración de ambas centrales permitiendo la transmisión y recepción de llamadas en las dos direcciones.

Para lograr la integración de las centrales, deben ser configurados ciertos parámetros; en el desarrollo de esta sección se irán explicando los pasos a seguir, las configuraciones que se deben realizar y se indicará qué archivos deben ser modificados y la manera en la que se lo debe hacer.

2.5.3.1 Creación de una troncal

El primer paso a seguir es la creación de una Trocal; para entenderlo de una manera más simple se dirá que: es el camino que debe seguir una llamada para pasar de una central a otra.

Para la implementación de este proyecto de titulación se creará una Troncal SIP, a pesar de que existen varios tipos como por ejemplo DAHDI, IAX2, entre otras; sin embargo en este caso no serán utilizadas ya que por características de la otra central el único método de integración es a través de SIP.

En primer lugar en el menú PBX de la interfaz Web de Elastix, dentro de la opción “configuración PBX” se encuentra Troncales, como se puede observar en la Figura 2.20, al seleccionar esta alternativa se despliega el formulario que permite ingresar los datos necesarios para crear y configurar la Troncal SIP que se utilizará en la comunicación entre centrales, como se muestra en la Figura 2.21.

A continuación se describirán con más detalle los parámetros principales que fueron configurados al momento de la creación de esta Troncal SIP; algunos de los parámetros generalmente son entregados por el proveedor de servicios de voz, pero en este caso al ser una implementación interna estos datos no son necesarios, es decir la configuración no está destinada a la comunicación con un proveedor externo sino únicamente a enlazarse con la Central Telefónica de la EPN.



Figura 2.20 Creación de nueva Troncal SIP

Figura 2.21 Formulario de creación de la troncal

- **Nombre de la línea troncal:** Será el nombre que se asigna a la Troncal para identificarla.
- **Outbound Caller ID:** Es el número de origen entregado por el proveedor de servicios, en el caso de este proyecto este parámetro no se utilizará.
- **Canales máximos:** Es el número límite de llamadas simultáneas que se permitirán en la troncal, en ambos sentidos.
- **Dial Number Manipulation Rules:** Este parámetro es importante, debido a que mediante la configuración de las reglas de marcado, se identificará si la llamada se la realiza entre los usuarios del servidor Elastix o la comunicación deberá ser enviada a la otra central telefónica.

Las reglas de marcado deben ser expresadas mediante cierta sintaxis, en la Tabla 2.3 se puede revisar las condiciones que deben ser tomadas en cuenta. De acuerdo a estas condiciones el servidor manipulará las llamadas.

Patrón	Descripción
X	Representa cualquier dígito de 0-9
Z	Representa cualquier dígito de 1-9
N	Representa cualquier dígito de 2-9
[1237-9]	Representa cualquier dígito entre corchetes
.	Representa uno o más caracteres
 	Separa el número ubicado a la izquierda del número marcado. Por ejemplo: 9 NXXXXXX debería representar los números marcados como “92234567” pero solo debería pasar “2234567”
+	Adiciona un prefijo al número marcado. Por ejemplo: 001+NXXNXXXXXX debería agregar el 001 al número 3058293438 cuando este es marcado

Tabla 2.3 Sintaxis para las reglas de marcado

En la configuración del servidor Elastix se considera que, para realizar una llamada hacia la Central Telefónica IP de la EPN, se debe marcar el número 9 precedido por los cuatro números restantes propios de la extensión con la que se requiere la comunicación. Según los patrones de sintaxis analizados anteriormente, como se puede ver en la Figura 2.22, las reglas de marcado están configuradas con ese propósito; por ejemplo en el caso de que se requiera llamar a la extensión 1403 (mesa de servicio de la DGIP), el estudiante debe marcar el número 91403 para poder comunicarse.

The screenshot shows the 'Dialed Number Manipulation Rules' configuration page. It features two rule entries in a list:

- Rule 1: Action: (prepend), Value: 9, Match: XXXX
- Rule 2: Action: (prepend), Value: prefix, Match: match pattern

Below the list are two buttons: '+ Add More Dial Pattern Fields' and 'Clear all Fields'. At the bottom of the page, there is a dropdown menu labeled 'Asistente de reglas de marcación' with the text '(seleccione uno)', a text input field for 'Prefijo de marcación externa', and a button labeled 'Export' next to the text 'Export Dialplans as CSV'.

Figura 2.22 Configuración de las reglas de marcado

- **Detalles del peer:** En esta sección se deben especificar las configuraciones para el establecimiento de llamadas entrantes y salientes, por lo general estos datos son entregados por el proveedor de servicio, en el caso de este proyecto, los parámetros a ser configurados para la salida son básicamente los siguientes:

host: dirección IP de la Central Telefónica de la EPN

disallow=all; allow=ulaw&alaw (es decir se negará cualquier códec excepto alaw y ulaw)

type=peer (valor para una entidad a la que Elastix envía llamadas)

En la Figura 2.23 se podrá visualizar la configuración antes mencionada.



Figura 2.23 Opciones salientes

Mientras tanto la configuración de entrada se la dejará en blanco, como se muestra en la Figura 2.24, debido a que para este caso se editarán los archivos sip.conf y extensions.conf, donde se pondrán los parámetros necesarios para el ingreso de las llamadas al servidor Elastix.

Opciones entrantes

Contexto del usuario:

Detalles del usuario:

Registro

Cadena de registro:

Figura 2.24 Opciones entrantes

2.5.3.2 Creación de una ruta saliente

Mediante la creación de rutas salientes es posible direccionar o enrutar las llamadas que salen del servidor Elastix, es decir si una llamada realizada desde una extensión interna debe salir a otra central, gracias a las rutas salientes se puede seleccionar por qué troncal se debe enviar esta llamada.

Para la creación de una ruta saliente el administrador del sistema deberá dirigirse al menú PBX, seguido de configuración PBX y finalmente Rutas salientes como se puede ver en la Figura 2.25.

elastix
FRANCOIS FU COMMUNICATE

Sistema | Agenda | Correo Electrónico | Fax | **PBX** | IM | Reportes

Configuración PBX | Panel del Operador | Correo de Voz | Grabaciones | Configuración por Lotes | Conferencia | Herramientas | Flash Oper

Configuración PBX

Básico

- Extensiones
- Códigos de funcionalidades
- Rutas Salientes**
- Troncales

Control de Llamadas entrantes

- Rutas Entrantes
- DIDs Canal DAHDI
- Anuncios
- Lista negra
- Fuente de Búsqueda
- CallerID
- Control de Flujo de Llamadas
- Sigueme

Añadir ruta

Route Settings

Nombre de la ruta:

Route CID: Override Extensión

Contraseña de la ruta:

Route Type: Emergencia Intra-Company

¿Música en espera?

Figura 2.25 Creación Ruta Saliente

A continuación en la Figura 2.26 se muestra el formulario de creación de la Ruta Saliente, donde se configurarán los siguientes parámetros:

- **Nombre de la Ruta:** Deberá ser un nombre descriptivo que facilite la futura administración de las rutas.
- **Dial Patterns:** Se refiere al patrón de marcado, es similar al patrón en las troncales, su sintaxis ya fue descrita en la Tabla 2.3.
- **Trunk Sequence:** Este campo tendrá un listado de las Troncales y estas estarán ordenadas, de tal forma que, cuando se realice una llamada y el patrón de marcado coincida con el patrón configurado en la ruta, Elastix tomará la lista de troncales y enviará la llamada a través de ellas según el orden el que estén configuradas.

Figura 2.26 Formulario de creación Ruta Saliente

2.5.3.3 Edición en los archivos de configuración de Elastix

En esta sección se describen los cambios realizados en los archivos de configuración de Elastix, como se expuso anteriormente, estos archivos sirven para realizar configuraciones más avanzadas; a continuación en la Tabla 2.4 se encuentra un breve resumen de las características de los archivos que fueron editados.

Nombre de Archivo	Ubicación	Descripción
sip.conf	/etc/asterisk	Permite la configuración en general de todo lo relacionado con el protocolo SIP, además de añadir nuevos usuarios y la conexión con proveedores.
extensions.conf	/etc/asterisk	Define todo lo relacionado con el plan de llamadas, cualquier llamada realizada se procesa con este archivo.

Tabla 2.4 Resumen de archivos de configuración editados

2.5.3.3.1 Configuración del archivo sip.conf

Para que las llamadas entrantes realizadas por la central telefónica de la EPN puedan ser procesadas, el servidor Elastix debe registrar y autenticar de manera correcta los mensajes recibidos, esto se lo logra a partir de añadir un usuario destinado para identificar las llamadas que entren al servidor; en este contexto, a continuación en la Figura 2.27 se muestran las líneas que se agregaron al archivo sip.conf.

```
[incoming]
type=friend
host=172.31.
context=from-trunk
qualify=no
insecure=port,invite
registersip=no
```

Figura 2.27 Configuraciones de sip.conf

A continuación se analizará detalladamente cada línea del texto agregado al archivo.

type=friend ; sirve para autenticar tanto llamadas salientes como entrantes

host=172.31.X.X ; define la dirección IP de la central telefónica de la EPN

context=from-trunk ; el contexto asociado en el dialplan para un peer

qualify=no ; no especifica un tiempo de latencia para recibir respuesta

insecure=port, invite; no requiere un INVITE para autenticación e ignora el puerto del que viene la petición.

registersip=no ;

2.5.3.3.2 Configuración del archivo *extensions.conf*

En el archivo *extensions.conf* se configura el comportamiento de las conexiones a través de la PBX, es decir se gestionan las llamadas entrantes y salientes; para lograr que las llamadas realizadas por parte de la central telefónica de la EPN entren al servidor Elastix, es necesario añadir un par de líneas de configuración como se muestra en la Figura 2.28.

```
[incoming]
exten => _X.,1,Answer
exten => _X.,2,Dial(SIP/${EXTEN})
```

Figura 2.28 Configuraciones de *extensions.conf*

Dentro del contexto “incoming” se configuran los pasos a seguir al recibir una llamada desde la Central de la EPN, es decir, en primer lugar se aceptará la llamada externa mediante el parámetro “Answer”, como detalle adicional, el parámetro “_X” significa que se aceptará cualquier número de 0 a 9, con lo que se abarca cualquiera de los números de extensión de la EPN que al momento están dentro del rango del 1000 al 8299; una vez que esto ocurra el servidor Elastix utilizará los 4 dígitos para marcar a su extensión correspondiente para establecer la llamada.

2.5.3.4 Configuración central telefónica EPN

Para lograr la comunicación entre ambas centrales es necesario configurar la Central Telefónica IP de la EPN, con esto las llamadas generadas desde el servidor Elastix hacia las extensiones de los funcionarios de la EPN podrán realizarse con éxito y viceversa.

A continuación se detallan los pasos que se siguieron para la configuración de la Central Telefónica de la EPN.

En primer lugar se requiere crear un “Endpoint”, este puede ser un Gateway o una Central Telefónica con la que se quiera hacer una integración, en este caso se trata de la segunda alternativa, para esto se debe acceder al Common Management Platform (CMD), que es la interfaz de gestión y administración de la Central Telefónica de la EPN.

Una vez dentro de la plataforma de gestión, se debe seleccionar el menú “Business Group” del “Open Scape Voice” como se muestra en la Figura 2.29.

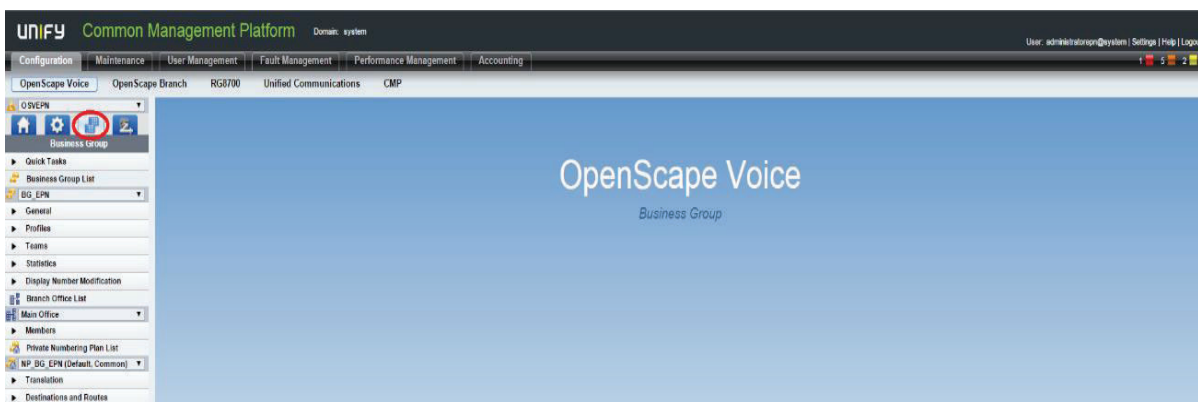


Figura 2.29 Plataforma de Gestión de la Central Telefónica EPN

Para la creación del Endpoint previamente se creará un “Profile” como se presenta en la Figura 2.30, que será el identificador del Endpoint, es decir se creará una especie de usuario que representará al servidor Elastix, como se podrá ver más adelante el “Profile” será asignado al Endpoint correspondiente, lo que permitirá la integración de ambas centrales. La configuración del Profile consta de tres secciones principales como se muestra en el proceso descrito a continuación.

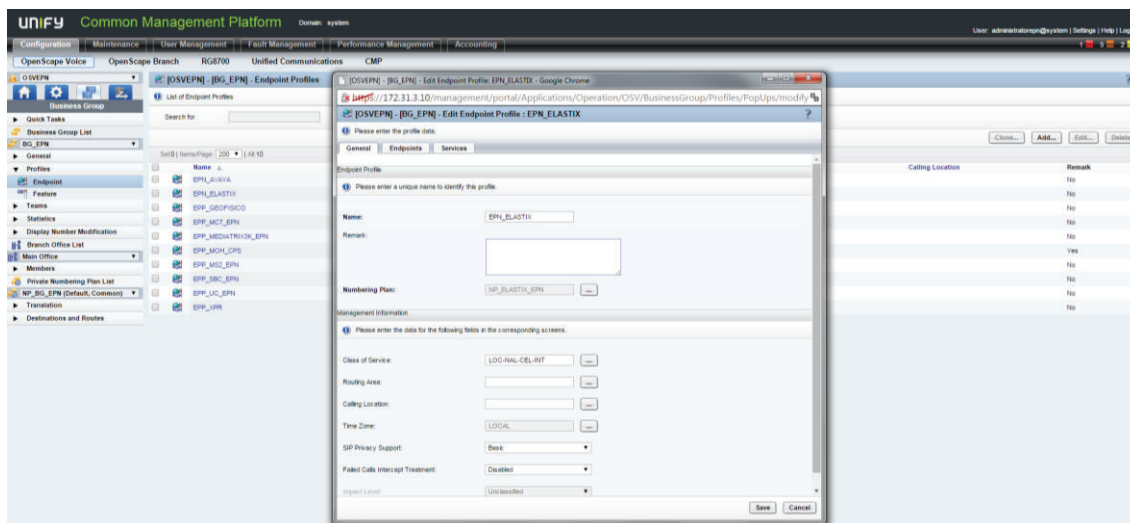


Figura 2.30 Creación del Profile

Dentro del formulario de creación del Profile del Endpoint, se deben agregar algunos parámetros, en configuración general se debe ingresar el nombre que identificará al servidor Elastix, además de definir el tipo de servicio que este brindará, es decir el tipo de llamadas (locales, nacionales, etc.) que se podrán realizar. Todo lo descrito anteriormente se muestra en la Figura 2.31.

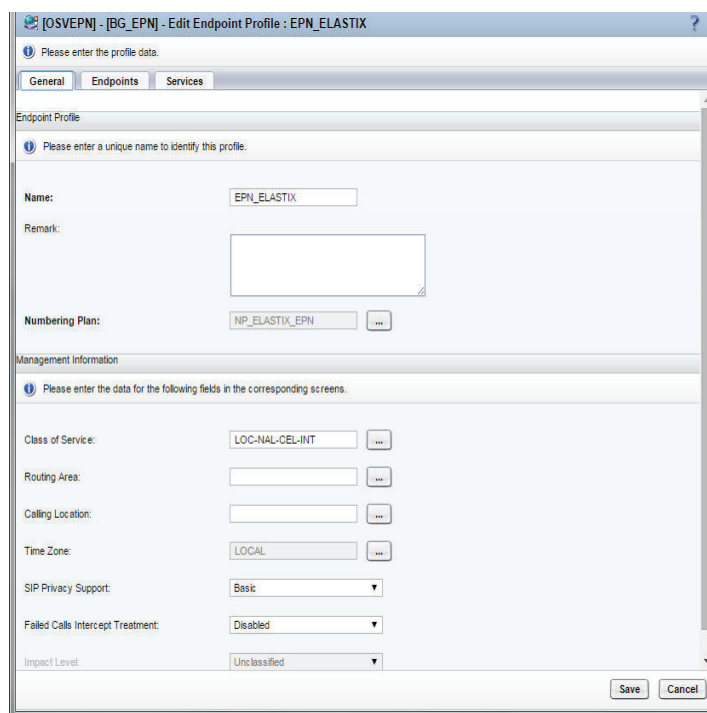


Figura 2.31 Configuración general del Profile

Luego de esto en la pestaña Endpoints, se debe agregar la dirección IP del servidor Elastix para que este pueda ser encontrado por la Central Telefónica de la EPN, esto se lo puede ver en la Figura 2.32.

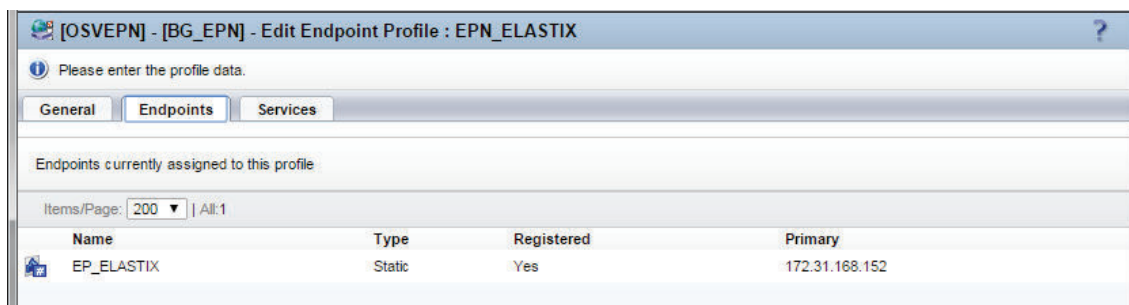


Figura 2.32 Configuración de la dirección IP del Endpoint

Finalmente se debe habilitar ciertos servicios como por ejemplo transferencia de llamadas, llamada en espera, entre otros, esto se muestra en la Figura 2.33.

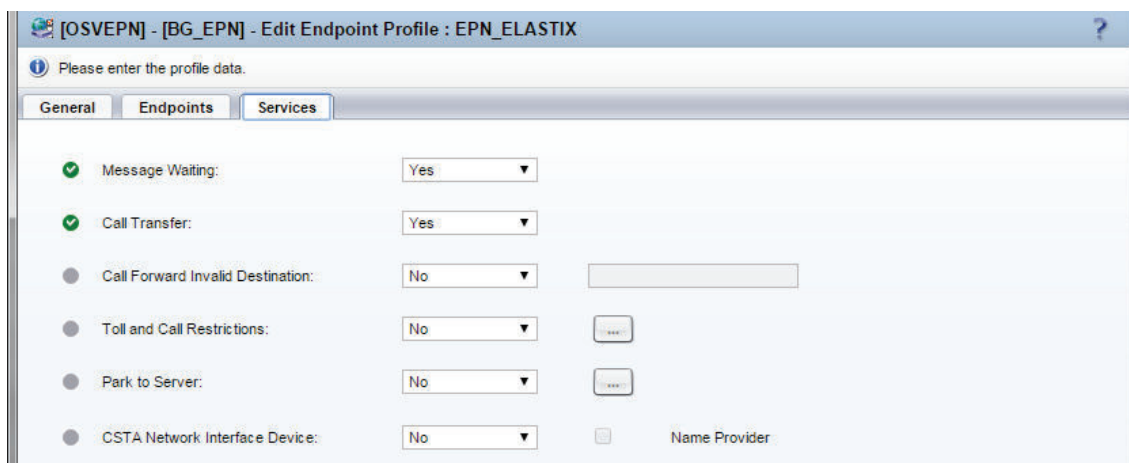


Figura 2.33 Configuración de servicios del Endpoint

Una vez que se ha concluido con la creación del "Profile", se procede a crear el "Endpoint" como tal, para esto en el menú "Main Office" se selecciona la opción "Members" dentro de la cual se realizará la creación de un nuevo "Endpoint".

En el formulario de creación del Endpoint, se deben agregar ciertos parámetros, la configuración general del mismo se presenta en la Figura 2.34.

Esencialmente en la primera pestaña de configuración, se asigna un nombre que sirva con identificativo para el Endpoint.

The screenshot shows the 'Edit Endpoint' configuration page for 'EP_ELASTIX'. The 'General' tab is active. The 'Name' field is 'EP_ELASTIX'. The 'Registered' checkbox is checked. The 'Profile' is 'EPN_ELASTIX'. Other fields like 'Branch Office', 'Associated Endpoint', 'Default Home DN', 'Location Domain', 'Endpoint Template', 'Endpoint Type', 'Max number of users', 'Last Update', and 'CSTA Device ID' are empty or show default values.

Figura 2.34 Configuración general del Endpoint

En esta sección aparecerá el nombre del Endpoint que fue configurado anteriormente en su perfil.

Luego de esto en la pestaña SIP se deben agregar los datos con los que trabajará el protocolo del mismo nombre, es decir dirección IP del servidor Elastix, puerto por el que se comunicarán, entre otros, como se muestra en la Figura 2.35.

The screenshot shows the 'SIP' tab configuration for the endpoint. Under 'Endpoint Type', 'SIP Trunking' is selected. The 'SIP Signaling' section is expanded, showing 'Type' as 'Static', 'Signaling Address Type' as 'IP Address or FQDN', 'Endpoint Address' as '172.31.168.152', 'Port' as '5060', 'Transport protocol' as 'UDP', 'Best Effort SRTP support' as 'MIKEY/SDES', and 'ANAT Support' as 'Enabled'. There is also a checkbox for 'Use Proxy/SBC Best-Effort SRTP settings for calls to subscribers' which is unchecked.

Figura 2.35 Configuración SIP para el Endpoint

En la siguiente pestaña “Attributes”, se seleccionarán las características que tendrá el Endpoint, como se muestra en la Figura 2.36. Para los objetivos de este proyecto se seleccionarán las opciones que permitan la transferencia de llamadas y el intercambio de paquetes entre centrales.

En la pestaña de “Aliases”, se debe configurar la dirección IP del servidor Elastix, esto servirá para la comunicación entre ambas centrales, esto se muestra en la Figura 2.37.

Finalmente en la pestaña “Routes” se deben agregar las rutas previamente configuradas en la Central Telefónica de la EPN, esto se muestra en la Figura 2.38, para que el servidor pueda dirigir las llamadas hacia la otra central, la configuración de las rutas no pueden ser mostradas por motivos de confidencialidad de la DGIP.

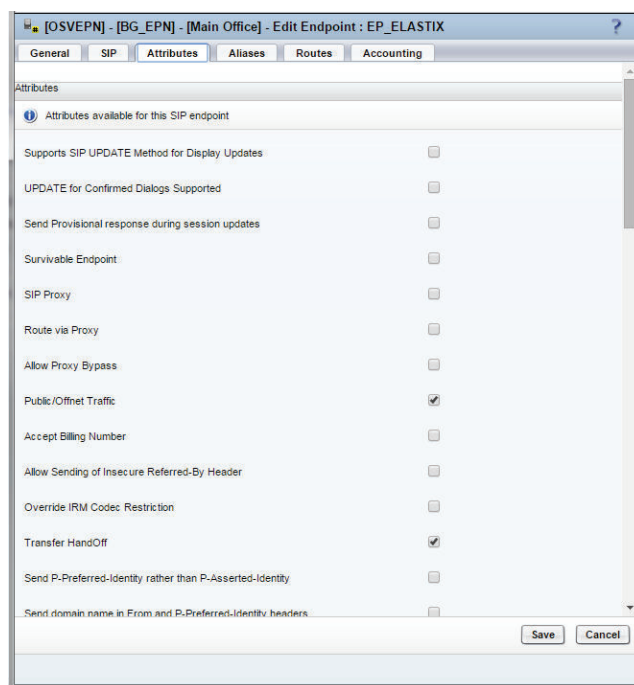


Figura 2.36 Configuración de atributos del Endpoint

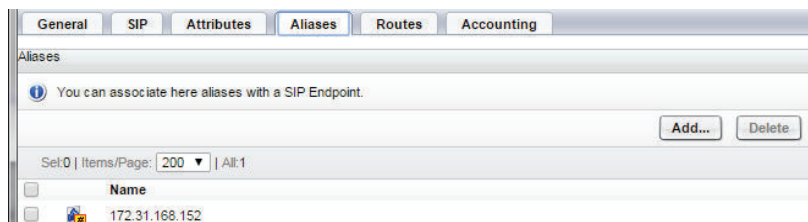


Figura 2.37 Configuración del alias del Endpoint

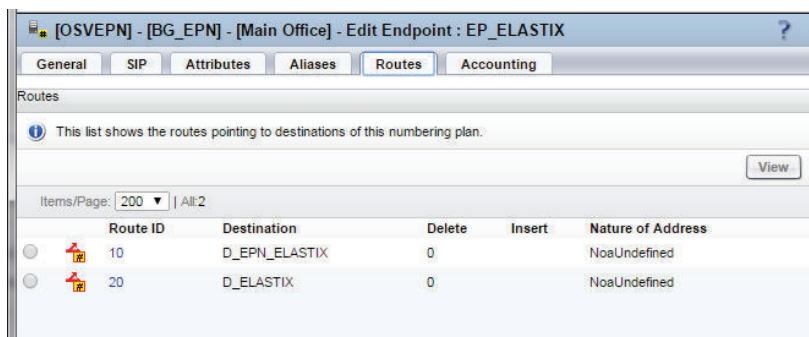


Figura 2.38 Configuración de rutas del Endpoint

Una vez creado y configurado el Endpoint se procede a configurar los códigos de destino o para verlo de otra manera, el plan de marcado de la Central Telefónica de la EPN.

Para la configuración de este plan de marcado se debe seleccionar dentro de “Members” la opción “NP_BG_EPN (Default, Common)”, que no es más que la Central de la EPN, como se muestra en la Figura 2.39.

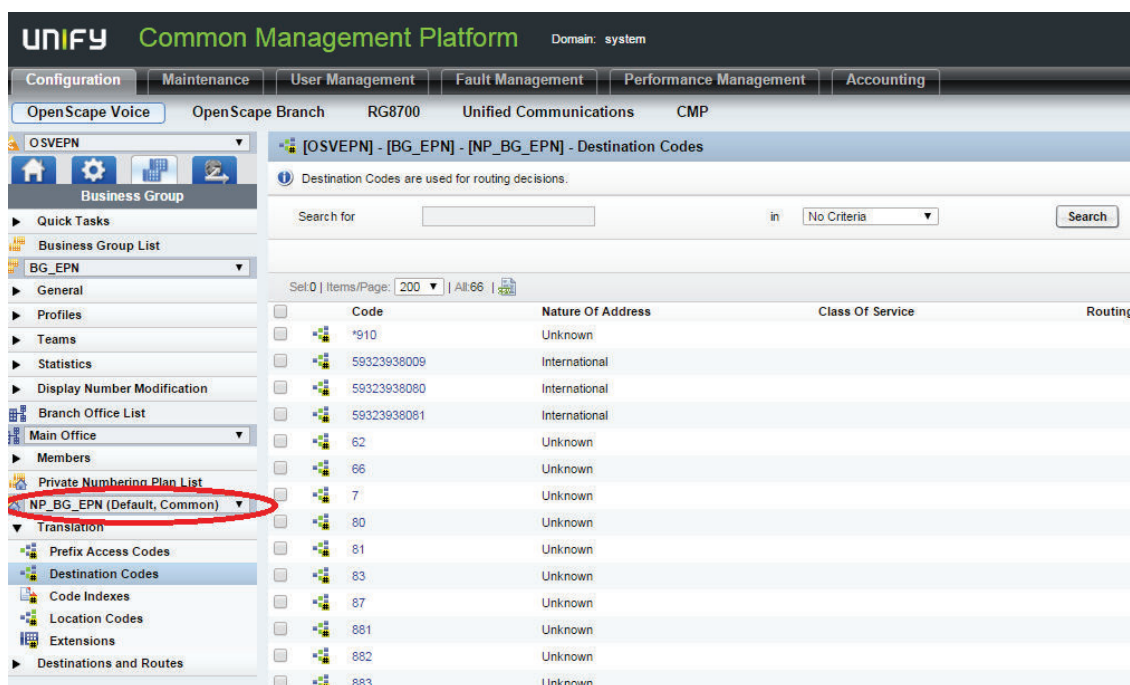


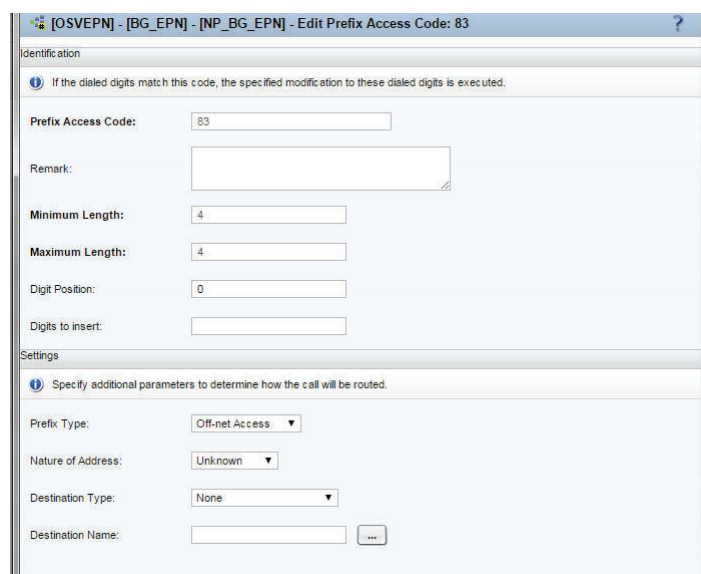
Figura 2.39 Ventana para la creación de un plan de marcado

En primer lugar se debe agregar un nuevo prefijo, para la configuración de las llamadas que salgan de la Central Telefónica de la EPN, como se explicó anteriormente, las

extensiones con las que trabaja el servidor Elastix están en el grupo 83XX, por esto se creará el prefijo 83, el cual deberá estar seguido de dos dígitos adicionales, dando una longitud total de 4 números; una vez que la Central identifique esta condición enviará la llamada a un destino externo, esto está definido por el siguiente parámetro:

Prefix Type = Off-net Access

La configuración anterior se muestra en la Figura 2.40.



The screenshot shows the Asterisk configuration interface for editing a Prefix Access Code. The window title is "[OSVEPN] - [BG_EPN] - [NP_BG_EPN] - Edit Prefix Access Code: 83". The interface is divided into two sections: "Identification" and "Settings".

Identification Section:

- Prefix Access Code: 83
- Remark: (empty text area)
- Minimum Length: 4
- Maximum Length: 4
- Digit Position: 0
- Digits to insert: (empty text area)

Settings Section:

- Prefix Type: Off-net Access (dropdown menu)
- Nature of Address: Unknown (dropdown menu)
- Destination Type: None (dropdown menu)
- Destination Name: (empty text area with a browse button)

Figura 2.40 Creación del prefijo de acceso

Una vez que el prefijo ha sido creado la central telefónica sabe que la llamada debe ser direccionada a un destino externo pero aún no conoce a cual específicamente, para esto entra en juego la configuración del "Destination Code".

Dentro de este contexto se le dirá a la central de la EPN que cuando se marque 83XX, la llamada deberá ser dirigida por la ruta de salida definida para el servidor Elastix, como se lo puede observar en la Figura 2.41.

Además de verificar que prefijo sea el número 83, se configura para que la longitud del número completo sea de cuatro dígitos, una vez que se comprueben todas estas condiciones el sistema reconocerá al número marcado como una extensión válida y de esta manera continuará con el proceso para realizar la llamada hacia un servidor externo o hacia una central telefónica IP externa.

Figura 2.41 Configuración de Destination Code

Todo lo descrito anteriormente es necesario para realizar llamadas desde la Central Telefónica IP de la EPN hacia el servidor Elastix, ahora se deben realizar las configuraciones pertinentes para las llamadas en el sentido inverso, si se lo quiere ver de otra manera se creará la ruta de retorno de las llamadas.

Al igual que en el caso anterior se debe configurar un plan de marcación pero de ingreso de llamadas, esto se lo debe hacer en el Endpoint creado para el servidor Elastix, en la opción “Prefix Acces Code” como se puede observar en la Figura 2.42.

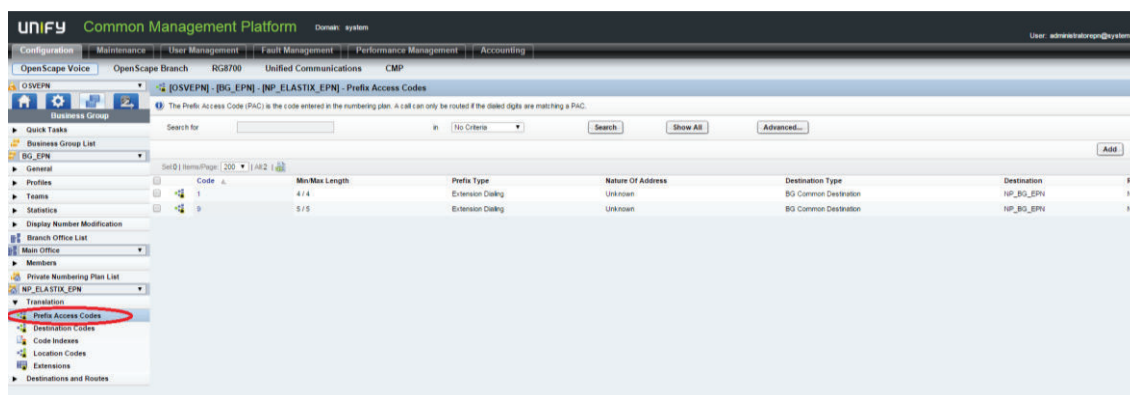
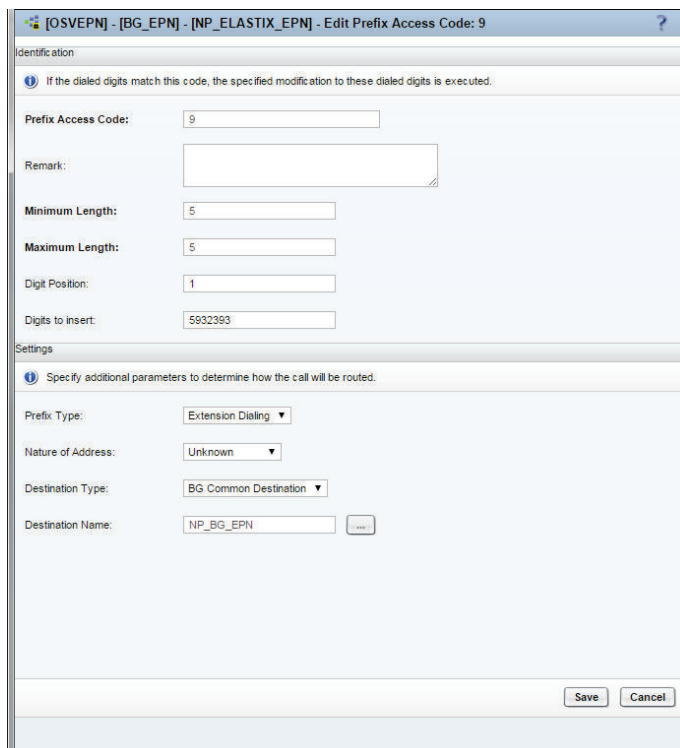


Figura 2.42 Creación de la ruta de retorno

Para configurar el acceso de las llamadas, es necesario crear un prefijo para cada grupo de extensiones de la EPN, es decir uno para las extensiones que inicien con el número 1, otro para las que inicien con el número 2, etc. En esta configuración se debe indicar que cuando la central reciba 5 dígitos empezando por el número 9, deberá eliminar el primero (el número 9), y agregar la serie 5932393 previo al número de la extensión digitado para que la llamada pueda ser exitosa, como se muestra en la

Figura 2.43, por ejemplo si se desea comunicar con la extensión 1403, desde el servidor Elastix se digitará 91403, este número será recibido por la Central de la EPN y según lo configurado se eliminará el primer dígito y se agregará la serie quedando de la siguiente manera 59323931403, este será el número real de extensión al que se realiza la llamada, por obvias razones este proceso es interno en la central y transparente para el usuario final.

Otra configuración importante tiene que ver con el parámetro “Prefix Type”, al asignarle el valor “Extension Dialing”, se le está indicando al sistema que debe marcar al número de extensión que se obtuvo, una vez finalizado el proceso que se explica en el párrafo anterior.



The screenshot shows a web-based configuration window titled "[OSVEPN] - [BG_EPN] - [NP_ELASTIX_EPN] - Edit Prefix Access Code: 9". The window is divided into two main sections: "Identification" and "Settings".

Identification Section:

- Prefix Access Code: 9
- Remark: (empty text area)
- Minimum Length: 5
- Maximum Length: 5
- Digit Position: 1
- Digits to insert: 5932393

Settings Section:

- Prefix Type: Extension Dialing (dropdown menu)
- Nature of Address: Unknown (dropdown menu)
- Destination Type: BG Common Destination (dropdown menu)
- Destination Name: NP_BG_EPN (text field with a search icon)

At the bottom right of the window, there are "Save" and "Cancel" buttons.

Figura 2.43 Configuración de Prefix Access Code

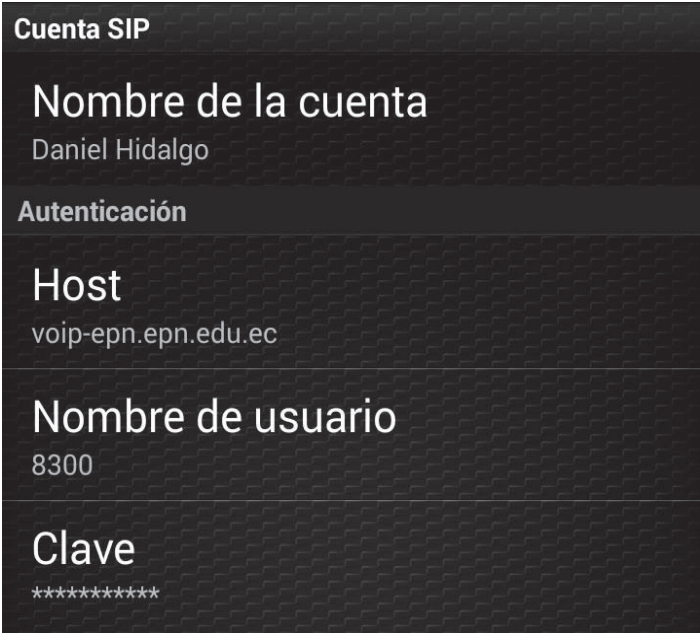
2.5.4 CONFIGURACIÓN DEL SOFTPHONE [4]

Una vez que se ha configurado todo lo necesario para posibilitar la comunicación entre el servidor Elastix y la Central Telefónica de la EPN, se deben configurar las extensiones creadas en los dispositivos finales de los usuarios, como se planteó en el Capítulo 1, luego de un breve análisis, se utilizará como softphone a la aplicación

Zoiper, la cual se la obtiene de manera gratuita descargándola de la tienda propia del dispositivo.

En la aplicación se debe configurar una cuenta de usuario SIP, para esto se ingresan los siguientes parámetros, como se muestra en la Figura 2.44:

- **Nombre de la cuenta:** nombre y apellido del usuario
- **Host:** *voip-eqn.epn.edu.ec* o *172.31.168.152*
- **Nombre de usuario:** número de extensión asignado
- **Clave:** *Elastix123* o la que se defina al momento de crear la extensión.



Cuenta SIP
Nombre de la cuenta Daniel Hidalgo
Autenticación
Host voip-eqn.epn.edu.ec
Nombre de usuario 8300
Clave *****

Figura 2.44 Configuración del softphone

Si todos los parámetros fueron escritos correctamente, la aplicación se registra mediante la cuenta de usuario en el servidor Elastix, y de esta manera se puede utilizar el servicio telefónico en el Smartphone o en el dispositivo que se haya configurado, como se muestra en la Figura 2.45; en caso de que algún parámetro sea incorrecto, el aplicativo advertirá una falla en el registro, como se puede ver en la Figura 2.46, por lo que se deberá revisar nuevamente la configuración.

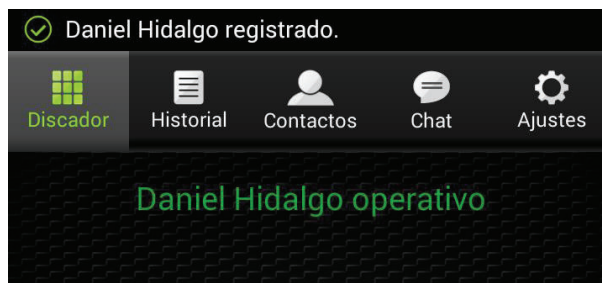


Figura 2.45 Registro exitoso



Figura 2.46 Registro fallido

Es importante indicar que un requisito indispensable para que el dispositivo pueda registrarse en el servidor es que, ya sea un Smartphone, un computador, una Tablet, etc., este debe estar conectado a la red de datos de la EPN, puede ser tanto a la red cableada o a la red inalámbrica. Según lo planteado en el plan de este proyecto, el servicio de telefonía IP será un servicio brindado únicamente dentro de la institución, por este motivo es imprescindible la conexión a la red interna de la Escuela Politécnica Nacional, caso contrario no se logrará un registro exitoso y el aplicativo no podrá funcionar.

CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Luego de haber configurado todos los equipos que intervienen en la implementación de este proyecto, se debe realizar una serie de pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, y luego de ello pensar en la puesta en producción del servicio para los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional.

En este capítulo se presentarán las pruebas que se van a realizar, para ello se dividirán en tres tipos de evaluaciones, en primer lugar se probarán las llamadas internas, es decir las comunicaciones a través del servidor Elastix, como segunda parte de las pruebas se realizará la comunicación desde el servidor Elastix hacia la Central Telefónica IP de la EPN, y para finalizar se verificará la comunicación desde la Central Telefónica IP de la EPN hacia el servidor Elastix.

Una vez completadas todas las pruebas se revisarán los recursos ocupados en el servidor en un ambiente más real y no únicamente como se lo hizo en el estudio previo del capítulo 2.

Según lo planteado en el plan de este proyecto se trata únicamente de la implementación piloto del servicio de telefonía IP, por lo que las pruebas se realizarán con un número limitado de usuarios, los que tendrán acceso a realizar llamadas entre ellos así como también con la Central Telefónica de la EPN, en caso de que sea necesario, debido a que este es un servicio cuyo objetivo es la comunicación directa y gratuita entre estudiantes y con el personal que labora en la EPN, no se podrán realizar llamadas a números de la red telefónica pública (PSTN).

3.2. PRUEBAS EN EL SERVIDOR ELASTIX

Para el primer grupo de pruebas se verificará la comunicación entre las extensiones creadas dentro del servidor Elastix, una vez que los softphones han sido configurados, se procede a realizar llamadas entre las extensiones definidas en primera instancia para este cometido.

Para tener una idea más clara del escenario que se probará en esta sección, a continuación en la Figura 3.1 se muestra un diagrama de red de los equipos que intervienen en la comunicación.

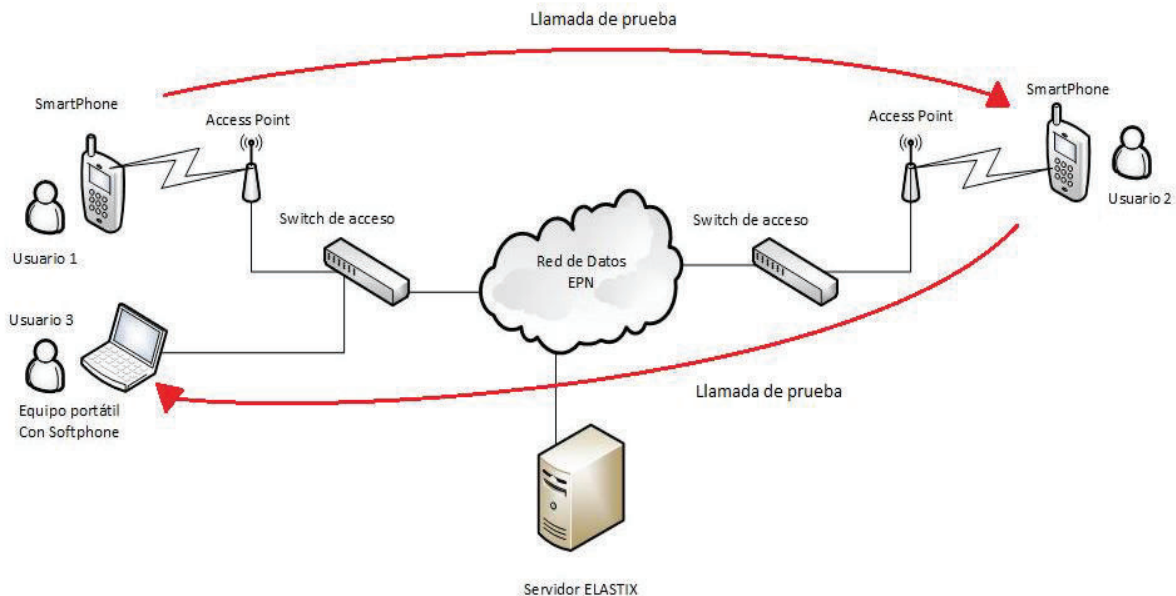


Figura 3.1 Primer escenario de pruebas

Una vez que ha sido definido el escenario y que las primeras 10 extensiones para pruebas han sido creadas y configuradas en los respectivos dispositivos de los usuarios, se procede a realizar llamadas para probar la calidad del servicio y también ver los recursos ocupados en el servidor Elastix.

A continuación en la Figura 3.2 se muestra la totalidad de extensiones creadas, estas servirán para realizar las pruebas del servicio.

Añadir Extensión	Pablo Ortiz <8305>
Daniel Hidalgo <8300>	Alejandro Medrano <8306>
Daniel Hidalgo PC <8301>	Michael Moya <8307>
Wilson Delgado <8302>	Daniela Cordova <8308>
Christian Loza <8303>	Sandra Sarango <8309>
William Nacimba <8304>	Kleber Serrano <8310>

Figura 3.2 Extensiones Creadas

3.2.1 ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS

A continuación en la fase de pruebas se realizarán llamadas entre estas extensiones, las llamadas tendrán diferente duración y se tratará que exista la mayor cantidad de llamadas simultáneas durante el periodo en el que se realicen las pruebas.

Al momento de realizar las pruebas, estas son exitosas, las llamadas se realizan correctamente, los dispositivos pueden efectuar llamadas y también recibirlas, como se puede observar en la Figura 3.3.

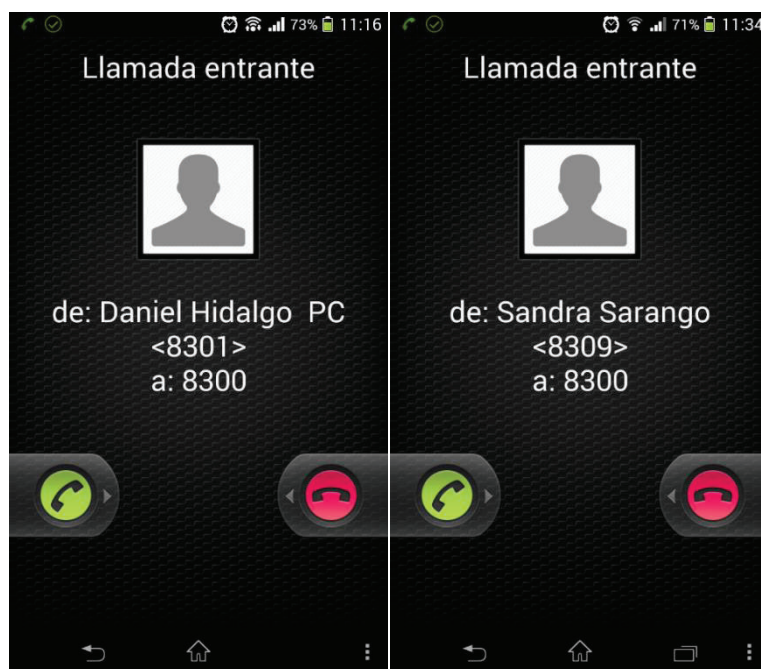


Figura 3.3 Recepción de llamadas

Gracias al menú de reportes de Elastix, se tienen datos estadísticos del total de llamadas realizadas, duración y otros aspectos que se presentarán a manera de ejemplo para constatar las llamadas que se han realizado, y que han quedado registradas en el sistema. En la Figura 3.4 se muestra un resumen de algunas de las llamadas realizadas.

Adicionalmente se puede visualizar un reporte gráfico de llamadas realizadas y recibidas por una extensión específica, el reporte es bastante completo ya que muestra el tiempo total de duración de las llamadas, como se puede observar en la Figura 3.5.

Extensión	Nombre Usuario	# Llamadas Entrantes	# Llamadas Salientes	Tiempo total (Llamadas Entrantes)	Tiempo total (Llamadas Salientes)	Detalles
8300	Daniel Hidalgo	7	3	00h. 02m. 23s	00h. 01m. 12s	Ver
8301	Daniel Hidalgo PC	1	2	00h. 00m. 44s	00h. 02m. 05s	Ver
8302	Wilson Delgado	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8303	Christian Loza	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8304	William Nacimba	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8305	Pablo Ortiz	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8306	Alejandro Medrano	0	1	00h. 00m. 00s	00h. 02m. 25s	Ver
8307	Michael Moya	1	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8308	Daniela Cordova	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver
8309	Sandra Sarango	1	5	00h. 00m. 28s	00h. 00m. 18s	Ver
8310	Kleber Serrano	0	0	00h. 00m. 00s	00h. 00m. 00s	Ver

Figura 3.4 Resumen de llamadas realizadas

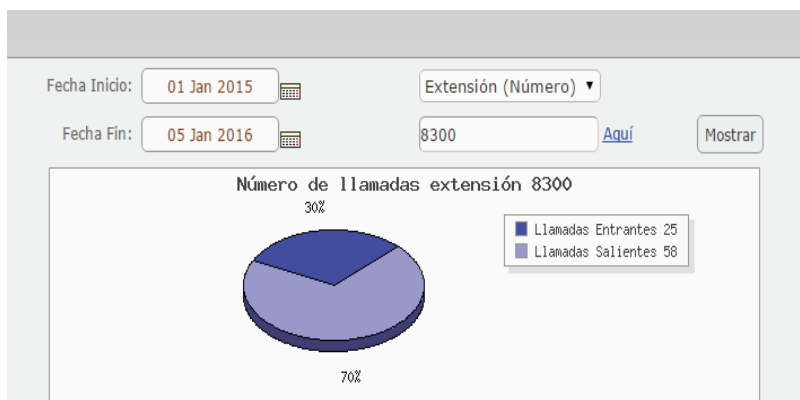


Figura 3.5 Resumen de llamadas realizadas y recibidas por extensión

Otra herramienta que brinda Elastix es un reporte gráfico donde se puede obtener la estadística de las extensiones que se marcan con mayor frecuencia o de qué extensiones se recibe la mayor cantidad de llamadas, esto se lo puede ver en la Figura 3.6.

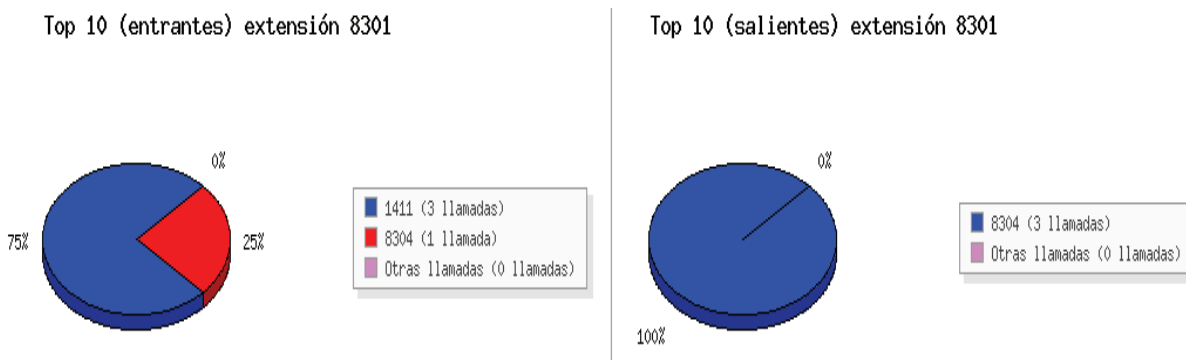


Figura 3.6 Comunicaciones más frecuentes

3.2.2 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

Para verificar los mensajes de intercambio que se realizan en el proceso de establecimiento de la llamada, se ha utilizado el software Wireshark para monitorear y capturar los datos generados por los softphones, de esta manera se puede constatar la negociación, que realiza el protocolo SIP en su intento por entablar una llamada. En la Figura 3.7 se muestran los datos recabados.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4.756983	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP/SDP	957	Request: INVITE sip:8304@voip-eqn.edu.ec;transport=UDP
4.759575	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	602	Status: 401 Unauthorized
4.760166	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	397	Request: ACK sip:8304@voip-eqn.edu.ec;transport=UDP
4.763251	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP/SDP	1137	Request: INVITE sip:8304@voip-eqn.edu.ec;transport=UDP
4.766649	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	583	Status: 100 Trying
4.798631	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	599	Status: 180 Ringing
4.881098	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	599	Status: 180 Ringing
13.598410	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP/SDP	928	Status: 200 OK
13.599070	172.31.168.152	172.31.203.138	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x4FDB00B9, Seq=35671, Time=3019792184, Mark
13.607147	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	471	Request: ACK sip:8304@172.31.168.152:5060
13.622449	172.31.203.138	172.31.168.152	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xE28E50D6, Seq=35466, Time=395079586, Mark
18.422910	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	637	Request: BYE sip:8304@172.31.168.152:5060
18.425383	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	513	Status: 200 OK

Figura 3.7 Captura de paquetes en una llamada SIP

Adicionalmente, en la Figura 3.8 se puede constatar cómo ocurre el intercambio de mensajes propios del protocolo SIP, es decir, el intercambio de peticiones y respuestas entre el cliente y el servidor al momento de establecerse la llamada.

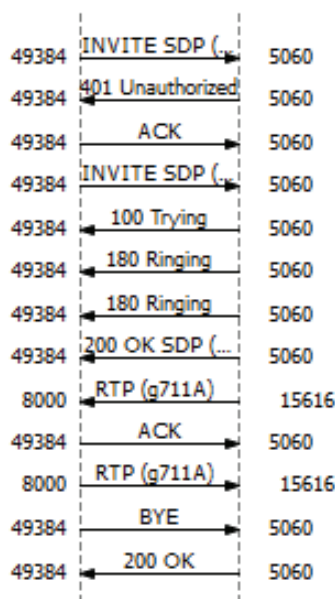


Figura 3.8 Intercambio de mensajes en una llamada SIP

Para analizar la figura anterior, a continuación se indicará que ocurre con cada mensaje intercambiado, para esto se denominará usuario A a quien origina la llamada y usuario B al destinatario.

- En primer lugar el usuario A envía una invitación para establecer la llamada (INVITE).
- El servidor responde que la invitación no incluye credenciales de autenticación mediante un mensaje de error (401 Unauthorized)
- El usuario A envía una confirmación (ACK).
- El usuario A envía nuevamente una invitación, con la diferencia de que se incluyen los datos de autenticación (INVITE).
- A continuación el servidor le responde al usuario A que está intentando autenticarlo (100 Trying).
- Cuando el softphone del usuario B empieza a sonar, el servidor envía el mensaje de notificación al usuario A (180 Ringing).
- El momento en que el usuario B contesta, se envía una respuesta de éxito hacia el usuario A (200 OK).
- A su vez desde usuario A se envía una confirmación (ACK).
- A continuación se realiza el intercambio de datos a través del protocolo RTP y utilizando el códec g711A.
- En este caso ya que el usuario A es quien cuelga, se genera un mensaje de despedida hacia el usuario B (BYE).
- Finalmente este mensaje se responde con un mensaje de éxito (200 OK).

Para comprobar que el segundo mensaje de INVITE posee los datos de autenticación, a continuación en la Figura 3.9 se comparan los detalles de ambos mensajes. Como se puede ver en la cabecera del mensaje INVITE con secuencia 2 tiene un campo

adicional llamado Authorization, donde están los datos necesarios para la autenticación.

```

MENSAJE INVITE #1
* CSeq: 1 INVITE
  Sequence Number: 1
  Method: INVITE
  Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
  Content-Type: application/sdp
  Supported: replaces, nofersub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceuri
  User-Agent: Z 3.9.32144 r32121
  Allow-Events: presence, kpml
  Content-Length: 243

MENSAJE INVITE #2
* CSeq: 2 INVITE
  Sequence Number: 2
  Method: INVITE
  Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
  Content-Type: application/sdp
  Supported: replaces, nofersub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceuri
  User-Agent: Z 3.9.32144 r32121
  Authorization: Digest username="8301",realm="asterisk",nonce="02b9ca31",uri="sip:8304@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP",response="24663e4742f3053ba820aa47122f8a49",algorithm=MD5
  Authentication Scheme: Digest
  Username: "8301"
  Realm: "asterisk"
  Nonce Value: "02b9ca31"
  Authentication URI: "sip:8304@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP"
  Digest Authentication Response: "24663e4742f3053ba820aa47122f8a49"
  Algorithm: MD5
  Allow-Events: presence, kpml
  Content-Length: 243
  
```

Figura 3.9 Detalle de ambos mensajes INVITE

Luego de comprobar el correcto funcionamiento del primer escenario de pruebas, se continuará con el análisis de los demás escenarios planteados.

3.3. PRUEBAS DESDE EL SERVIDOR ELASTIX HACIA LA CENTRAL DE LA EPN

En este segundo escenario planteado se realizan pruebas de llamadas efectuadas desde el servidor Elastix hacia la Central Telefónica de la EPN, con esto se comprobará la configuración de la troncal de salida que fue creada con el fin de permitir la comunicación entre ambas centrales telefónicas.

A continuación en la Figura 3.10, se muestra un diagrama del escenario planteado para esta sección de pruebas, donde intervendrán tanto extensiones pertenecientes al servidor Elastix como aquellas que se encuentran creadas dentro de la Central Telefónica de la Institución.

En este caso las pruebas serán unidireccionales, es decir se verificará únicamente el proceso de realizar una llamada desde el servidor Elastix hacia las extensiones del personal que labora en la Escuela Politécnica Nacional, esto ya que se desea revisar de manera separada la configuración realizada en el servidor, y así comprobar paso a paso el correcto funcionamiento del sistema.

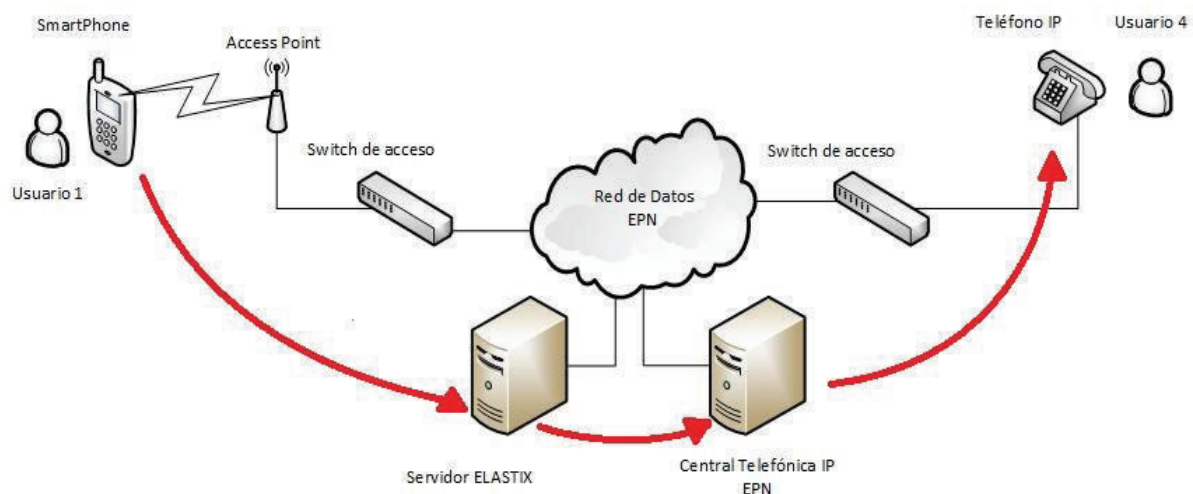


Figura 3.10 Segundo escenario de pruebas

Con el escenario de pruebas bien definido y teniendo en cuenta que se han dado todos los permisos, tanto de red como apertura de puertos necesarios para la comunicación entre ambos servidores, gracias a la colaboración de la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, se procede con la realización de las llamadas de prueba.

3.3.1 ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS

Para comenzar con esta fase, desde los softphones configurados en el servidor Elastix, se marca hacia diversas extensiones pertenecientes a la DGIP que fueron facilitadas para esta etapa de pruebas. En la Figura 3.11, se realiza una llamada desde la extensión 8300 hacia la extensión 1411; a continuación en la Figura 3.12 se puede apreciar que la llamada llega a su destino lo que implica que la integración parcial de ambas centrales funciona correctamente. Queda demostrado que se pueden realizar llamadas unidireccionales desde servidor Elastix hacia la Central Telefónica de la Institución, gracias a esto se ha verificado que la integración de ambas centrales en el contexto del segundo escenario de pruebas fue exitosa.

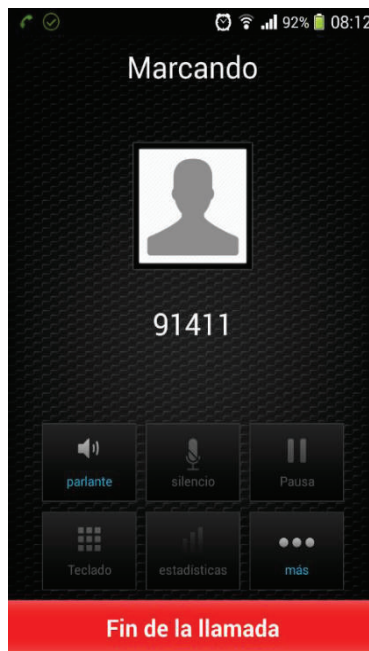


Figura 3.11 Realización de la llamada



Figura 3.12 Recepción de la llamada

Gracias a los reportes propios de Elastix que ya fueron mencionados en las pruebas del primer escenario, también es posible obtener ciertos datos interesantes de las pruebas realizadas en el escenario número dos, en la Figura 3.13 se muestra un resumen de las llamadas realizadas a través de la troncal configurada en el servidor Elastix, en esta imagen se puede apreciar detalles importantes como si la llamada fue contestada, si esta fue rechazada e inclusive si falló la comunicación además del tiempo que duró la conexión entre ambos servidores, con estos datos se puede

obtener una estadística que permita conocer el funcionamiento del sistema, por ejemplo se puede verificar que el número de llamadas fallidas no sea alto lo que implicaría algún daño o a su vez que existe algún problema en el intercambio de mensajes por parte del protocolo SIP.

Fecha	Fuente	Grupo de timbrado	Destino	Canal origen	Código de Cuenta	Canal destino	Estado	Duración
2016-01-08 07:13:47	8310		91403	SIP/8310-0000008a		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-0000008b	NO ANSWER	0s
2016-01-06 11:54:16	8306		91403	SIP/8306-00000084		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000085	NO ANSWER	0s
2016-01-05 11:02:01	8306		91403	SIP/8306-0000006b		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-0000006c	ANSWERED	145s (2m 25s)
2016-01-04 16:38:30	8300		91411	SIP/8300-00000067		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000068	ANSWERED	5s
2016-01-04 16:37:22	8300		91411	SIP/8300-00000063		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000064	ANSWERED	41s
2015-12-26 13:32:37	8301		91411	SIP/8301-00000059		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-0000005a	NO ANSWER	0s
2015-12-22 13:10:08	8300		91436	SIP/8300-00000057		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000058	NO ANSWER	0s
2015-12-22 12:38:11	8300		91411	SIP/8300-00000055		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000056	ANSWERED	36s
2015-12-22 08:43:08	8303		91431	SIP/8303-0000004f		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000050	NO ANSWER	0s
2015-12-22 08:41:45	8303		91431	SIP/8303-0000004d		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-0000004e	FAILED	0s
2015-12-22 08:41:28	8303		91431	SIP/8303-0000004b		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-0000004c	NO ANSWER	0s
2015-12-21 16:56:03	8300		91411	SIP/8300-00000048		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000049	ANSWERED	66s (1m 6s)
2015-12-21 16:55:51	8300		91421	SIP/8300-00000046		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000047	NO ANSWER	0s
2015-12-21 16:48:32	8300		91435	SIP/8300-00000044		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000045	ANSWERED	38s
2015-12-21 16:46:44	8300		91411	SIP/8300-00000042		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000043	ANSWERED	91s (1m 31s)
2015-12-21 16:43:21	8300		91411	SIP/8300-00000038		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000039	ANSWERED	80s (1m 20s)
2015-12-21 16:34:25	8300		91411	SIP/8300-00000036		SIP/ELASTIX-EPN-OUT-00000037	ANSWERED	41s

Figura 3.13 Resumen de llamadas hacia la Central Telefónica EPN

Adicionalmente, se puede obtener un reporte gráfico más ilustrativo del número de llamadas salientes así como también del tiempo total de duración de esas llamadas, como se puede observar en la Figura 3.14, para conseguir esta información simplemente se deben configurar los filtros de tal manera que se escojan los datos pertenecientes a la troncal configurada llamada SIP/ELASTIX-EPN-OUT.

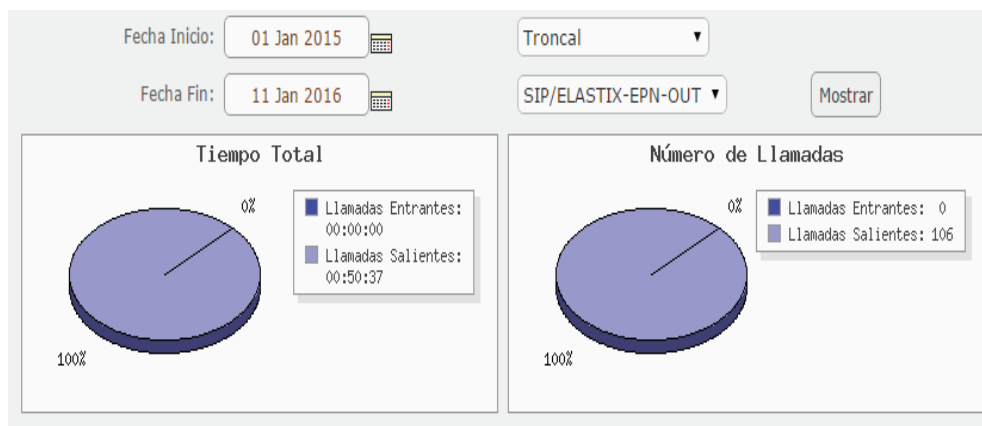


Figura 3.14 Reporte gráfico de llamadas salientes

Otra información que se puede obtener desde la interfaz web de administración de Elastix, es la estadística de llamadas más frecuentes tanto realizadas como recibidas por una extensión, como en esta sección se comprueba las comunicaciones hacia la Central Telefónica de la EPN, los datos que necesitan ser verificados son los de salida, por este motivo como se muestra en el Figura 3.15, a manera de ejemplo desde la extensión 8301 se han realizado varias llamadas hacia extensiones de la EPN las cuales han tenido éxito y permiten comprobar el funcionamiento del servicio piloto implementado.

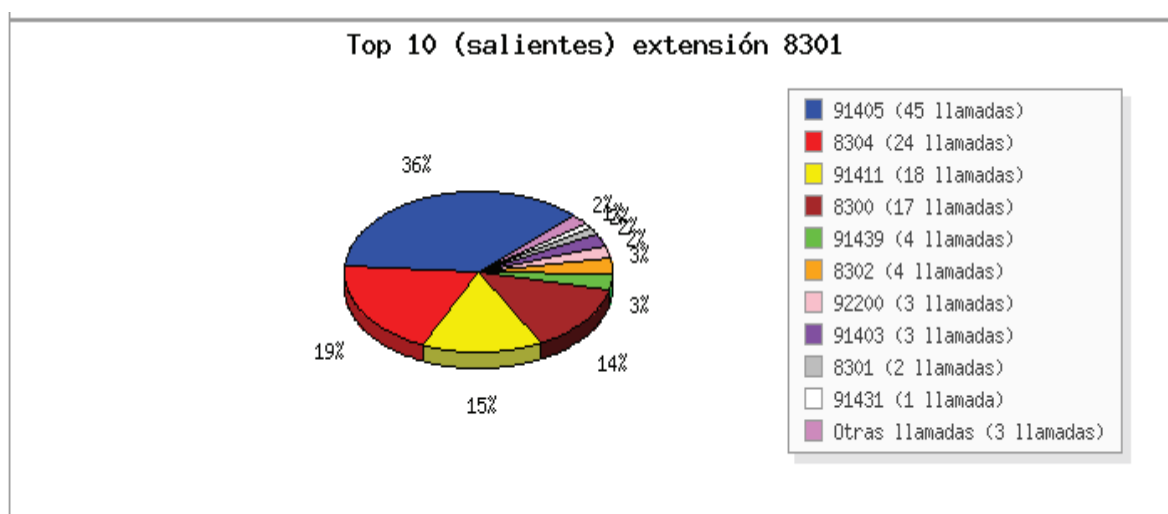


Figura 3.15 Llamadas salientes más frecuentes

3.3.2 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

En esta sección se utiliza de nuevo el software Wireshark para analizar el intercambio de mensajes que hace el protocolo SIP y encontrar si existe alguna diferencia con los datos obtenidos en el primer escenario, se realizan las mismas pruebas que en caso anterior y se verifican los mismos parámetros para encontrar si existe algo adicional que permite la comunicación entre las dos centrales telefónicas.

A continuación en la Figura 3.16 se muestra la captura de los paquetes luego de realizar la llamada desde el servidor Elastix hacia la Central Telefónica de la EPN.

Además en la Figura 3.17 se presenta gráficamente el intercambio de los mensajes que utiliza SIP para entablar la llamada.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
12.612306	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP/SDP	959	Request: INVITE sip:91411@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP
12.614902	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	603	Status: 401 Unauthorized
12.615779	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	399	Request: ACK sip:91411@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP
12.621363	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP/SDP	1140	Request: INVITE sip:91411@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP
12.624812	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	585	Status: 100 Trying
13.011880	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	601	Status: 180 Ringing
15.925329	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP/SDP	932	Status: 200 OK
15.981032	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	473	Request: ACK sip:91411@172.31.168.152:5060
15.992974	172.31.203.138	172.31.168.152	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xF6B40A3E, Seq=63458, Time=2250475364, Mark
16.048013	172.31.168.152	172.31.203.138	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x2F0B1EAF, Seq=42900, Time=183707736, Mark
22.861539	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	659	Request: BYE sip:8301@172.31.203.138:49384;transport=UDP
22.877344	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	409	Status: 200 OK

Figura 3.16 Captura de paquetes en una llamada SIP escenario 2

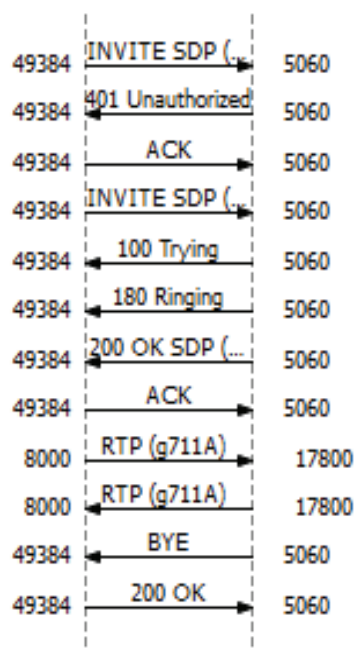


Figura 3.17 Intercambio de mensajes en una llamada SIP escenario 2

No se analiza detalladamente el intercambio de mensajes del protocolo SIP debido a que el establecimiento de la llamada se hace de manera idéntica al intercambio ya analizado en el primer escenario, en lo que se centrará el análisis será en la diferencia de los dos mensajes de INVITE enviados para la autenticación del usuario, la respuesta Unauthorized que envía el servidor, notifica al cliente que son necesarias credenciales, por su lado el cliente envía un nuevo INVITE en el que dentro de la cabecera envía los datos necesarios como se ve en la Figura 3.18, estos datos son un username que corresponde al número de extensión perteneciente al servidor Elastix y la contraseña codificada mediante el algoritmo MD5.

```

MENSAJE INVITE #1
> CSeq: 1 INVITE
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
Content-Type: application/sdp
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceurl
User-Agent: 2.3.9.32144 r32121
Allow-Events: presence, kpml
Content-Length: 243

MENSAJE INVITE #2
> CSeq: 2 INVITE
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, NOTIFY, REFER, MESSAGE, OPTIONS, INFO, SUBSCRIBE
Content-Type: application/sdp
Supported: replaces, noferesub, extended-refer, timer, outbound, path, X-cisco-serviceurl
User-Agent: 2.3.9.32144 r32121
Authorization: Digest username="8301",realm="asterisk",nonce="7c69d9ef",uri="sip:91411@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP",response="did71775ee7edf7893bc69c9a519ddc7",algorithm=MD5
Authentication Scheme: Digest
Username: "8301"
Realm: "asterisk"
Nonce Value: "7c69d9ef"
Authentication URI: "sip:91411@voip-epn.epn.edu.ec;transport=UDP"
Digest Authentication Response: "did71775ee7edf7893bc69c9a519ddc7"
Algorithm: MD5
Allow-Events: presence, kpml
Content-Length: 243

```

Figura 3.18 Detalle de ambos mensajes INVITE escenario 2

3.4. PRUEBAS DESDE LA CENTRAL TELEFÓNICA EPN HACIA EL SERVIDOR ELASTIX

Una vez que las pruebas en el primero y segundo escenario han sido realizadas con resultados exitosos, se proceden a realizar pruebas idénticas en el tercer y último escenario planteado; en esta ocasión, para verificar el funcionamiento de la comunicación entre ambas centrales se plantea probar que es posible realizar llamadas desde la Central Telefónica de la EPN hacia el servidor Elastix, en la Figura 3.19 se expone un diagrama que representa el escenario planteado en esta tercera fase de pruebas.

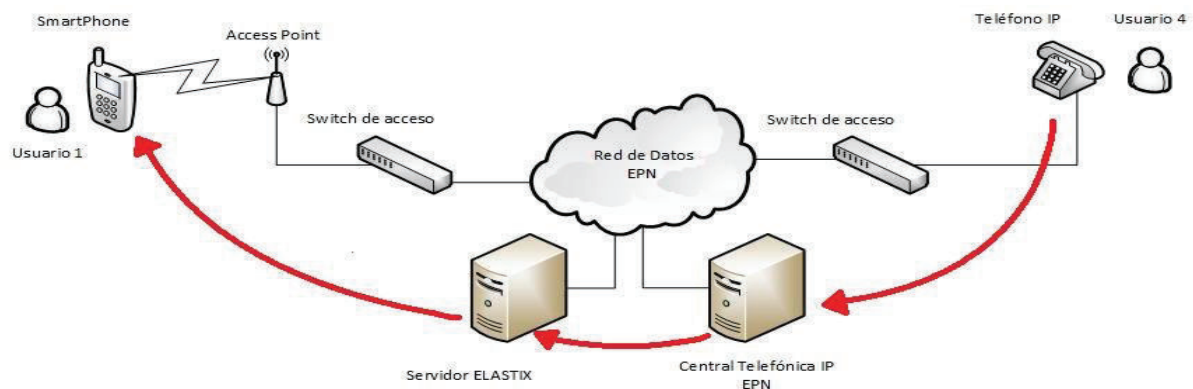


Figura 3.19 Tercer escenario de pruebas

Así como en la sección 3.3 de este capítulo las pruebas fueron de manera unidireccional, en este apartado se mantendrá el mismo método pero es importante señalar que al ser en el sentido inverso, las mismas se complementarán y se obtendrán finalmente resultados generales del funcionamiento del sistema y se podrá comprobar el cumplimiento del principal objetivo de este Proyecto de Titulación que se refiere a lograr la integración entre la Central Telefónica de la Escuela Politécnica Nacional y el servidor Elastix que brindará el servicio de Telefonía IP a los estudiantes de la Institución.

Una vez que se conocen los pormenores del escenario final que se utilizará para probar el funcionamiento completo del sistema implementado, no cabe más que dar paso a la etapa final, la misma que al igual que las dos anteriores permitirá obtener varios datos valiosos para la implementación del piloto de servicio de telefonía IP planteado en este proyecto.

3.4.1 ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS

En esta etapa de pruebas se realizarán llamadas desde las extensiones pertenecientes a la Central Telefónica de la EPN, hacia las extensiones configuradas en el servidor Elastix, para el ejemplo expuesto en esta sección se realizará una llamada desde la extensión 1411 hacia la extensión 8301, gracias a la configuración realizada en ambas centrales, para llamar hacia las extensiones del servidor Elastix no es necesario adicionar ningún número ni cadena de caracteres, lo que facilita el proceso para los funcionarios de la Institución en caso de que necesiten comunicarse con algún estudiante.

A continuación en la Figura 3.20 se puede observar cómo se efectúa la llamada desde el teléfono IP, la cual sin inconveniente llega a su destino como se puede ver en la Figura 3.21.

El escenario número tres tiene por objetivo comprobar la ruta inversa que se plantea en el segundo escenario, luego de las pruebas se evidenció que la comunicación entre las centrales telefónicas se da en ambos sentidos, lo que implica que los servidores se han integrado para brindar el servicio de telefonía IP.



Figura 3.20 Realización de la llamada escenario 3

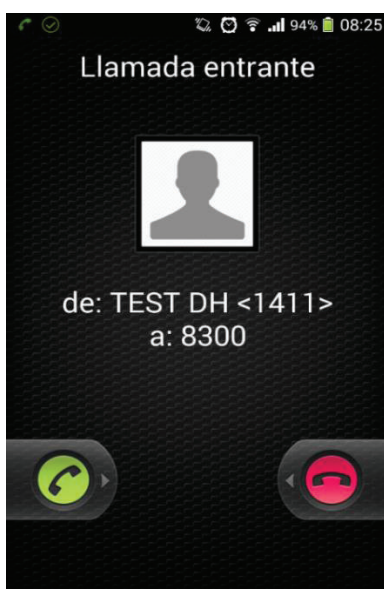


Figura 3.21 Recepción de la llamada escenario 3

Ya que la llamada se dio sin problemas, se procede a obtener los datos estadísticos que ofrece la interfaz web de administración de Elastix como se lo hizo en los dos casos anteriores.

A continuación en la Figura 3.22 se muestra el resumen de llamadas recibidas en el servidor Elastix por parte de las extensiones externas, todas estas llamadas ingresan por el canal creado denominado “incoming”, este canal permite identificar el número de extensión al que se desea llamar o para decirlo de otra manera recibe el mensaje con el identificativo de la extensión que se marcó desde el teléfono IP y lo procesa para luego marcar al softphone del usuario requerido.

Como ya se explicó anteriormente, otro dato importante que se puede obtener de este resumen es el estado de la llamada, ya que con esta información se puede verificar que el servicio esté funcionando correctamente o si presenta alguna falla en la comunicación.

Al igual que en los casos anteriores, en la Figura 3.23 se muestra datos estadísticos de las llamadas realizadas con mayor frecuencia hacia un número de extensión, en este caso la información importante hace referencia a las llamadas recibidas desde extensiones externas al servidor Elastix.

Fecha	Fuente	Destino	Canal origen	Canal destino	Estado	Duración
2015-12-21 16:02:15	1411	8301	SIP/incoming-0000000a	SIP/8301-0000000b	NO ANSWER	0s
2015-12-21 15:45:43	1411	8301	SIP/incoming-00000006	SIP/8301-00000007	ANSWERED	26s
2015-12-21 15:43:56	1411	8301	SIP/incoming-00000002	SIP/8301-00000003	ANSWERED	29s
2015-12-21 15:43:26	1411	8301	SIP/incoming-00000000	SIP/8301-00000001	ANSWERED	10s
2015-12-21 15:42:32	1411	8301	SIP/incoming-00000000	SIP/8301-00000001	NO ANSWER	0s
2015-12-21 15:19:24	1411	8304	SIP/incoming-00000061	SIP/8304-00000062	ANSWERED	33s
2015-12-21 15:18:30	1411	8301	SIP/incoming-0000005a	SIP/8301-0000005b	ANSWERED	8s
2015-12-21 15:18:58	1411	8304	SIP/incoming-00000056	SIP/8304-00000057	ANSWERED	64s (1m 4s)
2015-12-21 09:56:25	1405	8304	SIP/incoming-00000046	SIP/8304-00000047	NO ANSWER	0s
2015-12-21 08:57:11	1405	8301	SIP/incoming-0000003e	SIP/8301-0000003f	NO ANSWER	0s
2015-12-21 08:54:43	1405	8301	SIP/incoming-0000003c	SIP/8301-0000003d	ANSWERED	10s
2015-12-21 08:54:20	1405	8304	SIP/incoming-0000003a	SIP/8304-0000003b	NO ANSWER	0s
2015-12-21 08:54:16	1405	8301	SIP/incoming-00000038	SIP/8301-00000039	NO ANSWER	0s
2015-12-21 08:54:12	1405	8301	SIP/incoming-00000036	SIP/8301-00000037	NO ANSWER	0s
2015-12-18 11:35:42	1404	8310	SIP/incoming-00000025	SIP/8310-00000026	ANSWERED	15s
2015-12-17 13:18:48	1439	8301	SIP/incoming-00000013	SIP/8301-00000014	NO ANSWER	0s
2015-12-17 13:16:06	1405	8304	SIP/incoming-00000008	SIP/8304-00000009	ANSWERED	18s
2015-12-17 13:15:49	1405	8304	SIP/incoming-00000006	SIP/8304-00000007	BUSY	0s

Figura 3.22 Resumen de llamadas recibidas desde la Central Telefónica EPN

Top 10 (entrantes) extensión 8301

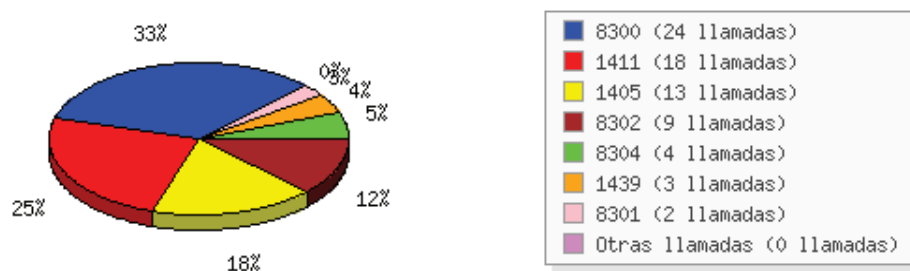


Figura 3.23 Llamadas entrantes más frecuentes

3.4.2 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

Como se lo realizó en las dos pruebas anteriores, se ejecuta la captura de los paquetes generados por una llamada SIP para su posterior análisis, en la Figura 3.24 se muestran los paquetes de datos que se crearon durante la negociación del protocolo SIP y también el tráfico de la llamada que es transportado por el protocolo RTP.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4.075493	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP/SDP	998	Request: INVITE sip:8301@172.31.203.138:49384;rinstance=7b9ab278a6c3a1c4;transport=UDP
4.157017	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	361	Status: 100 Trying
4.157043	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	449	Status: 180 Ringing
8.738360	172.31.203.138	172.31.168.152	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0xAEEF721C, Seq=21354, Time=3111901278, Mark
8.757839	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP/SDP	925	Status: 200 OK
8.760048	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	487	Request: ACK sip:8301@172.31.203.138:49384
8.907132	172.31.168.152	172.31.203.138	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x3DF15063, Seq=56290, Time=3226841016, Mark
22.195229	172.31.168.152	172.31.203.138	SIP	519	Request: BYE sip:8301@172.31.203.138:49384
22.207681	172.31.203.138	172.31.168.152	SIP	441	Status: 200 OK

Figura 3.24 Captura de paquetes en una llamada SIP escenario 3

Como se puede ver en la Figura 3.25, el intercambio de mensajes de SIP tiene una ligera variación con respecto a los dos escenarios anteriores, aunque si bien es cierto que el protocolo SIP hará la negociación de manera idéntica, va a depender de la configuración la inclusión o no de ciertos datos, en este caso por ejemplo no existe el mensaje Unauthorized, lo que implica que no son necesarias credenciales de autenticación, esto se debe a que la configuración realizada para permitir la integración de las centrales telefónicas se la hizo de tal manera que no se soliciten datos de registro.

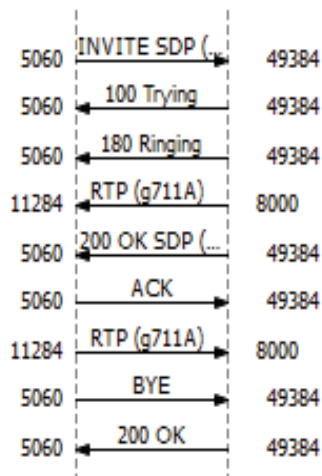


Figura 3.25 Intercambio de mensajes en una llamada SIP escenario 3

Otro aspecto importante a ser tomado en cuenta se lo puede verificar en la Figura 3.26, donde en la cabecera del mensaje INVITE, el servidor Elastix procesa la llamada desde la central externa y hace una especie de suplantación, es decir, toma el número de extensión del que se está llamando perteneciente a la Central Telefónica de la EPN y lo convierte en una extensión propia temporalmente mediante la etiqueta 1411@172.31.168.152, de esta manera parece que la comunicación se da entre dos extensiones propias del servidor Elastix.

```

Session Initiation Protocol (INVITE)
  Request-Line: INVITE sip:8301@172.31.203.138:49384;rinstance=7b9ab278a6c3a1c4;transport=UDP SIP/2.0
  Message Header
    Via: SIP/2.0/UDP 172.31.168.152:5060;branch=z9hG4bK546df7ca
    Max-Forwards: 70
    From: "TEST DH" <sip:1411@172.31.168.152>;tag=as0f2e774c
      SIP Display info: "TEST DH"
      SIP from address: sip:1411@172.31.168.152
        SIP from address User Part: 1411
        SIP from address Host Part: 172.31.168.152
        SIP from tag: as0f2e774c
    To: <sip:8301@172.31.203.138:49384;rinstance=7b9ab278a6c3a1c4;transport=UDP>
      SIP to address: sip:8301@172.31.203.138:49384;rinstance=7b9ab278a6c3a1c4;transport=UDP

```

Figura 3.26 Detalle del INVITE escenario 3

3.5.PRUEBAS DE SERVICIOS ADICIONALES

Con la idea de prestar un servicio más completo y con varios servicios disponibles, se configuraron un par de características adicionales que ofrece Elastix.

A continuación se presentan las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de videollamadas y la posibilidad de utilizar salas de conferencia en caso de que exista la necesidad de comunicarse con varios usuarios simultáneamente.

3.5.1 VIDEOLLAMADA

Como un servicio adicional se configuró la posibilidad de realizar videollamadas, a continuación en la Figura 3.27 se muestra el funcionamiento de esta opción la cual es exclusiva para los usuarios del servidor Elastix.

La disponibilidad de este servicio también estará sujeta a las características que presente el dispositivo en el que se configure el softphone.

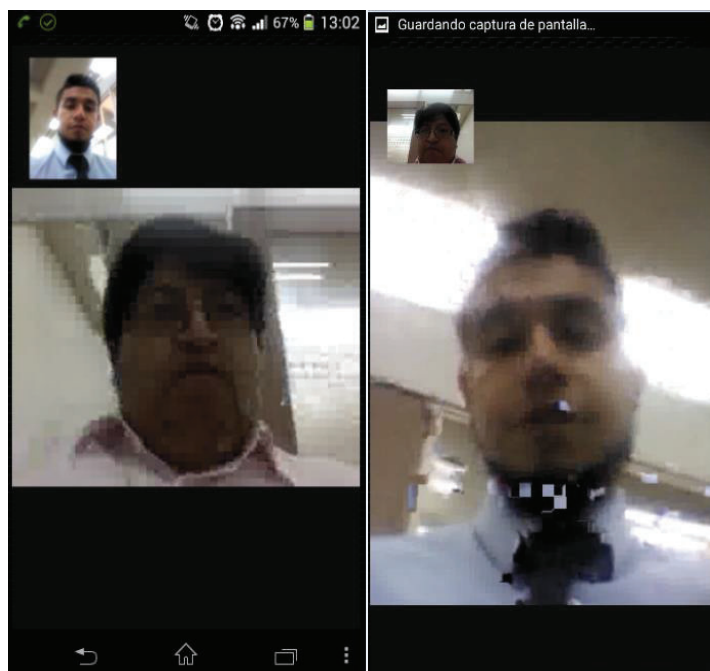


Figura 3.27 Pruebas de video llamada

3.5.2 SALAS DE CONFERENCIA

Otra funcionalidad adicional presente en el servidor Elastix es la posibilidad de acceder a salas de conferencias, estas salas virtuales permiten mantener conversaciones grupales sin un límite de usuarios. Para acceder a la sala se ha reservado la extensión 8399, los usuarios que marquen a ese número podrán conversar simultáneamente entre ellos.

A continuación en la figura 3.28 se muestra un listado de las extensiones que se encuentran conectadas a una conferencia.

```

VOIP-DH*CLI> meetme list 8399
User #: 01      8301 Daniel Hidalgo PC   Channel: SIP/8301-00000011 (unmonitored) 00:03:29
User #: 02      8300 Daniel Hidalgo     Channel: SIP/8300-00000014 (unmonitored) 00:02:07
User #: 03      8310 Kleber Serrano      Channel: SIP/8310-00000015 (unmonitored) 00:01:16
User #: 04      8304 William Nacimba     Channel: SIP/8304-00000016 (unmonitored) 00:00:20
4 users in that conference.

```

Figura 3.28 Lista de usuarios dentro de la conferencia

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Es necesario garantizar un servicio confiable de telefonía IP mediante el correcto dimensionamiento de las características de hardware requeridas por los servidores donde se implementará el servicio, de tal manera que se eviten problemas relacionados con la falta de recursos de los equipos.
- Después de realizar pruebas de estrés a los equipos del servicio de Telefonía IP de este proyecto de titulación, se determinó la necesidad de contar con servidores que posean características de almacenamiento, procesamiento y memoria, capaces de soportar las exigencias propias de la puesta en marcha de este servicio.
- Tener en cuenta el número de usuarios que deberá soportar el sistema es otro aspecto relevante ya que uno de los principales problemas que se debe enfrentar, y que hará la diferencia entre que el servicio que se preste sea bueno o deficiente, es el número de llamadas simultáneas y el consumo de recursos que esto representa para los servidores.
- Para evitar inconvenientes que afecten la experiencia del usuario final al usar el servicio de telefonía IP, es necesario brindar condiciones óptimas aplicadas a los servidores y al servicio en sí, de tal manera que este se encuentre accesible y disponible cuando se requiera.
- Es de suma importancia recabar toda la información necesaria que permita tener una idea de la carga que tendrán que soportar los equipos de networking a causa del tráfico de voz que circulará a través de la red de datos de la Escuela Politécnica Nacional, de tal manera que los datos recolectados sirvan de insumo para dimensionar el uso y futuro crecimiento del servicio de telefonía IP.
- Mediante un análisis comparativo del consumo real de ancho de banda que se tiene en la Escuela Politécnica Nacional y tomando como referencia el tráfico

generado por la Central Telefónica IP de la Institución, se pudo determinar la incidencia que tendrá sobre la red de datos el tráfico de voz generado por el servidor Elastix una vez que se ponga en producción el servicio para los estudiantes.

- La implementación de un servidor Elastix como central telefónica presenta varias ventajas en comparación a un servidor Asterisk común, ya que se pueden configurar servicios adicionales al de PBX, lo que para los usuarios finales se traduce en beneficios extras sin la necesidad de depender de otras soluciones.
- La creación de extensiones, nuevas troncales y la configuración de las características que tendrá el servidor Elastix se lo puede realizar a través de la interfaz web de administración o también mediante consola utilizando líneas de comandos, el uso de estas opciones dependerá del grado de complejidad que amerite la configuración y de las características propias del proyecto.
- Tanto la configuración como la administración de la Central Telefónica IP de la Escuela Politécnica Nacional presentan limitantes debido a que varias de sus opciones se activan o desactivan dependiendo de las licencias adquiridas, en tanto que estas limitaciones se ven superadas con Elastix debido a su filosofía de software libre.
- Luego de realizar las pruebas correspondientes se pudo verificar que la integración de la Central Telefónica de la EPN y el servidor Elastix fue exitosa, esto permitirá la comunicación entre estudiantes, docentes y personal que labora en la EPN sin la necesidad de realizar llamadas que generen costos al utilizar líneas telefónicas analógicas o líneas celulares.
- Gracias al uso de las salas de conferencias que han sido configuradas como un servicio adicional en este proyecto de titulación, es posible replicar información de manera simultánea a varios usuarios e inclusive podría ser utilizado como una herramienta para cuestiones pedagógicas por parte de los docentes.

- Como era de esperarse los parámetros y la manera en la que se configuran las dos centrales telefónicas son bastante diferentes, aunque el concepto es similar, el simple hecho de que la una sea propietaria y Elastix sea un aplicativo de software de código abierto hace que se cree una brecha en cuanto a las opciones y características propias de cada solución.
- Para la implementación de softphones en los dispositivos finales de usuario se escogió el aplicativo Zoiper por su funcionalidad y facilidad de uso; sin embargo, la versión gratuita de este software restringe funcionalidades como el uso de telepresencia, protocolo H.264, códec g729, entre otros.
- Luego de realizar pruebas de campo, se observó que existen problemas de cobertura de la red inalámbrica de la EPN, lo que dificulta la comunicación, estos problemas se presentan generalmente en las áreas abiertas del campus.
- Si se pierde conexión a la red inalámbrica de la EPN durante la realización de una llamada, el aplicativo no la finaliza; en lugar de ello este aparenta conexión aunque no se esté produciendo el envío de información.
- En las áreas donde se cuenta con la cobertura de red necesaria, el servicio funciona sin inconvenientes, sin importar si el usuario se encuentra en una sola ubicación o en movimiento.

4.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de este proyecto de titulación como una base para que en un futuro se brinde el servicio de telefonía IP a todos los estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional.
- Para sacar provecho de todas las funcionalidades que ofrece el servidor Elastix, es recomendable como parte de un nuevo proyecto configurar los servicios de mensajería instantánea, correo electrónico y de esta manera brindar un servicio de comunicaciones unificadas a los estudiantes.
- Para la administración del servidor Elastix se recomienda hacerlo mediante consola; con esto se logra un mayor control de las diversas funcionalidades que

ofrece el sistema, además de que facilita evidenciar cualquier error o problema que se suscite y que esté afectando al servicio como tal.

- En caso de que se necesite acceder al servicio desde una red de datos externa a la de la EPN se recomienda configurar una VPN que permita conectarse al servicio de manera segura, y así evitar posibles ataques maliciosos que afecten la disponibilidad del servicio.
- Es recomendable tener un registro tanto de usuarios como de los equipos que estos usarán para acceder al servicio de Telefonía IP, de esta manera la Dirección de Gestión de la Información tendrá pleno conocimiento y podrá asegurarse que los usuarios que usan el servicio son legítimos y pertenecen a la EPN.
- Se recomienda que la instalación del softphone sea en los smartphones de los usuarios; la movilidad y comodidad para realizar o recibir llamadas son aspectos que ayudarán a la aceptación y uso del servicio.
- Será necesario realizar una campaña de socialización, por parte de la DGIP en colaboración con otras dependencias, para publicitar la disponibilidad del servicio de Telefonía IP y los beneficios que este posee, logrando de esta manera despertar el interés de los estudiantes y alentándolos a utilizarlo.
- Es recomendable mejorar la cobertura de la red inalámbrica en el campus de la EPN y de este modo se podrá brindar un mejor servicio con mejores prestaciones y sin problemas de conectividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LANDÍVAR, EDGAR, “Comunicaciones Unificadas con Elastix”, <http://elastixbook.com/libros/cuce/vol1/es/>, (Consultado 15 de Julio de 2015).
- [2] LOZA, CHRISTIAN; ORDOÑEZ, FRANCISCO, “Estudio y Diseño de una Red Privada Virtual para Brindar el Servicio de VoIP, Administrado bajo el Sistema Operativo Linux”, Escuela Politécnica Nacional. Quito 2008.
- [3] ROMERO, ADRIANA; MUÑOZ, CRISTIAN, “Diseño de una Red de Telefonía IP para la ciudad comercial el Recreo”, Escuela Politécnica Nacional, Quito 2012.
- [4] SOLIS, FRANCISCO; VACA, XAVIER, “Evaluación del Sistema de Telefonía IP Asterisk Mediante la Implementación de un Prototipo de Red en Ambientes IPv4 e IPv6”, Escuela Politécnica Nacional, Quito 2014.
- [5] ELASTIX, “VoIP – Telefonía IP”, <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/voip-telefonía-ip/>, (Consultado 01 de Agosto 2015).
- [6] IETF, “SIP: Session Initiation Protocol”, <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>, (Consultado 01 de Agosto 2015).
- [7] ZNATY, SIMON; DAUPHIN, JEAN-LUIS; GELDWERTH, ROLAND, “SIP: Session Initiation Protocol”, http://efort.com/media_pdf/SIP_ESP.pdf, (Consultado 01 de Agosto de 2015).
- [8] HURTADO, JAVIER, “Session Initiation Protocol”, <http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/4.2-SIP.pdf>, (Consultado 01 de Agosto de 2015).
- [9] FRANCOIS, BOUNOURE; COPPO, ANIBAL, “Session Initiation Protocol”; <http://www.fiuba6662.com.ar/6648/presentaciones/2006/Informe%20SIP.pdf>, (Consultado 08 de Agosto de 2015).

[10] DEL RÍO, ENRIQUE, “Fundamentos de la señalización mediante el protocolo SIP”; <http://telefonía.blog.tartanga.net/2014/04/25/voz-sobre-ip-fundamentos-de-la-senalizacion-mediante-el-protocolo-sip/>, (Consultado 10 de Agosto de 2015).

[11] ELASTIXTECH.COM, “Características de Elastix”, <http://elastixtech.com/curso-basico-de-elastix/caracteristicas-de-elastix/>, (Consultado 10 de Agosto de 2015).

[12] ELASTIX, “Descripción de Elastix”, <http://elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/informacion.html>, (Consultado 14 de Agosto de 2015)

[13] ELASTIX, “Características y Funcionalidades de Elastix”, <http://elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/caracteristicas.html>, (Consultado 20 de Agosto de 2015)

[14] BONIFAZ, RAFAEL; VILLARES, FERNANDO, “El Proyecto Elastix, Latinoamérica a la vanguardia de la Voz IP Libre”, <http://www.slideshare.net/0351/el-proyecto-elastix>, (Consultado 25 de Agosto de 2015).

[15] BLUEBE.NET, “Bandwidth calculation per códec”, http://wiki.bluebe.net/index.php?title=Bandwidth_calculation_per_codec, (Consultado 03 de Septiembre de 2015)

[16] GNU, “GNU General Public License, versión 2”, <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html>, (Consultado 10 de Septiembre de 2015).

[17] PEPPER, ROBERT, “Zoiper vs Bria Softphone Comparison”, <http://getvoip.com/blog/2014/06/09/zoiper-vs-bria/>, (Consultado 17 de Septiembre de 2015).

[18] CALLCENTRIC, “Free mobile clients: sip on the go”, <http://blog.callcentric.com/2012/09/free-mobile-clients-sip-on-the-go/>, (Consultado 17 de Septiembre de 2015).

[19] LINPHONE, “Linphone features”, <http://www.linphone.org/technical-corner/linphone/features>, (Consultado 17 de Septiembre de 2015).

[20] ZOIPER, “Zoiper Características”, <http://www.zoiper.com/en>, (Consultado 17 de Septiembre de 2015).

[21] ELASTIX, “Elastix Installation”, http://elastix.wikia.com/wiki/Elastix_Installation, (Consultado 25 de Septiembre de 2015).

[22] ELASTIX, “Elastix se divide en dos productos”, <http://www.elastix.com/elastix-se-divide-en-dos-productos/>, (Consultado 25 de Septiembre de 2015).

[23] IEEE STANDARDS.GALEON.COM, “Estándar IEEE 802.11”, <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>, (Consultado 23 de Septiembre de 2015)

[24] CISCO, “Implementación de políticas de Calidad de Servicio (QoS)”, http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73469_dscpvalues.html, (Consultado 27 de Septiembre de 2015).

[25] CISCO, “Applying QoS Policies”, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/security/asa/asa72/configuration/guide/conf_gd/qos.html, (Consultado 27 de Septiembre de 2015).

[26] GAYRAUD, RICHARD; JACQUES, OLIVIER, “SIPp”, <http://sipp.sourceforge.net/>, (Consultado 07 de Octubre de 2015).

[27] VOIPFORO.COM, “Ejemplo de comunicación SIP”, <http://www.voipforo.com/SIP/SIPejemplo.php>, (Consultado 09 de Octubre de 2015).

[28] HISHAM.HM, “htop – an interactive process viewer for Unix”, <http://hisham.hm/htop/>, (Consultado 09 de Octubre de 2015).

[29] HIPERTEXTUAL.COM, “Comando Linux htop: administra interactivamente los procesos del sistema”, <http://hipertextual.com/archivo/2010/03/comando-linux-htop-administra-interactivamente-los-procesos-del-sistema/>, (Consultado 09 de Octubre de 2015).

[30] CITRIX, “XenServer”, <https://lac.citrix.com/products/xenserver/overview.html>, (Consultado 11 de Octubre de 2015)

[31] BLOG DE AVATAR, “Probando la capacidad de nuestra plataforma de telefonía con SIPp”, <http://blog.avatar.com.co/2010/08/probando-la-capacidad-de-nuestra.html>, (Consultado 25 de Octubre de 2015).

[32] OLIVA, JUAN, “Configuración Troncal SIP (DID) PERUSAT para Asterisk”, <https://jroliva.wordpress.com/2009/08/19/configuracion-troncal-sip-perusat/>, (Consultado 15 de Noviembre de 2015)

[33] MIDD, DAVE, “Asterisk config sip.conf”, <http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+config+sip.conf>, (Consultado 22 de Noviembre de 2015).

ANEXOS

ANEXO A: INSTALACIÓN DEL SERVIDOR ELASTIX

ANEXO B: MONITOREO DE TRÁFICO DE DATOS DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ANEXO C: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CENTRAL TELEFÓNICA IP DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ANEXO D: MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN ZOIPER

Anexo A

Instalación del servidor Elastix

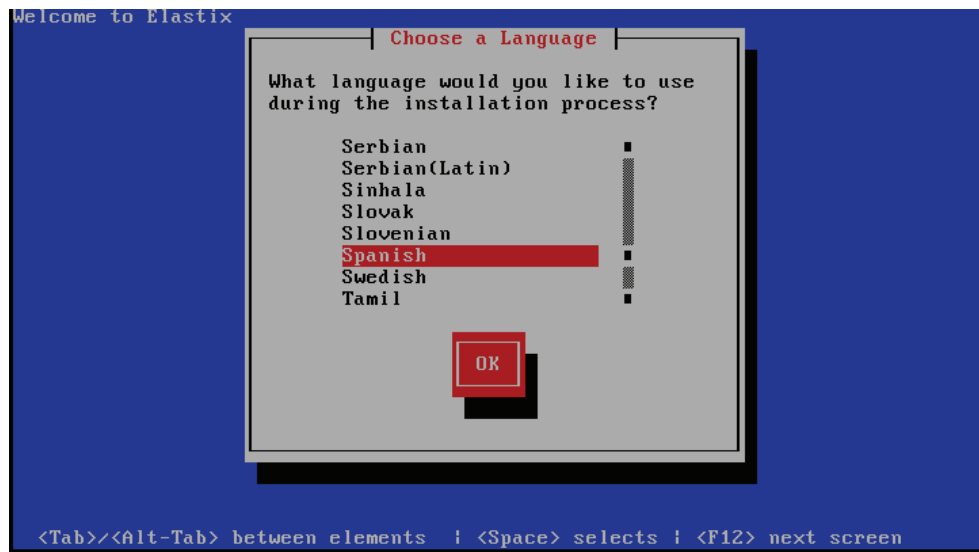
A continuación se presenta el proceso de instalación de Elastix, en el servidor asignado por parte de la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, en esta ocasión se ha utilizado la versión 2.5.0 de Elastix; para obtener el software se lo puede descargar del sitio web propio del Elastix, <http://www.elastix.org/>.

Una vez descargada la imagen .iso de Elastix, se procede a cargarla en el repositorio de Citrix XenCenter, con esto se instalará el software en un servidor virtual.

El primer paso a seguir es seleccionar la imagen correspondiente a Elastix en la plataforma Citrix, y encender el servidor; dando lugar a la primera pantalla para la instalación del software, la cual se muestra a continuación.



Para iniciar con la instalación se presiona ENTER, para escoger la opción de modo gráfico; una vez hecho esto, aparecerá la siguiente pantalla, en la que se debe configurar el idioma con el que se desea trabajar.



Obviamente se escoge idioma Español y a continuación se pulsa OK, con esto se da lugar a la pantalla donde se configurará el idioma del teclado.



En este punto se debe tener un poco de cuidado, ya que los caracteres que reconozca Elastix pueden variar dependiendo el idioma con el que se configure; se recomienda escoger “es” de “español”, y a continuación pulsar el botón Aceptar.

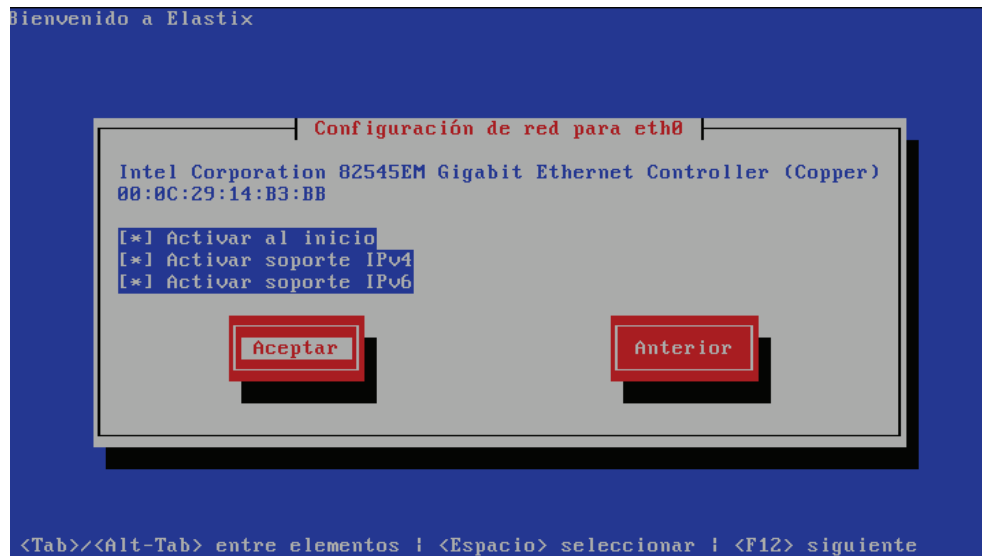
A continuación sale una ventana de aviso en la que se indica que no existe una tabla de particiones, para esto Elastix creará su propia tabla, únicamente se selecciona si para continuar con el proceso.



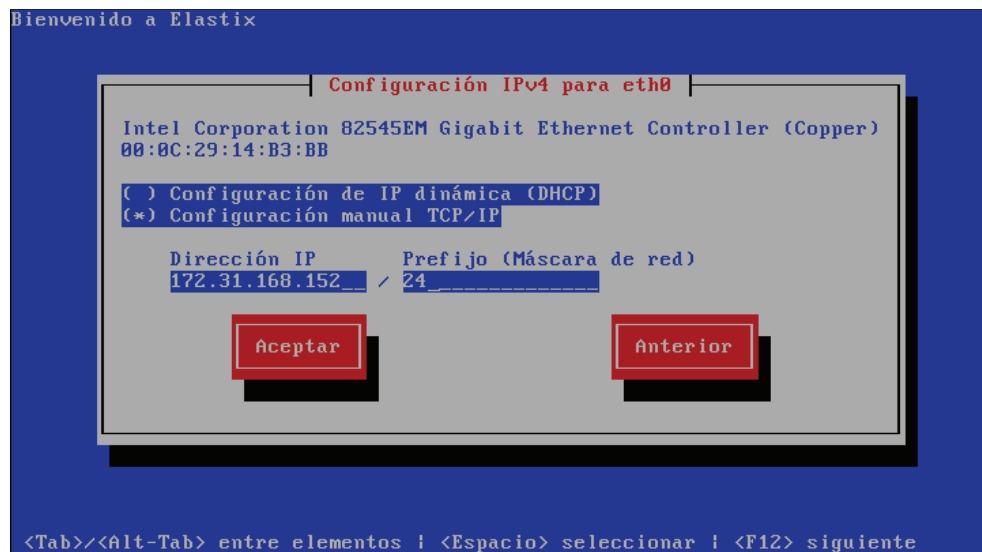
Una vez que finaliza todo el proceso de copia de archivos e instalación del sistema, se da paso a la configuración de la interfaz de red, como se puede ver en la siguiente imagen.



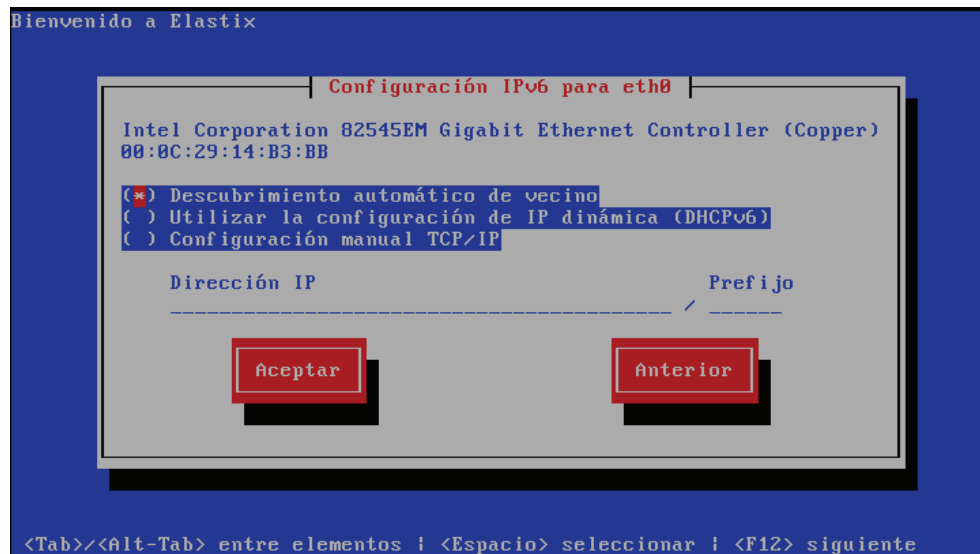
Las opciones quedarán por defecto a menos que se necesita desactivar IPv4 o IPv6 por cualquier motivo.



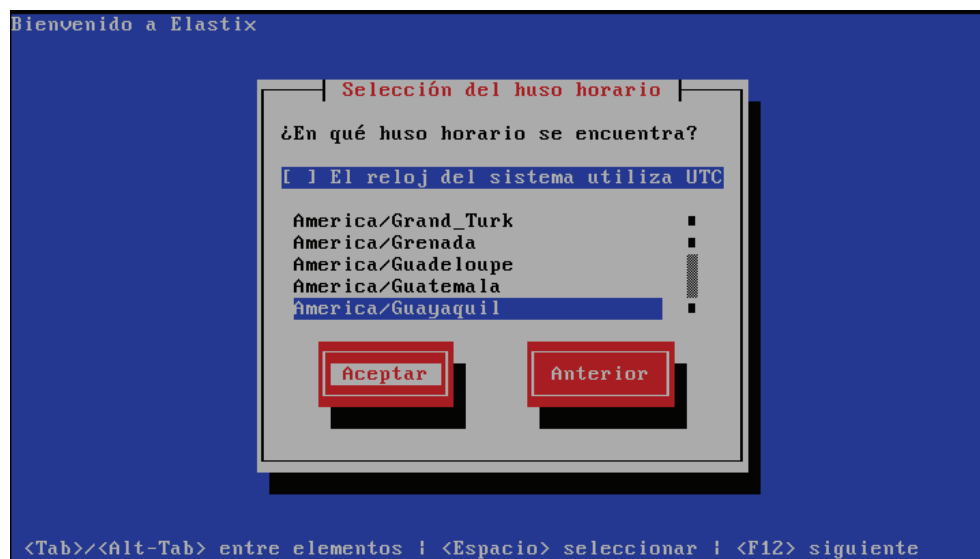
Una vez que se hayan aceptado las opciones anteriores, se procede a configurar la dirección IP de equipo, en este caso será 172.31.168.152 con máscara 255.255.255.0; estos datos fueron entregados por parte de la DGIP.



La configuración de IPv6 se la deja de manera dinámica, es decir que descubra a sus vecinos automáticamente.



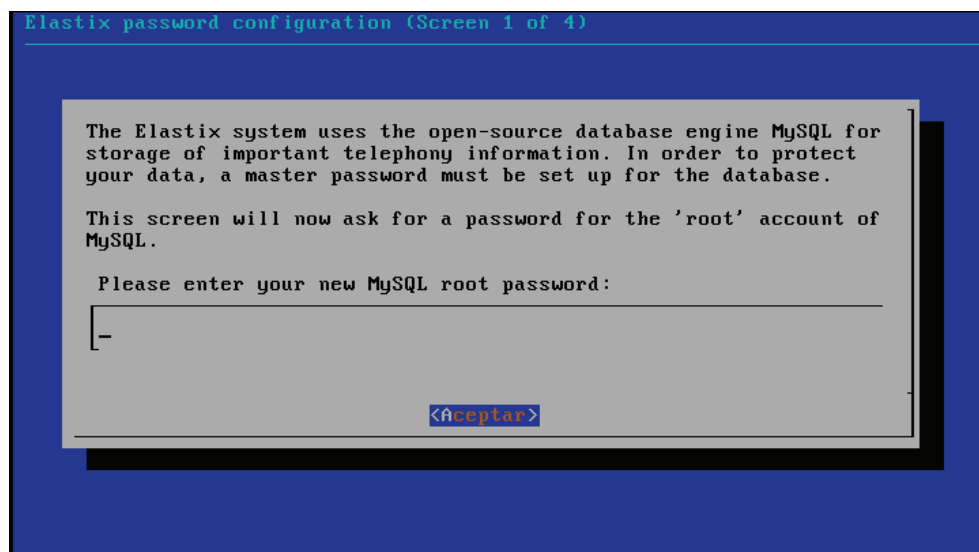
A continuación se procede con la configuración de la zona horaria, de las opciones que Elastix permite escoger, se selecciona América/Guayaquil y se selección aceptar.



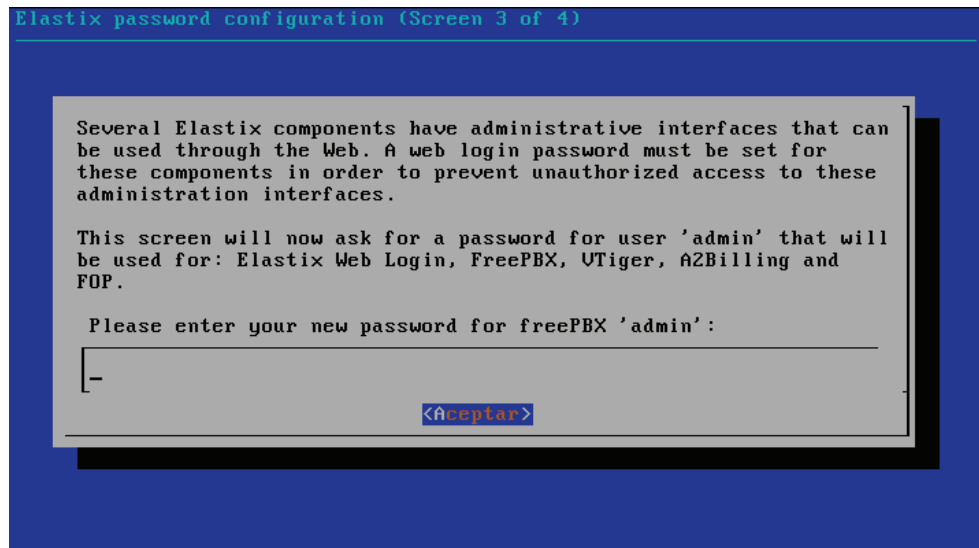
Una vez hechas las configuraciones básicas del sistema, se pasa a la configuración de usuarios y contraseñas para los mismos. A continuación se muestra la pantalla que permite establecer la contraseña de root para el sistema.



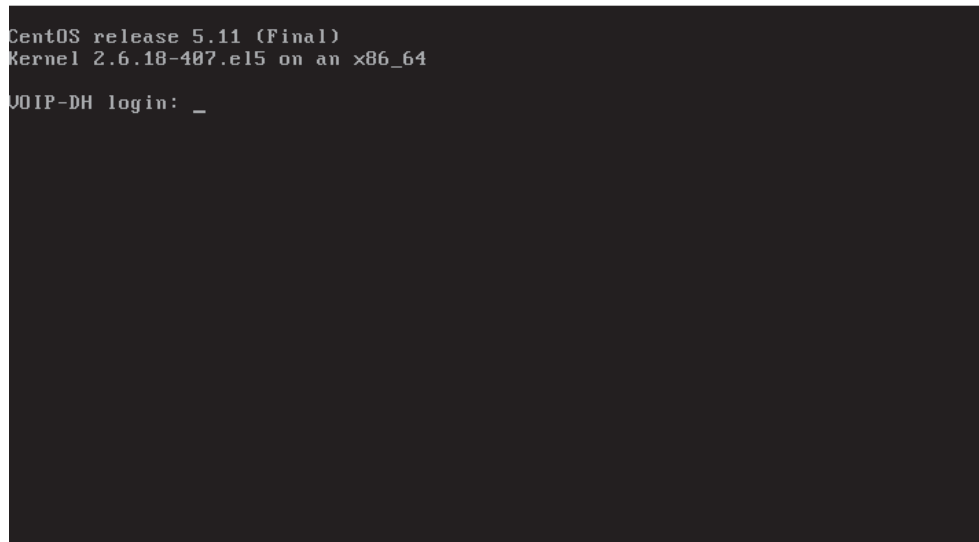
Luego de ingresar estos datos, se procede a establecer la contraseña para la base de datos MySQL que maneja Elastix, para almacenar su información.



Finalmente se debe ingresar la contraseña de "admin", la que permitirá la administración del sistema a través de la Interfaz Web.



Luego de todo este proceso se culmina con la instalación de Elastix, queda únicamente iniciar sesión con el usuario root en el modo de consola, lo que permitirá realizar la configuración del servidor.



Anexo B

Monitoreo de Tráfico de datos de la Central Telefónica IP de la Escuela Politécnica Nacional

(Formato digital en el CD adjunto)

Anexo C

Características principales de la Central Telefónica IP de la Escuela Politécnica Nacional

(Formato digital en el CD adjunto)

Anexo D

Manual de usuario de la aplicación Zoiper



Escuela Politécnica Nacional
Dirección de Gestión de la Información y Procesos

Manual de Usuario para instalación y configuración de la aplicación Zoiper

Preparado por:
Dirección de Gestión de la Información y
Procesos

Aprobado por:
Director DGIP, EPN

Descripción de la aplicación

Zoiper es una aplicación softphone gratuita; soporta IAX y SIP, lo que permite realizar llamadas VoIP a través de 3G o WiFi.

Importante: Antes de empezar con la configuración del dispositivo, este deberá estar conectado mediante WiFi a la red de la Escuela Politécnica Nacional. *

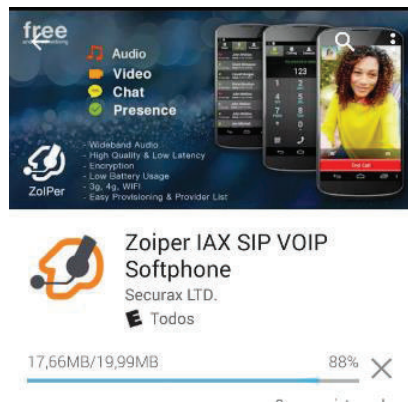
Descarga e Instalación de la aplicación en un Smartphone **

Para obtener esta aplicación, se la puede descargar directamente desde la tienda del dispositivo, ya sea esta Google Play en dispositivos Android o el App Store para dispositivos Apple, en el buscador se debe colocar “Zoiper”.



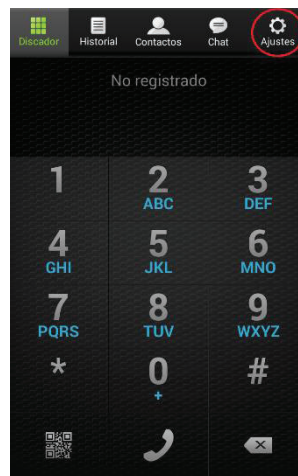
A continuación se debe dar clic en instalar, lo que iniciará la descarga y posterior instalación de la aplicación.

* Si no conoce como conectarse a la red de la EPN, contactarse con la Dirección de Gestión de la Información y Procesos, para que obtenga las contraseñas de acceso.

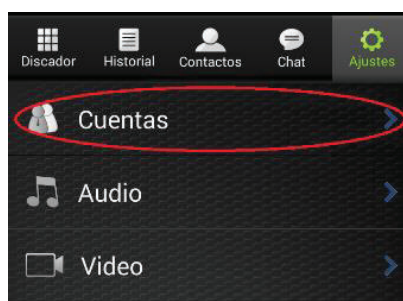


Configuración de la aplicación

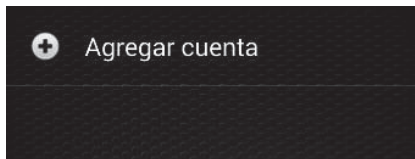
Luego de que se finalizó el proceso de instalación de la aplicación, se la debe configurar para registrarla en el servicio de Telefonía IP estudiantil. Accediendo a la aplicación se debe ingresar en la opción “Ajustes” como se muestra en la imagen a continuación.



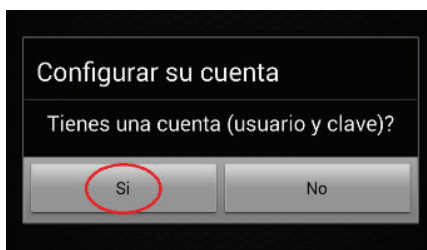
Una vez que se ha ingresado, se debe escoger la opción “Cuentas”.



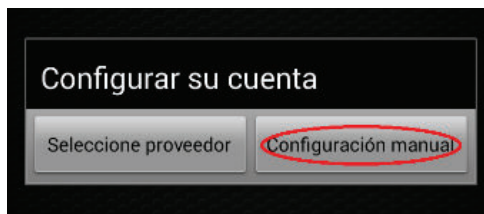
Luego de esto se debe seleccionar “Agregar cuenta”



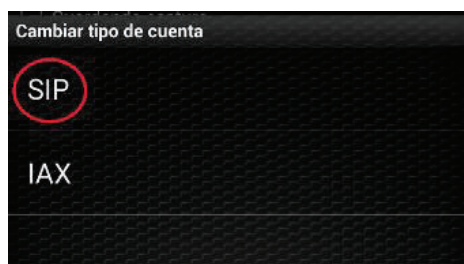
El aplicativo preguntará si se poseen los datos de la cuenta, se selecciona la opción “Si”



A continuación se escoge la opción de “Configuración manual”



Para iniciar con la configuración se debe escoger que tipo de cuenta que se desea configurar, en este caso se debe seleccionar “SIP”.



A continuación aparecerá la pantalla en la que se deben ingresar los siguientes parámetros de configuración:

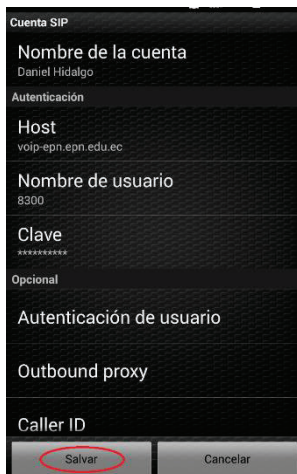
Nombre de la cuenta: Nombre Apellido

Host: voip-ept.edu.ec

Nombre de Usuario: número de extensión asignado

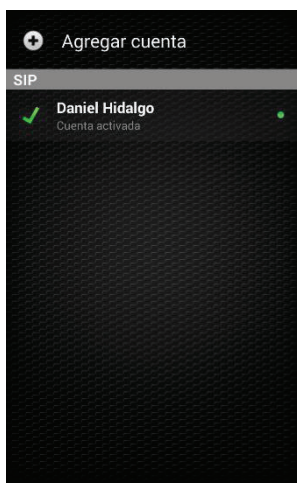
Clave: Elastix123*

Un ejemplo de configuración se muestra en la siguiente imagen.



Luego de ingresar los datos se debe dar clic en “Salvar” para guardar la configuración.

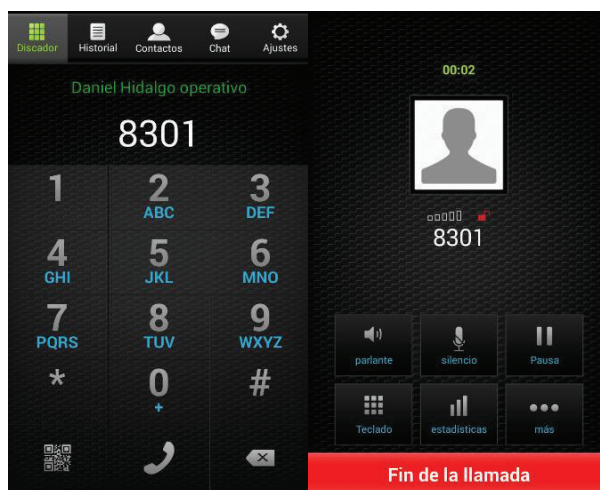
Si siguió correctamente todos los pasos descritos anteriormente, la cuenta se activará y el dispositivo quedará registrado, caso contrario deberá revisar la información de configuración que fue colocada.



** Si se desea configurar la aplicación en otro dispositivo, debe descargarla del sitio web <http://www.zoiper.com/en>, y configurarla de manera similar.

Realizar llamadas

Para realizar llamadas entre estudiantes, basta con marcar directamente la extensión de la persona con la que se desea comunicar, con se ve en la siguiente imagen.



Para comunicarse con un docente o personal administrativo de la Escuela Politécnica Nacional, simplemente se debe añadir el número 9 previo a los 4 números de la extensión a la que se desea llamar, como se ve en la siguiente imagen.



Si tiene alguna duda puede contactarse a través de la dirección de correo electrónico: asistencia.tecnica@epn.edu.ec