

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS ELECTRÓNICAS**

**TEMA:  
MONITORIZACIÓN, MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO  
DE VoIP PARA PROTOCOLOS IAX Y SIP EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO DE  
VOZ.**

**AUTORAS:  
TATIANA YASMIN OSORIO PAZMIÑO  
EVELYN BEATRIZ PUETATE VILLARREAL**

**DIRECTOR:  
MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE**

**Quito, marzo del 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotras, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

-----  
Tatiana Yasmin Osorio Pazmiño  
CC: 1719282731

-----  
Evelyn Beatriz Puetate Villareal  
CC: 0401691977

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres Beatriz Villarreal Media y Edgar Fabián Puetate Jaramillo, a mis queridos hermanos Jairo Puetate Villarreal y Maritza Puetate Villarreal que con su esfuerzo y apoyo incondicional lograron que yo culmine mis estudios y este trabajo de grado. También dedico este proyecto a mi sobrino Fernando Puetate que con su ocurrencia y cariño logró sacarme sonrisas y así desestresarme, de igual forma a mi cuñada Ingrid Salazar por darme ánimos para salir adelante, a Raúl Chiguano mi novio que con su amor, apoyo incondicional y ánimos logró que yo salga adelante con este proyecto, a mi primo Luis Enríquez quien es como un hermano para mí, me dio ánimos, consejos para salir adelante en todo momento incondicionalmente, a mis queridos amigos, a mi compañera de tesis Tatiana Osorio que más que una compañera es una amiga incondicional.

Evelyn Beatriz Puetate Villarreal

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios por los momentos de alegría y los momentos difíciles de los cuales he aprendido a salir adelante para un mejor porvenir. A mis padres Marco y Mariana por ser el pilar más importante de mi vida enseñándome valores y buenos hábitos para ser mejor día a día, también por demostrarme su amor y apoyo incondicional. A mi hermanita Jenny por estar a mi lado siempre. A mis abuelitos Chela, Lucho, Manuelito por cuidarme y darme buenos consejos. A mis dos angelitos que están en el cielo por su amor y cuidados. A mi amor Henry por estar junto a mí en todo momento brindándome su amor y apoyarme día a día. A mi amiga Evelyn Puetate por su cariño, amistad y por el grato tiempo que compartimos en la realización de este trabajo.

Tatiana Yasmin Osorio Pazmiño

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestro director de trabajo de titulación Ing. Rafael Jaya que a lo largo de este proceso ha sabido guiarnos de forma concisa en la culminación de este trabajo.

Así mismo agradecemos al Ing. Jorge López lector de nuestro trabajo de titulación, por aportar con su granito de arena, con sus consejos, conocimiento, experiencia, amistad y sobre todo por su valioso tiempo para culminar con este proceso.

Al Ing. Rodrigo Borja por habernos colaborado en nuestro trabajo, facilitándonos los diferentes equipos y apoyándonos anímicamente en todo el transcurso de esta investigación.

A la Universidad Politécnica Salesiana y todos nuestros profesores que a través del tiempo universitario han logrado formarnos para el hábito profesional.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	2
ANTECEDENTES.....	2
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Metodología .....	4
CAPÍTULO 2.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Definición y características de VoIP.....	6
1.1.1 Características de VoIP .....	7
1.1.2 Tipos de Comunicación en la Telefonía IP.....	7
1.1.3 Arquitectura de la red.....	8
1.1.4 Diferencias entre la telefonía IP y la telefonía tradicional.....	9
1.2 Problemas en una red de VoIP .....	10
1.2.1 Jitter.....	11
1.2.2 Latencia.....	11
1.2.3 Eco.....	12
1.2.4 Pérdida de paquetes.....	12
1.3 Codecs VoIP .....	13
1.3.1 Tipos de codecs en la Telefonía IP .....	13
1.3.2 Codec G.711.....	14
1.3.3 Cómo Funcionan los Codecs VoIP .....	14
1.4 Protocolos.....	14
1.4.1 Protocolo SIP .....	15
1.4.2 Protocolo IAX.....	16
1.5 RouterBoard Mikrotik.....	17

1.5.1	Características principales de RouterOS .....	18
1.5.2	Modelo de placas RouterBoard .....	19
1.5.3	RoutBoard 450G .....	20
1.6	ASTERISK.....	21
1.6.1	Elastix.....	22
1.6.2	Soporte para hardware de telefonía.....	24
1.7	Softphone .....	24
1.8	Métodos de monitorización de consumo energético.....	25
1.8.1	Método de medición invasivo .....	25
1.8.2	Método de medición no-invasivo.....	27
CAPÍTULO 3 .....		31
IMPLEMENTACIÓN DEL ESCENARIO DE EXPERIMENTACIÓN .....		31
2.2	Diagrama del escenario de la red .....	31
2.3	Diagrama de medición adoptado.....	32
2.4	Escenarios adoptados para la investigación .....	33
2.5	Diagrama de proceso de medición .....	36
2.5.1	Configuración de la tarjeta 450G .....	37
2.5.2	Instalación de Elastix .....	37
2.6	Diagrama de flujo del proceso de desarrollo.....	39
2.7	Cálculo de la potencia consumida.....	40
CAPÍTULO 4 .....		42
PRUEBAS Y MEDICIONES .....		42
3.1	Pruebas y Mediciones .....	42
3.2	Mediciones del consumo energético bajo diferentes llamadas y protocolos. ...	44
3.2.1	Medición de valores iniciales.....	45
3.2.2	Medición y cálculo de potencia con el protocolo SIP.....	45
3.2.3	Medición y cálculo de potencia con el protocolo IAX. ....	47
3.2.4	Comparativa de consumos de potencia.....	49
3.3	Cálculos para n número de llamadas.....	51
CAPÍTULO 5 .....		56
Propuesta de mejora .....		56

1.4 Propuesta de mejora .....	56
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES .....	60
LISTA DE REFERENCIAS .....	61
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Proceso de codificación analógico/ digital. ....	6
<i>Figura 2.</i> Estructura de una red para VoIP. ....	9
<i>Figura 3.</i> Proceso de autenticación en el protocolo SIP. ....	16
<i>Figura 4.</i> Imagen del RouterBoard 450G. ....	18
<i>Figura 5.</i> Modelo inicial de la ubicación de elementos en la placa RB450G.....	19
<i>Figura 6.</i> Características específicas del funcionamiento del RB450G. ....	20
<i>Figura 7.</i> Placa interna del mikrotik RB450G. ....	21
<i>Figura 8.</i> Logo publicitario de Elastix. ....	23
<i>Figura 9.</i> Zoiper softphone instalado. ....	25
<i>Figura 10.</i> Método de medición con una resistencia en serie (shunt). ....	27
<i>Figura 11.</i> Método de medición de Rogowski.....	28
<i>Figura 12.</i> Método de medición del efecto Hall. ....	29
<i>Figura 13.</i> Diagrama de ubicación de los elementos de medición ....	31
<i>Figura 14.</i> Diagrama de ubicación de la resistencia shunt. ....	32
<i>Figura 15.</i> Método de la resistencia shunt en el sistema. ....	33
<i>Figura 16.</i> Elementos que intervienen en el escenario de experimentación.....	34
<i>Figura 17.</i> Equipos del sistema trabajando normalmente.....	34
<i>Figura 18.</i> Ubicación de la resistencia en serie para mediciones ....	35
<i>Figura 19.</i> Medición de la corriente inicial con el multímetro y osciloscopio ....	36
<i>Figura 20.</i> Proceso de medición ....	36
<i>Figura 21.</i> Elastix imagen inicial de instalación.....	38
<i>Figura 22.</i> Plataforma de programación del servidor ....	38
<i>Figura 23.</i> Diagrama de funcionamiento del escenario experimental ....	39
<i>Figura 24.</i> Gráfico de rendimiento de Elastix ....	42
<i>Figura 25.</i> Gráfico de canales usados de Elastix ....	43
<i>Figura 26.</i> Gráfico de monitoreo del RouterBoard.....	44
<i>Figura 27.</i> Gráfica estadística del protocolo SIP ....	47
<i>Figura 28.</i> Gráfica estadística del protocolo IAX.....	47
<i>Figura 29.</i> Gráfico comparativo de los protocolos SIP e IAX ....	50
<i>Figura 30.</i> Gráfico estadístico protocolos SIP e IAX.....	51

<i>Figura 31.</i> Regresión lineal de las 5 primeras llamadas del protocolo SIP .....	52
<i>Figura 32.</i> Gráfica de saturación del RB450G con el protocolo SIP.....	54
<i>Figura 33.</i> Gráfica de saturación del RB450G con el protocolo IAX .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Diferencias entre la telefonía IP y la telefonía tradicional.....	10
Tabla 2	Tabla de codecs.....	13
Tabla 3	Valores iniciales del sistema.....	45
Tabla 4	Valores del protocolo SIP.....	46
Tabla 5	Valores del protocolo IAX.....	48
Tabla 6	Valores comparativos de potencia entre los protocolos.....	49
Tabla 7	Valores promedio de las ecuaciones de regresión lineal del protocolo SIP.....	52
Tabla 8	Valores promedio de las ecuaciones de regresión lineal del protocolo IAX. ....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Configuración de Elastix, extensiones y softphone zoiper.....	63
Anexo 2. Configuración de la tarjeta Mikrotik rb450g.....	75
Anexo 3. Pruebas de conectividad entre servidor y clientes.....	80
Anexo 4. Método de regresión líneal. ....	86

## **RESUMEN**

Desde los inicios de la telefonía se consideraba como un invento novedoso, el poder oír la voz humana a largas distancias y por medio de un equipo, con el paso del tiempo se fue desarrollando la tecnología y la gran demanda de la comunicación así se dio paso a la telefonía por internet (VoIP). La VoIP consiste en transmitir la voz sobre el protocolo IP. El incremento de la demanda para las comunicaciones de VoIP ha puesto en alerta el excesivo consumo de energía para este tipo de tecnologías, de allí nace la propuesta de monitorear, medir y analizar el consumo energético para el uso óptimo del mismo, sin perder calidad de servicio en las comunicaciones, en lo que se refiere al envío de voz específicamente, para esto se implementó un escenario de investigación ensamblando un enlace Ethernet punto a multipunto a través del cual, se inyectó una variedad de tráfico de voz para observar el comportamiento del consumo de energía por medio de un aumento en el número de llamadas (tráfico de voz), dicho proceso se realizó para cada protocolo IAX y SIP, con las pruebas realizadas y los datos obtenidos se realizó el respectivo análisis. Al finalizar este estudio los resultados obtenidos muestran que el consumo de potencia del equipo es proporcional a la cantidad de llamadas realizadas además existe mayor consumo de energía cuando se transmite tráfico de voz en el protocolo IAX ya que este por sus especificaciones trabaja en troncales por lo que requiere mayor consumo de energía.

## **ABSTARCT**

Since the early days of telephony is regarded as a novel invention, be able to hear the human voice over long distances and through a team, with the passage of time developed technology and the high demand for communication so is gave way to telephony over the internet (VoIP). VoIP is to transmit voice over IP protocol. An increase in the demand for VoIP communications has put on alert the excessive consumption of energy for this type of technology, there was born the proposed monitor, measure, and analyze the energy consumption for the optimal use of the same, without losing quality of service in communications, in what refers to the sent voice specifically, for this was a scenario of research by joining an Ethernet link point to multipoint through which, were injected with a variety of voice traffic to the consumption of energy by means of an increase in the number of calls (voice traffic), This process was carried out for each protocol IAX and SIP, with the tests performed and the data obtained the respective analysis was performed. At the end of this study, the results show that team power consumption is proportional to the amount of calls made in addition there is higher power consumption when transmitting voice in the IAX protocol traffic since this by its specifications work in stem so that requires greater consumption of energy.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo el monitoreo en tiempo real de un servidor de voz IP en Asterisk utilizando un sistema de código abierto, en nuestro caso fue seleccionado el sistema de monitoreo Elastix por tener la capacidad de monitorear aplicaciones, servicios, sistemas operativos, protocolos de red, métricas del sistema y componentes de la infraestructura, informando al administrador o equipo técnico a través de diferentes medios como correo electrónico o SMS. Para de esta manera mejorar el tiempo de respuesta ante eventuales fallos o eventos seleccionados.

La tecnología VoIP es vulnerable en muchos aspectos, debido a que para su funcionamiento efectivo depende de algunos factores, como son las capas y protocolos sobre las cuales trabaja, así como la red por la que se transmite, y dispositivos que intervienen para su funcionamiento. Las llamadas establecidas en un sistema VoIP, generalmente consumen una gran cantidad de consumo energético debido a que se transmiten por internet y por diferentes protocolos.

Por este motivo en el presente proyecto se analizara el consumo energético con las tarjetas Mikrotik en una red mediante cable Ethernet con los protocolos de VoIP SIP e IAX. Por medio de este estudio permite determinar el consumo energético de la transferencia de voz y datos con los protocolos SIP y IAX, este proyecto es determinante para observar la cantidad de energía que requiere cada protocolo para el envío y recepción de llamadas mediante las tarjetas Mikrotik. Por lo tanto, en este proyecto se estudiaran algunas herramientas que pueden ser usadas para obtener información y datos que darán a conocer el consumo energético que existe en una red de VoIP con los diferentes protocolos a utilizarse.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1 Objetivos

#### 1.1.1 Objetivo general

- Monitorizar, medir y analizar el consumo energético de VoIP para protocolos IAX y SIP en función del tráfico de voz.

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- Implementar los escenarios de pruebas para determinar el consumo energético del tráfico de VoIP.
- Monitorear y medir el tráfico de las llamadas concurrentes de VoIP con los protocolos IAX y SIP.
- Analizar estadísticamente los datos entre el consumo energético y el tráfico de voz.
- Proponer una solución para disminuir el consumo energético de VoIP en base a los protocolos IAX y SIP en función del tráfico de voz.

### 1.2 Planteamiento del problema

Los dispositivos para comunicaciones en VoIP tienen muchas restricciones y limitaciones en relación al consumo de la energía. La conservación de la energía de ambientes de comunicación de VoIP es importante y debe tomarse en cuenta. Las redes de este tipo están expuestas a muchos factores que contrarrestan el uso óptimo de la energía, tales como: la continua comunicación entre los dispositivos, alojamiento de recursos y memoria, el uso eficiente de la batería de alimentación, el tráfico, etc. Todos estos factores juntos consumen la energía necesaria para el buen desempeño y comunicación en una red inalámbrica.

En comunicaciones de VoIP y telefonía inalámbrica, se han realizado múltiples esfuerzos por optimizar el uso de recursos, tales como el caudal de comunicación y

energía. De mayor interés ha sido la optimización en dispositivos con alimentación de energía nula y limitada dado que sus aplicaciones se extienden al campo militar, doméstico, comercial etc. Ejemplo de aquello ha sido la telefonía IP, Softphone, teléfonos IP inalámbricos, cuya utilidad en sus inicios ha sido restringida por la capacidad limitada de almacenamiento de energía y mínimas optimizaciones para su administración. Esto ha generado un crecimiento en el tráfico de las redes, demandando por parte de los usuarios durabilidad en las baterías de los dispositivos, quienes actualmente muestran un grado de insatisfacción.

Así mismo, transmisiones por tecnologías de VoIP han revolucionado las comunicaciones en varios aspectos como por ejemplo la eliminación de cables de conexiones, pero lamentablemente la mayoría de estas tecnologías son cerradas por parte de los fabricantes mas no de los desarrolladores del estándar de VoIP y los proveedores de equipos de comunicaciones impiden de cierta manera el desarrollo de la investigación respecto de posibles cambios en la configuración de los transmisores y receptores a nivel de software y hardware.

### **1.3 Justificación**

Hoy en día la infraestructura de red tanto en empresas e instituciones crece aceleradamente, es así que la comunicación de VoIP, está ganando terreno sobre el servicio de telefonía tradicional. La necesidad de contar con una comunicación permanente a bajo costo y de buena calidad conlleva a buscar herramientas eficaces para investigaciones del consumo energético ya que es un factor predominante en las redes de VoIP para tratar de disminuir el consumo de energía, así mismo, la incapacidad frente a las demandas de energía pueden ser graves, e incluso pueden obstaculizar el crecimiento sostenido de dichas empresas e instituciones, por otro lado los dispositivos para redes vienen con hardware y software y algunos no son compatibles entre sí.

Los datos obtenidos en la investigación ayudaran a contribuir con una mayor autonomía de la red, de ahí la importancia de realizar el estudio del consumo energético para el tráfico de VoIP en función de los protocolos IAX y SIP. Trayendo consigo beneficios como verificación de consumo energético en cada servicio de redes VoIP como son

extensiones, envío de mensajes de voz a e-mail, llamadas en conferencia, menús de voz interactiva y distribución automática de llamadas. Todas estas aplicaciones demandan un consumo de energía considerable, en la mayoría de los casos variable. Además esta investigación estará sustentada con procesos matemáticos para su verificación teórica y experimental.

#### **1.4 Alcance**

El proyecto tiene como propósito el estudio y monitorización del consumo energético de un sistema de VoIP, el cual consta de un servidor Elastix en el cual solo se levanta el servicio de voz, con calidad de servicio estándar ya que ninguno de los clientes va a tener ninguna prioridad, para el desarrollo de este trabajo se enlazo mediante un RouterBoard 450G a la red de cisco de la Universidad Salesiana Campus Sur para lograr generar el trafico deseado. Una vez levantado el sistema y comprobando que exista conectividad se procedió a programar en cada computadora el softphone (Zoiper), en el cual se registran cada usuario creado en el servidor. Con un osciloscopio se comienza a medir el consumo de energía que se da al iniciar el flujo de tráfico el cual se da con cada llamada.

Esta prueba la realizamos varias veces para la toma de datos, en general usamos 40 usuarios con un total de 20 llamadas las cuales van a ser nuestra muestra, en la cual se va a basar el estudio. Este proceso se realizó para el protocolo SIP como para el IAX.

Luego de la obtención de datos se comenzara a realizar las comparaciones de la potencia de cada protocolo para ver cuál es el protocolo que consume menor energía.

#### **1.5 Metodología**

La metodología que se utilizará en esta investigación, es experimental, ya que se va a medir distintos parámetros reales como es el consumo de potencia en el router, para lo cual se realiza distintas llamadas, las cuales van a ser las generadoras del tráfico, en los distintos protocolos a estudiarse, manteniéndose el mismo escenario de prueba. Con estos datos, se realizará un análisis para obtener varios criterios concluyentes sobre el consumo energético.

Los procesos a seguir son; en un principio se recreara el escenario de investigación en dispositivo Ethernet en las tarjetas RouterBoard, las mismas que trabajan con sistemas operativos propietarios de bajo costo y abiertos como Linux, una vez realizadas las configuraciones se inicia la inyección de tráfico por medio de las llamadas de VoIP, se realizara el análisis energético para cada uno de los protocolos. Finalmente, de la obtención de datos, se inicia a analizarlos y evaluarlos para generar criterios sobre el ahorro y optimización de una adecuada eficiencia energética.

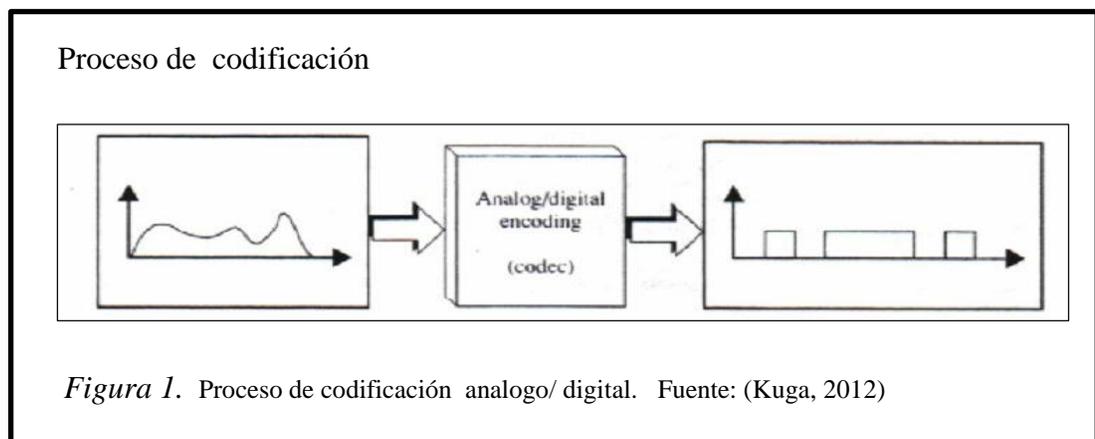
## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se describirá los puntos claves que servirán de sustento para el posterior trabajo de experimentación sobre el consumo energético para VoIP. Se inicia con unas definiciones y características de lo que es VoIP, los protocolos IAX y SIP, luego se realiza un análisis de las diferencias que hay entre la telefonía tradicional y la telefonía IP, también hay un breve resumen de lo que son los codecs, luego se realiza un análisis de la tarjeta RB450g en la cual se va a realizar el respectivo estudio, así mismo se analizará el estudio de los métodos de medición existentes y así monitorizar el consumo energético.

#### 1.1 Definición y características de VoIP

La tecnología VoIP proviene del acrónimo Voice over Internet Protocol, que significa "voz sobre protocolo de internet", es una manera de enviar y recibir llamadas telefónicas por medio de una conexión de internet y no usando la red telefónica local. Este protocolo convierte la llamada telefónica de señal analógica a señal digital la cual se envía por Internet hasta llegar al teléfono o softphone que se destinó la llamada, si la llamada es a un número fijo la señal reconvertirá a señal analógica. En la figura 1, se observa un diagrama de la codificación analógica a digital.



*Figura 1.* Proceso de codificación analógico/ digital. Fuente: (Kuga, 2012)

La mayoría de los servicios que ofrece actualmente la tecnología de VoIP permite realizar llamadas con números que tengan el mismo servicio, también interconectar con otra red telefónica y a la vez con números telefónicos locales, celulares, etc. Las llamadas se las puede realizar por medio de equipos reales llamados teléfonos IP o por medio de softphone que es un software, el cual debe ser instalados en las computadoras de los clientes de este servicio, la transmisión de datos se realiza a gran velocidad y mucha eficiencia a costos muy bajos.

### **1.1.1 Características de VoIP**

Algunas de las características más importantes del protocolo de VoIP son:

- El tráfico de VoIP puede transmitirse por cualquier red IP, incluyendo las conectadas al internet.
- Los estándares que maneja son abiertos e internacionales esto indica la interoperabilidad entre todos los proveedores y fabricantes.
- La calidad de las llamadas es la misma a los servicios de las líneas telefónicas locales.
- Gran expansión de las redes de datos.
- Proporciona el enlace a la red telefónica tradicional.
- Posibilidad de desarrollar nuevos servicios rápidamente.
- Costos más bajos para los clientes.

### **1.1.2 Tipos de Comunicación en la Telefonía IP**

Según (ELASTIX, Introsduccion a Asterisk, s.f.), utilizando VoIP no existe solo una sola forma de realizar una llamada, sino que existen distintas opciones que son:

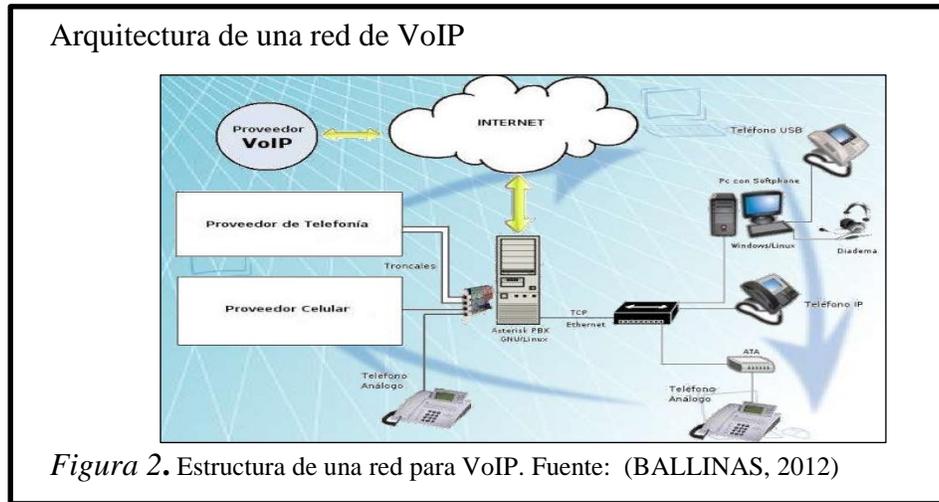
- **ATA (analog telephone adaptor):** Es la manera más simple de levantar el servicio ya que consta de un adaptador que interconecta los teléfonos comunes con la computadora o a su red para utilizarlos con VoIP. El adaptador ATA es un transformador de analógico/digital, trabaja usando la señal de la línea de teléfono tradicional y la convierte en datos digitales listos para ser transmitidos a través de internet.

- **Teléfonos IP (hardphones):** Estos teléfonos a primera vista se ven como los teléfonos convencionales, con un tubo, una base y cables. Sin embargo los teléfonos IP en lugar de tener una ficha RJ-11 para conectar a las líneas de teléfono convencional estos vienen con una ficha RJ-45 para conectar directamente al router de la red y tienen todo el hardware y software necesario para manejar correctamente las llamadas VOIP.
- **Computadora:** Esta es la manera más fácil de utilizar VoIP, todo lo que se necesita es un micrófono, parlantes y una tarjeta de sonido, además de una conexión a internet preferentemente de banda ancha, además el software de cualquier softphone que son réplicas de los teléfonos IP creados para realizar llamadas de VoIP en las computadoras.

### 1.1.3 Arquitectura de la red

Los elementos básicos que se requieren para realizar una transmisión de voz sobre la red IP son los siguientes:

- **Terminales:** Son los puntos finales de la red y son el final de la comunicación a donde llega la información y se pueden ser implementados de dos maneras que son equipos de Hardware y Software.
- **Servidor:** Es el que provee el control de las funciones administrativas que va a soportar la red, puede ser levantado en una máquina virtual o una máquina real, dependiendo del nivel de servicios y proveedores que van a tener a cargo.
- **Gateways:** Es la puerta de enlace de la red de VoIP con la red telefónica analógica o con la red de servicios integrados.
- **Red IP:** Da conectividad entre todos los terminales y puede ser red privada, intranet o internet.



Como se puede observar en la figura 2, se tiene una estructura base de la red VoIP, de igual manera se distingue los proveedores que pueden intervenir para la realización de llamadas externas y la conexión con el internet y los diversos clientes.

#### **1.1.4 Diferencias entre la telefonía IP y la telefonía tradicional**

Entre estas dos comunicaciones hay varias diferencias entre las cuales se destacan el mecanismo de conmutación de llamadas, la transmisión de voz tradicionalmente se reserva los recursos del canal durante todo el tiempo de conexión y utiliza un ancho de banda fijo de 64kbps por canal tradicionalmente el cual dependiendo el tráfico se consume o no, a este proceso se lo llama conmutación de circuitos. En cambio para la transmisión de VoIP la información es segmentada y enviada en paquetes que se direccionan a un determinado destino sin necesidad de reservar ningún canal, con eso el consumo de recursos de la red se realiza de acuerdo a las necesidades de transmisión y eso se llama conmutación por paquetes.

En la tabla 1, se observa las características principales que existe entre la telefonía tradicional y la telefonía IP, de las cuales se llega a la conclusión de que en gastos y ahorro de espacio es mejor utilizar la telefonía IP, a parte de la infraestructura que es más conveniente para cualquier cambio que se puede realizar dentro de una empresa.

Tabla 1.

*Diferencias entre la telefonía IP y la telefonía tradicional*

<b>TELEFONÍA TRADICIONAL</b>	<b>TELEFONÍA IP</b>
Se basa en conmutación por circuitos.	Se basa en conmutación por paquetes.
Los recursos que intervienen en una llamada no pueden ser usados por otra hasta que esta no finalice.	Los recursos son reutilizados por otras conexiones que trabajen al mismo tiempo.
Existe solo una red analógica, encargada de la transmisión de la voz.	Hay una convergencia tecnológica, utilizando una sola red para voz, datos y video.
No cuenta con un elemento específico de seguridad para la información, por lo que deben ser adquiridos y monitoreados por separado.	Hay elementos que se encargan de realizar la autenticación de usuarios.
Es altamente costosa en su instalación y mantenimiento.	Es más económica en cuanto al mantenimiento y valor de las llamadas.
Su movilidad es nula.	Existe gran movilidad ya que solo se necesita una computadora, internet para tener acceso desde cualquier parte del mundo.
Posee problemas en la escalabilidad.	Tiene gran escalabilidad por sus características.

Nota: Diferencias claves que distinguen los dos tipos de telefonía.

Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate.

## **1.2 Problemas en una red de VoIP**

Existen algunos problemas que influyen en la transmisión de la voz a través de redes conmutadas y en la percepción de calidad que los usuarios de dicho servicio tienen. Uno de los principales retos en la telefonía IP es llegar a una calidad de servicio similar a la que están habituados los usuarios de las redes telefónicas tradicionales. Este problema surge, por un lado, de las consideraciones técnicas específicas de la transferencia de datos en el modo de las redes IP y, por otro lado, de las consideraciones relacionadas con la organización y el modo de prestación del servicio por las redes de datos en

general y por la red IP en particular. El modo de transmisión de datos por paquetes característico de las redes IP introduce algunos factores de degradación en la calidad de la comunicación. Cabe enumerar cuatro fuentes principales de dificultades asociadas con el modo de transmisión por paquetes que repercuten en el transporte de la voz por IP. (Sarango, 2011)

### **1.2.1 Jitter**

El Jitter es la variación en el retardo, en términos simples la diferencia entre el tiempo en el que llega un paquete y el tiempo que se cree que llegará el paquete. En las redes de voz en IP este fenómeno es el que causa mayor cantidad de problemas pues se requiere un buffer para que se almacene los paquetes hasta que se los pueda reconstruir de forma tal que el usuario no tenga interrupciones. El tamaño del buffer se puede calcular de acuerdo a la variación del jitter y se puede tener buffer variable o fijo. La solución más ampliamente adoptada es la utilización del jitter buffer. El jitter buffer consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si algún paquete no está en el buffer (se perdió o no ha llegado todavía) cuando sea necesario se descarta. Normalmente en los teléfonos IP (hardware y software) se pueden modificar los buffers. Un aumento del buffer implica menos pérdida de paquetes pero más retraso. Una disminución implica menos retardo pero más pérdida de paquetes. (Sarango, 2011)

### **1.2.2 Latencia**

A la latencia también se la conoce como retardo. Este no es un problema específico de las redes no orientadas a conexión y por tanto de la VoIP. Es un problema general de las redes de telecomunicaciones. Por ejemplo, la latencia en los enlaces vía satélite es muy elevada por las distancias que debe recorrer la información. La latencia se define técnicamente en VoIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) y full-duplex son sensibles a este efecto. Al igual que el jitter, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. No hay una solución que se pueda implementar de manera sencilla. Muchas veces depende de los equipos por los que pasan los paquetes, es decir, de la red

misma. Se puede intentar reservar un ancho de banda de origen a destino utilizando el protocolo de reservación RSVP7. (Sarango, 2011)

### **1.2.3 Eco**

El eco es el tiempo que transcurre entre la transmisión de una señal y su regreso al transmisor. Por lo general, este problema aparece en el contexto de las comunicaciones de PC a teléfono, de teléfono a PC o de teléfono a teléfono, y es causado por los componentes electrónicos de las partes analógicas del sistema que reflejan una parte de la señal procesada. Un eco menor que 50 ms es imperceptible. Por encima de este valor, el hablante oirá su propia voz después de haber hablado. Si se desea ofrecer un servicio de telefonía IP, las pasarelas tendrán que procesar el eco generado por la transferencia de dos a cuatro hilos, de lo contrario, no será posible utilizar el servicio con equipos analógicos clásicos.

### **1.2.4 Pérdida de paquetes**

Es la tasa de pérdida de paquetes, la cual representa el porcentaje de paquetes transmitidos que se descartan en la red. Estos descartes pueden ser producto de altas tasas de error en alguno de los medios de enlace o por sobrepasarse la capacidad de un buffer de una interfaz en momentos de congestión. Los paquetes perdidos son retransmitidos en aplicaciones que no son de Tiempo Real; en cambio para telefonía, no pueden ser recuperados y se produce una distorsión vocal, la pérdida de paquetes, no debe ser superior al 5%.

Existen algunas causas posibles para la pérdida de paquetes como:

- Duración de vida expirada ( $TTL = 0$ ).
- Destrucción por un módulo congestionado.
- Paquete no válido debido a fallos de transmisión.

Para evitar la pérdida de paquetes, una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad es no transmitir los silencios. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo transmitimos cuando haya información audible liberamos bastante los enlaces y evitamos fenómenos de congestión.

### 1.3 Codecs VoIP

Un Codec, proviene de las palabras en inglés coder-decoder, convierte una señal de audio analógico en un formato de audio digital para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio para reproducirlo. Esta es la esencia de VoIP, la conversión de señales entre analógico-digital.

#### 1.3.1 Tipos de codecs en la Telefonía IP

Los codecs realizan la tarea de conversión tomando muestras de la señal de audio miles de veces por segundo. La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital, el proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador-decodificador (CODEC). A más de la conversión de analógico a digital, el CODEC comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. En la tabla 2, se tiene un resumen de los codecs más usados en VoIP, en la cual se especifica el Bit Rate en el cual se indica la cantidad de información que se manda por segundo, el algoritmo de compresión con el que trabaja, el intervalo de muestras por segundo y el ancho de banda que consume en Ethernet. (hunter, 2007)

Tabla 2.

*Tabla de Codecs*

Codec	Algoritmo	Bit Rate (Kbps)	Intervalo (ms)	AB Ethernet (Kbps)
G.711	PCM	64	10	87.2
G.723	MP-MLQ	6.3	30	21.9
G.726	ADPCM	32	5	55.2
G.728	LD-CELP	16	5	31.5
G.729	CS-ACELP	8	10	31.2
GSM		13.2	20	28.63

Nota: Descripción individual de los codecs de VoIP.  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate.

### **1.3.2 Codec G.711**

El codec G.711 es un estándar de codificación digital para representar una señal de audio en frecuencias de la voz humana, mediante palabras de 8 bits de resolución, con una tasa de 8000 muestras por segundo. Por tanto, el codificador G.711 proporciona un flujo de datos de 64 Kbit/s.

Para conseguir una relación señal a ruido optimizada para señales de voz humana, se utiliza un método de compresión antes de codificar la señal (la compresión en nivel no debe ser confundida con la compresión de datos digitales). Para este estándar existen dos métodos principales, el  $\mu$ -law, usado en Estados Unidos y Japón y el A-law (usado en Europa y el resto del mundo). Ambos métodos tienen una curva basada en perfiles logarítmicos, pero el A-law fue específicamente diseñado para ser implementado con facilidad por métodos digitales.

Cuando la señal es decodificada en el receptor se realiza la operación inversa, es decir, una expansión, para así recuperar la señal original.

### **1.3.3 Cómo Funcionan los Codecs VoIP**

Los codecs operan usando algoritmos avanzados que les permiten tomar las muestras, ordenarlas, comprimir y empaquetar los datos. El algoritmo CS-ACELP (conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction) es uno de los algoritmos más comunes en VoIP, ya que este trabaja bajo la regla “si ninguno está transmitiendo, no se envía información”. CS-ACELP ayuda a organizar el ancho de banda disponible.

## **1.4 Protocolos**

Los protocolos de las redes IP originalmente no fueron diseñadas para el flujo en tiempo real de audio o cualquier otro tipo de comunicación. La PSTN está diseñada para transmisión de voz, pero tiene limitaciones tecnológicas. Lo más relevante es que VoIP puede trabajar sobre cualquier pila de protocolos IP, con esto los usuarios pueden añadir esta tecnología de forma fácil y rápida a la red de datos ya existente.

Existen algunos protocolos para el desarrollo e implementación de un sistema que emplee VoIP además del propio IP, tanto sobre infraestructuras fijas como inalámbricas como son: TCP, UDP, H.323, MGCO, EGACO, RTP, SIP, IAX y RAS.

### 1.4.1 Protocolo SIP

SIP (Protocolo de iniciación de sesión) es un protocolo simple de señalización y control, generalmente usado para telefonía y videoconferencias sobre las redes IP. Su estructura está basada en otros protocolos como SMTP y HTTP con los que guarda cierta similitud. Es un protocolo abierto y ampliamente soportado que no depende de ningún fabricante. Su simplicidad, escalabilidad y facilidad para integrarse con otros protocolos y aplicaciones lo han convertido en un estándar de la telefonía IP. SIP es un protocolo de señalización por lo que solo maneja el establecimiento, control y terminación de las sesiones de comunicación.

Dentro de una red SIP se encuentran los siguientes componentes que intervienen en el proceso de autenticación, el cual ocurre al establecer una llamada: Agentes de Usuario (UA) y servidores. Entre los agentes de usuario, podemos encontrarlos UAC y los UAS:

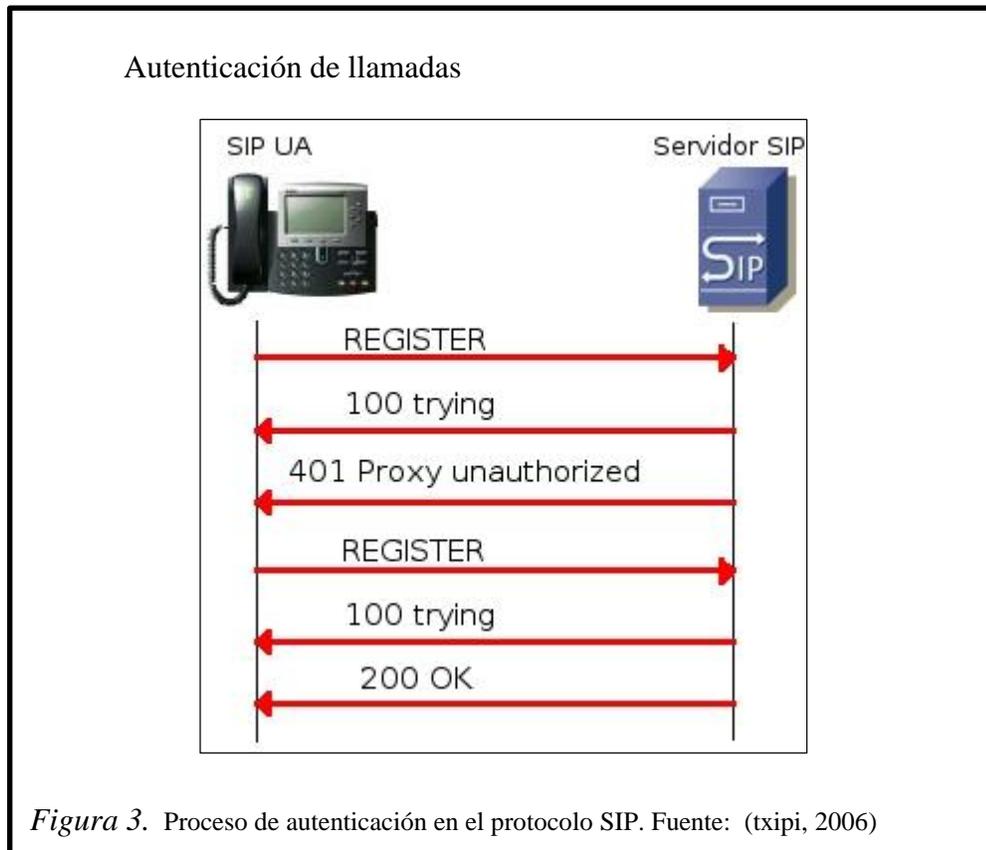
- Los agentes de usuario clientes (UAC): Son los encargados de iniciar las peticiones de llamada.
- Los agentes de usuario servidor (UAS): Son los que reciben las peticiones del UAC.

Normalmente una vez que se ha establecido una llamada en un Sistema VoIP, se produce el intercambio de paquetes RTP que transportan realmente el contenido de la voz. SIP es un protocolo de aplicación y funcionará tanto sobre UDP como TCP. SIP utiliza el puerto UDP 5060 para el establecimiento, negociación, y fin de la comunicación. SIP consta de siete mensajes de texto que son:

- **INVITE:** Invita a un usuario a contestar una llamada.
- **BYE:** Termina la conexión entre dos usuarios.
- **OPTIONS:** Solicita información sobre las capacidades del usuario.
- **STATUS:** Informa a otro servidor sobre el estado de la señal.
- **CANCEL:** Termina una búsqueda de un usuario.
- **ACK:** Confirma que un cliente ha recibido una respuesta final a un mensaje invite.

- **REGISTER:** Transmite la información relativa a la posición del usuario a un servidor SIP.

En la figura 3, se observa el proceso de autenticación de una llamada, desde el cliente hacia el servidor, con eso establecer una llamada segura y que este dentro de los parámetros mencionados del protocolo SIP.



### 1.4.2 Protocolo IAX

IAX (Inter-Asterix eXchange protocol), es uno de los protocolos utilizado por Asterisk, para manejar conexiones VoIP entre servidores Asterisk, y clientes que también utilizan protocolo IAX.

El protocolo IAX ahora se refiere generalmente al IAX2, la segunda versión del protocolo IAX. El protocolo original ha quedado obsoleto en favor de IAX2, es robusto, lleno de novedades y muy simple en comparación con otros protocolos. Puede ser usado

para transportar virtualmente cualquier tipo de datos, esta capacidad lo hace muy útil para realizar videoconferencias o realizar presentaciones remotas. Utiliza un único puerto UDP, generalmente el 4569, para comunicaciones entre puntos finales, para señalización y datos. IAX2 es un protocolo casi transparente a los cortafuegos y realmente eficaz para trabajar dentro de redes internas. (ELASTIX, Comunicaciones Unificadas con Elastix, 2006)

Los objetivos de IAX son:

- Minimizar el ancho de banda usando las transmisiones de control y multimedia de VoIP.
- Evitar problemas de Nat (network address traslation).
- Soporte para transmitir planes de marcación.

IAX utiliza un menor ancho de banda que SIP ya que los mensajes son codificados de forma binaria mientras que en SIP son mensajes de texto, así como también la capacidad de troncalizar múltiples sesiones en un flujo de datos, lo que es una ventaja gigantesca refiriéndonos al ancho de banda.

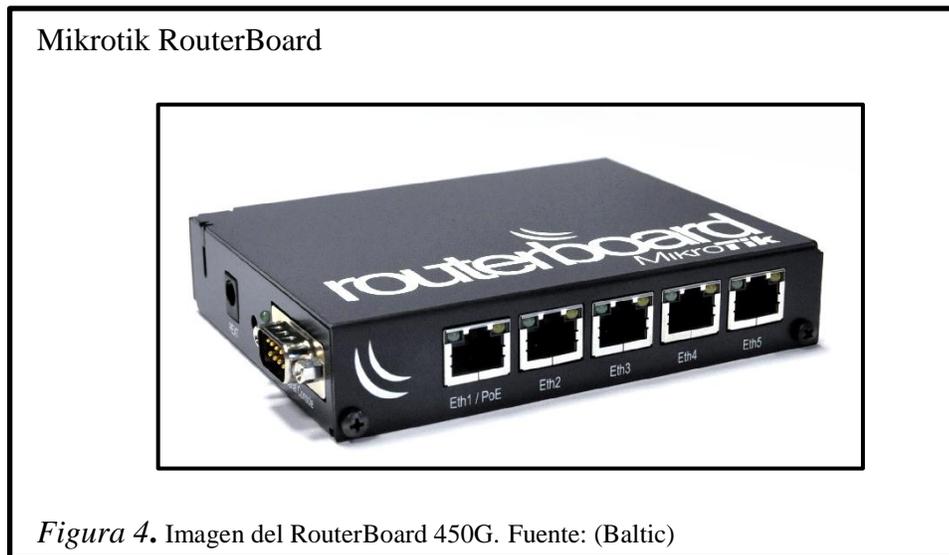
## **1.5 RouterBoard Mikrotik**

Según (documentation, 2014), el Mikrotik Router es un sistema operativo el cual convierte un PC Intel o un Mikrotik RouterBoard en un router dedicado, tiene como principales funcionalidades administrar el ancho de banda, un dispositivo inalámbrico, también tiene un administrador BGP (Border Gateway Protocol), o con cualquier otra cosa que sea relacionada con las necesidades de networking.

Con el pasar del tiempo se han integrado varias aplicaciones dentro del sistema en la cual se tiene como soluciones lo que es la telefonía IP, para la administración de protocolo BGP, la integraciones de Ipv6, el servidor VPN's, la administración del ancho de banda, calidad de servicio (QoS), la administración de hotspots, puntos de acceso inalámbricos, backhaul inalámbrico.

En el año 2002 crearon el RouterBoard 230 el cual fue creado para permitir la simplificación de sus operaciones, luego de esto desarrollaron una amplia gama de

RouterBoard RB en la cual tenemos los más destacados como: RB500, RB100, RB300, RB600, RB400, RB 450G Y RB1000, lo único en lo que se diferencian es en sus diferentes características como: la velocidad del procesador, el número de puertos Ethernet, el número de Slots mini-PC, capacidad de memoria, capacidad de almacenamiento de datos, nivel de licencia ,etc. En la figura 4, se observa el RB450G Mikrotik.



En la actualidad Mikrotik es considerado como una de las más grandes empresas de Networking, compitiendo con grandes fabricantes como Cisco, Juniper, 3Com, ó D-Link, Zone, etc.

Como su principal diferencia Mikrotik frente al resto de marcas, es su bajo costo de sus licencias y su amplia capacidad de adaptación a operaciones de networking, con el cual su uso se ha extendido forma extraordinaria y rápidamente.

### 1.5.1 Características principales de RouterOS

Su principal característica es q soporta varios métodos de acceso a configuración: acceso local, con teclado y monitor, por consola mediante puerto serial, telnet, secure SSH, interface WEB, además de una interface GUI (graphical user interface) propia llamada Winbox; también soporta conexiones a nivel de MAC address llamada Mac-Telnet.

Como principal característica se tiene:

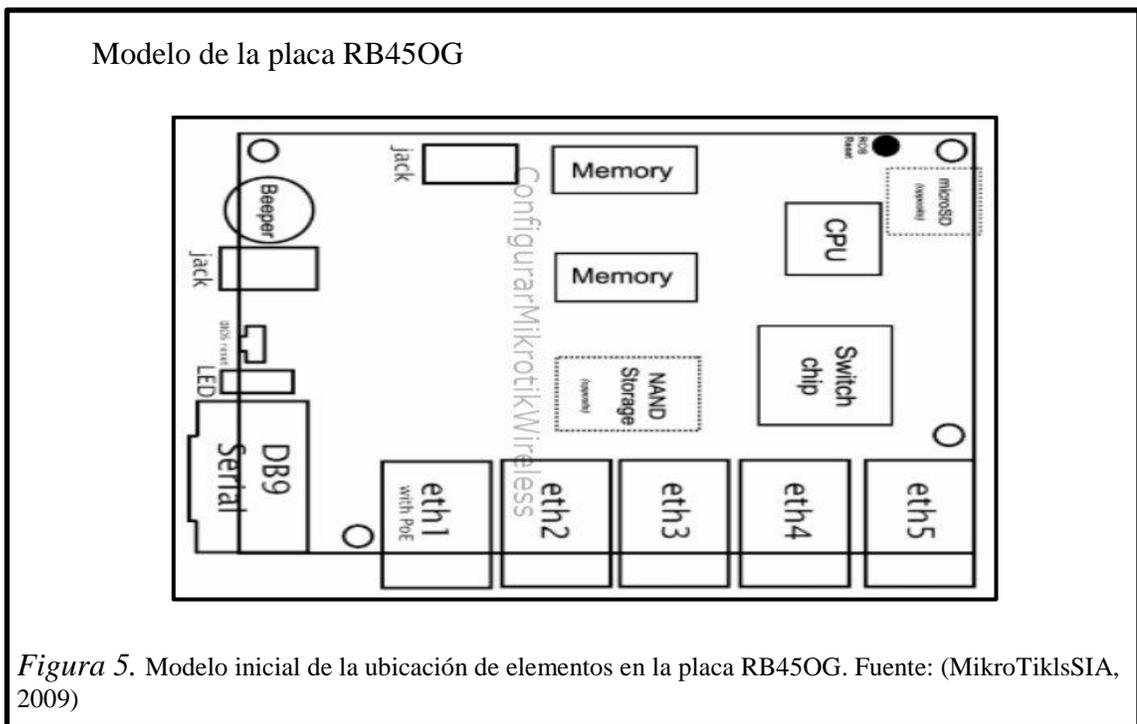
- Firewall
- Calidad de servicio QOS
- Wireless
- Control de ancho de banda

### 1.5.2 Modelo de placas RouterBoard

Se ha fabricado varios modelos de placas Mikrotik RouterBoard, los cuales varían entre ellos según la velocidad del procesador, el número de interfaces que admite la placa, o el tipo de licenciamiento que viene de fábrica.

Como principales modelos se tiene:

- Modelo 433/AH
- Modelo 411/AH
- Modelo 750G
- Modelo 450G



En la figura 5, se observa el modelo general de placa del RB450G, cuál va a ser la placa que se seleccionó para la realización de este trabajo de investigación.

### 1.5.3 RoutBoard 450G

El RB450G es un router Gigabit Ethernet de cinco puertos. En comparación con el RB450, la RB450G no sólo añade capacidad de velocidad Gigabit, pero también 256Mb de RAM, una CPU más rápida. El dispositivo es alimentado por una rápida CPU 680MHz Atheros AR7161, y también incluye un monitor de sensor de temperatura y voltaje. RB450G incluye RouterOS que es un sistema operativo de gran alcance en un router, que contiene firewall, ancho de banda altamente sofisticado. Las características principales de este modelo es el tamaño de RAM de 256 MB, el voltaje de entrada soportada va de 8 V - 28 V y el consumo energético de 6.4W. En la figura 6, se detalla ampliamente las características de este RouterBoard. (MikroTikSIA, 2009)

Características del RB450G

	<b>RouterBOARD 450G</b>
<b>CPU</b>	<b>AR7161</b> 680MHz
<b>Memory</b>	256MB DDR SDRAM onboard memory
<b>Boot loader</b>	RouterBOOT
<b>Data storage</b>	512MB onboard NAND memory chip, microSD card slot (on reverse)
<b>Ethernet</b>	Five 10/100/1000 Mbit/s Gigabit Ethernet ports supporting Auto-MDI/X
<b>MiniPCI slot</b>	<b>none</b>
<b>Serial port</b>	One DB9 RS232C asynchronous serial port
<b>LEDs</b>	Power and User LED
<b>Beeper</b>	Present
<b>Power</b>	Power over Ethernet: 14..28V DC (except power over datalines) Power jack: 10..28V DC
<b>Fan control</b>	none
<b>Dimensions</b>	90 mm x 115 mm (3.5 in x 4.5 in)
<b>Weight</b>	95 g
<b>Temperature</b>	Operational: -20°C to +65°C (-4°F to 149°F)
<b>Humidity</b>	Operational: up to 70% relative humidity (non-condensing)
<b>Power consumption</b>	6.4W at maximum load

*Figura 6.* Características específicas del funcionamiento del RB450G. Fuente: (MikroTikSIA, 2009)

En la figura 7, se puede observar la placa instalada del RB450G, en la cual ya se encuentran instalados los elementos necesarios para su funcionamiento y su respectiva programación.

Placa del mikrotik RB450G

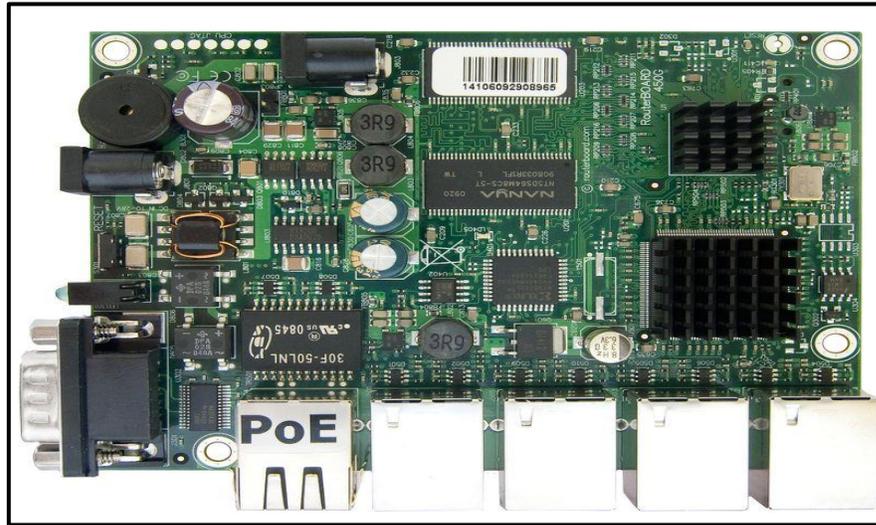


Figura 7. Placa interna del mikrotik RB450G. Fuente: (MikroTikSIA, 2009)

## 1.6 ASTERISK

Asterisk es un software (PBX) de telefonía IP de código abierto (GPL) y corre bajo GNU/Linux, esta configuración le confiere una robustez innata para desplegar servicios típicos de los sistemas tradicionales, asterisk aporta mucha más flexibilidad, control, creatividad y a muy bajo costo.

Asterisk brinda servicios como buzón de voz, conferencias, colas, agentes, música de espera, parking de llamadas y muchos otros servicios, a todo esto se une una interacción con cualquier lenguaje de programación para así poder realizar cualquier funcionalidad que se desee, todo esto se hace vía software.

Como cualquier centralita PBX este permite interconectar teléfonos y conectar dichos teléfonos a la red telefónica convencional con diferentes características, que en años anteriores eran accesibles mediante la compra de productos costosos, que ahora en la actualidad todos esos productos los encontramos en un solo lenguaje como lo es Asterisk. Para utilizar dichos teléfonos estos deben ser teléfonos IP que soporten protocolos como SIP, IAX, ZAP Y H.323, ya que si utilizamos teléfonos convencionales

es necesario utilizar hardware adicional para así realizar la comunicación en una central telefónica.

Al soportar la mezcla de la telefonía tradicional y los servicios de Voz sobre Ip, Asterisk permite a los desarrolladores construir nuevos sistemas telefónicos de una manera más eficiente, Asterisk reemplaza a antiguas centrales telefónicas para proveer funcionalidades adicionales y así poder reducir costos en llamadas a larga distancia utilizando internet.

### **1.6.1 Elastix**

Elastix es un software de código abierto que fue desarrollado en el año 2006 por la empresa Ecuatoriana PaloSanto Solutions, el objetivo de Elastix es el de incorporar una única solución o alternativas de comunicación existentes en el ámbito empresarial.

En un inicio no era una distribución de comunicación unificada sino como una interfaz para el reporte de llamadas de Asterisk, pero fue en Marzo del 2006 que fue liberado y pasó a convertirse en una distro basada en Asterisk.

Dicho software integra las mejores herramientas disponibles para PBXs basados en Asterisk en una interfaz simple y fácil de usar, como podemos observar en la figura 8, ahí se tiene un logo de Elastix con las características principales con las que trabaja.

Elastix es una herramienta empresarial bajo la licencia GPLv2. El usuario tiene libertad de usarlo para uso comercial o personal y su uso está sujeto a las condiciones descritas en la licencia. Su principal característica es que integra varios paquetes de software y cada uno de ellos incluye su propio conjunto de características, además añade nuevas interfaces para el control y reportes de sí mismo, lo que hace un paquete completo.

Elastix no solamente provee telefonía, integra otros medios de comunicación para hacer más eficiente y productivo su entorno de trabajo entre estos se tiene:

- VoIP PBX
- Fax
- Mensajería Instantánea
- Correo electrónico

- Colaboración

Logo de Elastix



*Figura 8.* Logo publicitario de Elastix. Fuente: (ELASTIX, Comunicaciones Unificadas con Elastix 2006)

Elastix se implementa sobre cuatro programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea y Correo electrónico respectivamente. Elastix corre sobre CentOS como sistema operativo.

Algunas de las características básicas de Elastix incluyen:

- Correo de Voz
- Fax-a-email
- Soporte para softphones
- Interface de configuración Web
- Sala de conferencias virtuales
- Grabación de llamadas
- Least Cost Routing
- Roaming de extensiones

- Interconexión entre PBXs
- Identificación del llamante
- CRM
- Reportación avanzada

### **1.6.2 Soporte para hardware de telefonía**

Elastix soporta muchas marcas de teléfono gracias a que los protocolos SIP y IAX que usa Asterisk se lo permite. Estos protocolos son libres para cualquier fabricante para que pueda implementar en los teléfonos y así comunicar sobre estos estándares.

Fabricantes de teléfonos son:

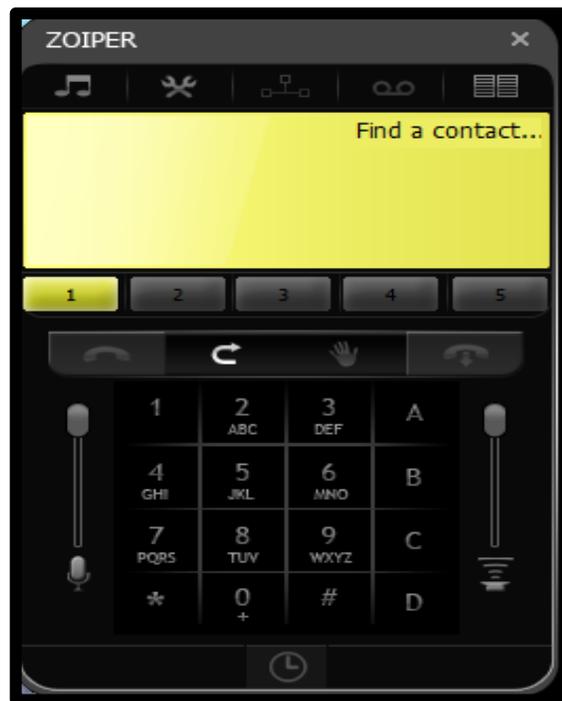
- Polycom
- Atcom
- Aastra
- Linksys
- Snon
- Cisco
- Nokia
- UTstarcom
- Grandstream

## **1.7 Softphone**

Zoiper un softphone de VoIP que es compatible con los diferentes protocolos como son SIP, IAX y XMPP. Este softphone es muy fácil de usar y tiene una agradable interface gráfica, es fácil de instalar ya que tiene varias versiones del sistema operativo como Windows, Linux, Mac, es gratuito para realizar su descarga. Este softphone es el más completo ya que reconoce los dos protocolos de forma indistinta, además tiene varias características como menú, video llamada, registros, buzón, entre otros.

Como se puede observar en la figura 9, una de las máscaras que tiene el softphone para ser usado en los diversos clientes luego de su instalación y comunicación con el servidor.

Zoiper



*Figura 9.* Zoiper softphone instalado.

Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

## **1.8 Métodos de monitorización de consumo energético**

Existen varias formas para realizar la medición del consumo de energía en los diferentes dispositivos electrónicos, En esta medición se están inmersos los valores de voltaje, potencia y corriente de cada equipo. Según (JAYA, 2014), el voltaje de alimentación es constante, por lo tanto la variable de medición directa para el consumo energético será la corriente eléctrica. Existen dos métodos principales para medir corriente DC como son: método invasivo y método no-invasivo.

### **1.8.1 Método de medición invasivo**

Este método se caracteriza porque en el equipo que se va a realizar la medición se debe insertar un elemento por donde atraviesa la corriente. Los más conocidos son el uso de un transistor y de una resistencia.

### **1.8.1.1 Método de medición con transistor**

“Los transistores son utilizados como método de detección de sobre corrientes sin pérdida ya que son componentes de control que no utilizan resistencias adicionales o dispositivos de disipación de energía.” (JAYA, 2014)

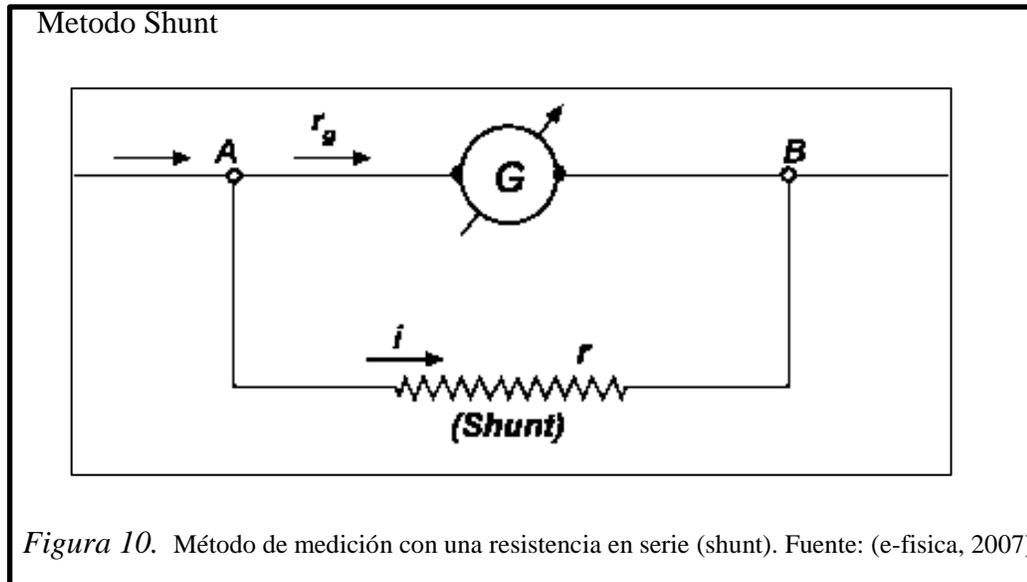
### **1.8.1.2 Método de medición con resistencia**

En este método se utiliza una resistencia cuyo valor es de 1(ohm) ya que si menor es el valor menos caída de tensión, esta resistencia se conecta en serie a la parte donde se va a realizar la medición del equipo, que puede ser antes o después de la carga de dicho equipo, generalmente a este proceso se le conoce como uso de la resistencia stunt.

La corriente a medir se divide entre el cuadro móvil y la resistencia shunt, aumentando de este modo la capacidad de medida del instrumento. Generalmente la resistencia shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R}$$

Se tiene que  $V=IR$ , esto indica que la corriente que se transmite a través de la resistencia tendrá una pequeña caída de voltaje, la cual se puede medir por un dispositivo como el osciloscopio y se obtendrá el valor de la corriente.



En la figura 10, se tiene un diagrama de la como va conectada la resistencia shunt en un circuito para proceder a utilizarla en una medición determinada.

### 1.8.2 Método de medición no-invasivo

Para (Yarborough, 2012), este método, utiliza la medición del voltaje por inducción electromagnética cuando cruza corriente eléctrica por un medio conductor. Entre los principales métodos, se tienen: transformador de corriente, bobina Rogowski y dispositivos de efecto Hall.

#### 1.8.2.1 Transformador de corriente

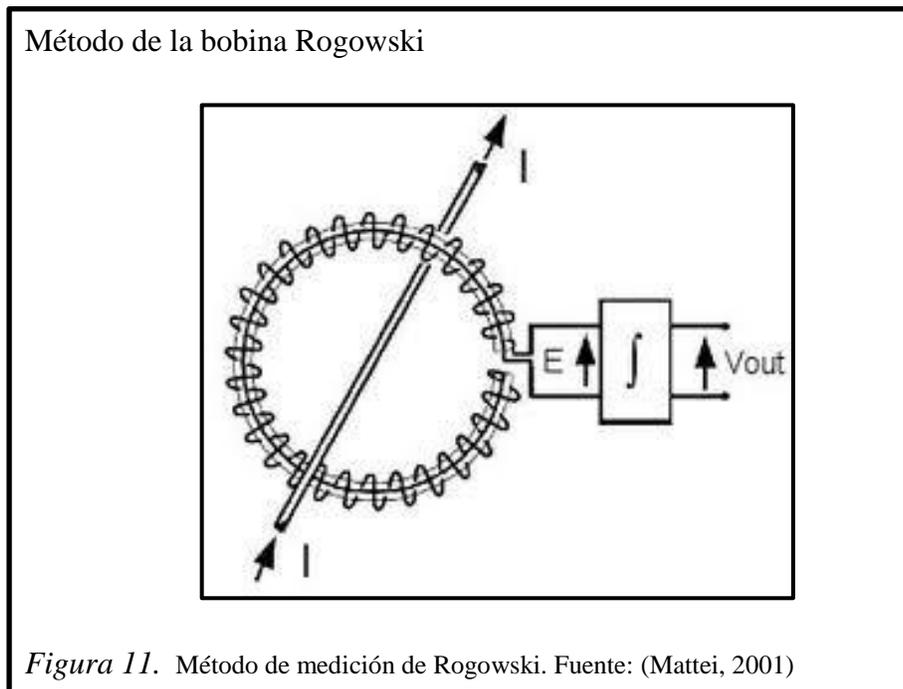
Un transformador de corriente tiene tres ventajas principales como son proporcionar el aislamiento del voltaje de línea, proporcionar una medición sin pérdida de corriente, y la medida de la señal de voltaje puede ser obtenido con una inmunidad al ruido. Este método indirecto de medición, requiere una corriente variable, corriente transitoria, o corriente continua conmutada; para proporcionar un campo magnético cambiante que se acopla magnéticamente a los devanados secundarios.

La medición de tensión en el secundario, puede ser escalada de acuerdo con la relación de vueltas entre los devanados primario y secundario. Este método de medición se considera "sin pérdida" debido a que el circuito de corriente pasa a través de los devanados de cobre con pérdidas resistivas muy pequeñas. Sin embargo, una pequeña

cantidad de energía se pierde debido a las pérdidas del transformador de la resistencia de carga, pérdidas en el núcleo, primario y resistencia DC en el secundario.

### 1.8.2.2 Bobina Rogowski

La bobina de Rogowski es similar a un transformador de corriente en el que se induce un voltaje en una bobina secundaria que es proporcional al flujo de corriente a través de un conductor aislado. La excepción es que la bobina de Rogowski, es un diseño de núcleo de aire en comparación con el transformador de corriente que se basa en un núcleo de alta permeabilidad, tal como el acero laminado. El diseño de núcleo de aire tiene una inductancia menor y proporciona una señal de respuesta más rápida y tiene una señal voltaje lineal. En la figura 11, se puede observar la forma de medir corriente en la bobina de Rogowski.



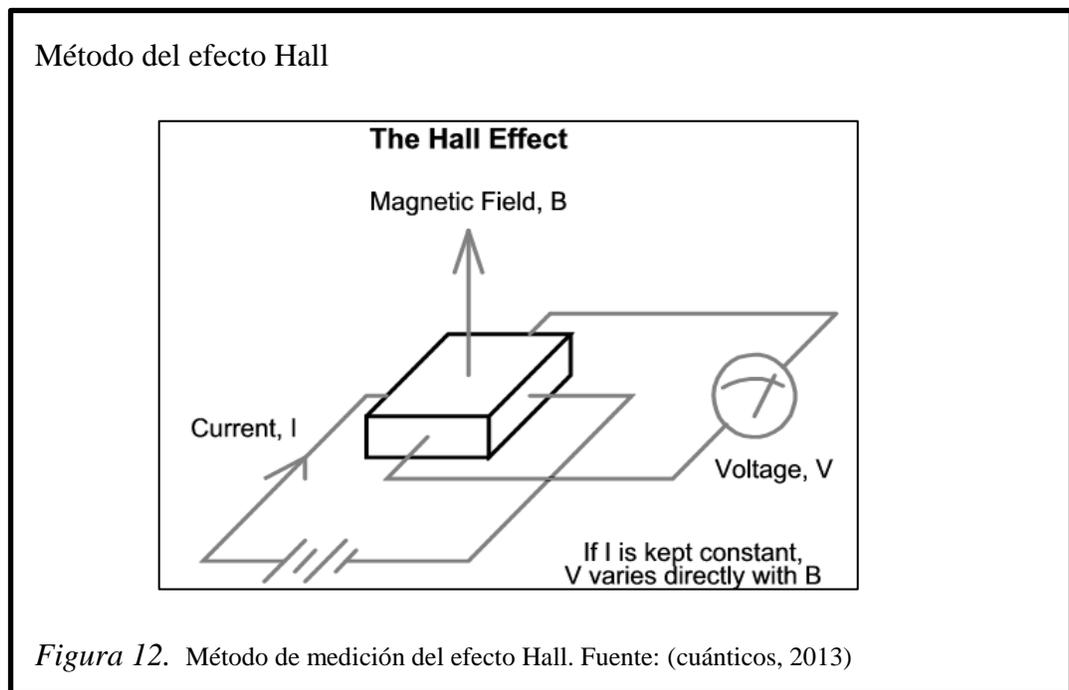
### 1.8.2.3 Efecto Hall

Cuando un conductor portador de corriente es colocado en un campo magnético, una diferencia de potencial se produce perpendicularmente al campo magnético y la dirección del flujo de corriente. Este potencial es proporcional a la magnitud del flujo de corriente. Cuando no hay ningún campo magnético y el flujo de corriente existe, entonces no hay diferencia de potencial. Sin embargo, cuando un campo magnético y el

flujo de corriente existen, las cargas interactúan con el campo magnético, apareciendo el voltaje Hall.

La ventaja de los dispositivos de efecto Hall, es que son capaces de medir corrientes grandes con baja disipación de potencia. Sin embargo, existen numerosos inconvenientes que pueden limitar su uso, como la variación de temperatura no lineal lo que requerirá una compensación, ancho de banda limitado, bajo rango de detección de corriente lo que requerirá un alto voltaje offset que puede conducir a errores, susceptibilidad a los campos magnéticos externos, y son costosos.

En la figura 12, se observa el proceso de medición del efecto hall, con las variables que intervienen en dicho proceso.



De acuerdo a lo expuesto en este apartado sobre los métodos invasivos y no invasivos, es lógico pensar que es mejor utilizar un método no invasivo, pero estos métodos de investigación no son adecuados para el proyecto, por ejemplo si se utilizará efecto hall, este funciona mejor para corrientes superiores a 3A y en el caso de los transformadores de corriente o inducción electromagnética son más utilizados para corrientes alternas o continuas conmutadas.

Por tanto, para la investigación, se optó por utilizar el método invasivo como es la resistencia en serie al dispositivo objeto de medida porque se adapta mejor para bajas corrientes, es eficiente, efectivo y definitivamente una solución barata.

## CAPÍTULO 3

### IMPLEMENTACIÓN DEL ESCENARIO DE EXPERIMENTACIÓN

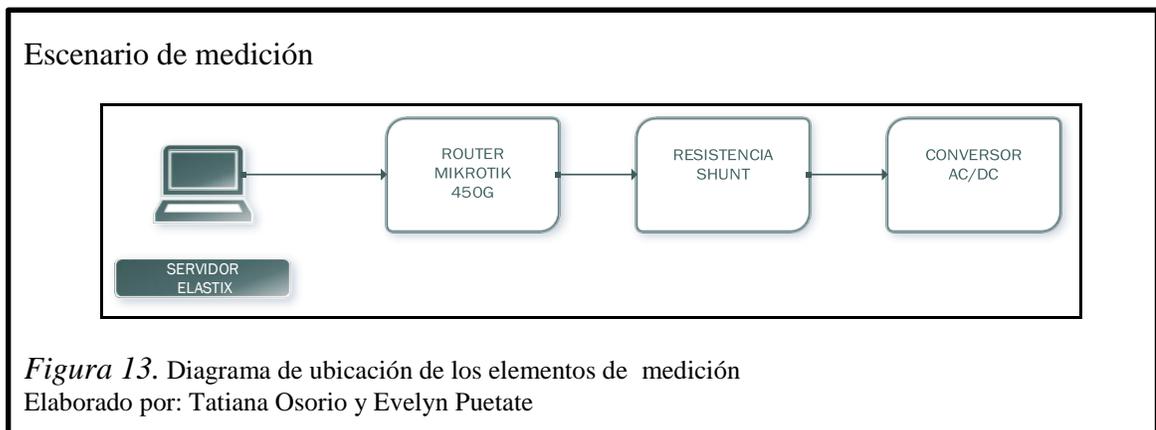
En este capítulo, se implementará el escenario de pruebas para determinar el consumo energético del tráfico de VoIP, así como también se levantará el servidor, se crean los usuarios, se realiza la configuración del Router Mikrotik y se procede a generar el tráfico realizando las respectivas llamadas entre usuarios con ellos se podrá obtener los datos respectivos.

#### 2.1 Diseño del escenario de investigación

El diseño que se utilizará en este trabajo es una red punto multipunto, para realizar el monitoreo, análisis y medición del consumo energético que produce la red con tráfico de voz generado por las llamadas realizadas entre usuarios, para lo cual, se utilizará el servidor Elastix para la configuración de usuarios con los respectivos protocolos IAX y SIP. Para monitorizar el consumo energético se utilizará el RouterBoard 450G esta tarjeta estará conectado directamente al servidor Elastix el cual generara el tráfico de voz, y a sus respectivos terminales de computadoras en las cuales se instalara el software del softphone.

Para medir el consumo de potencia en el sistema de red cableado, se utilizará el método de la resistencia shunt ubicada entre el conversor AC/DC y la placa RouterBoard 450G.

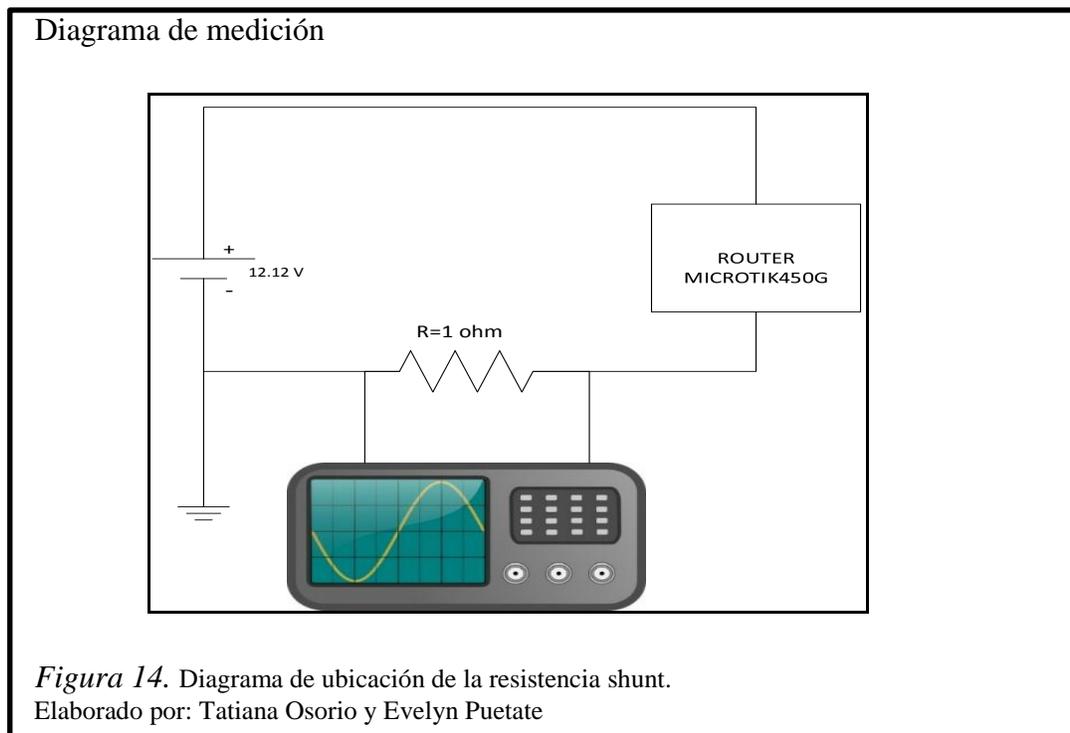
#### 2.2 Diagrama del escenario de la red



En el diagrama de la figura 13, se puede visualizar, la tarjeta RouterBoard 450G, posee 5 puertos Ethernet por los cuales se realizará la comunicación con los clientes y el servidor. Esta tarjeta posee una capacidad de 256Mb de memoria RAM. La monitorización se realiza en la alimentación de la tarjeta RouterBoard aplicando el método de la resistencia shunt o serie que se explicó en el capítulo anterior.

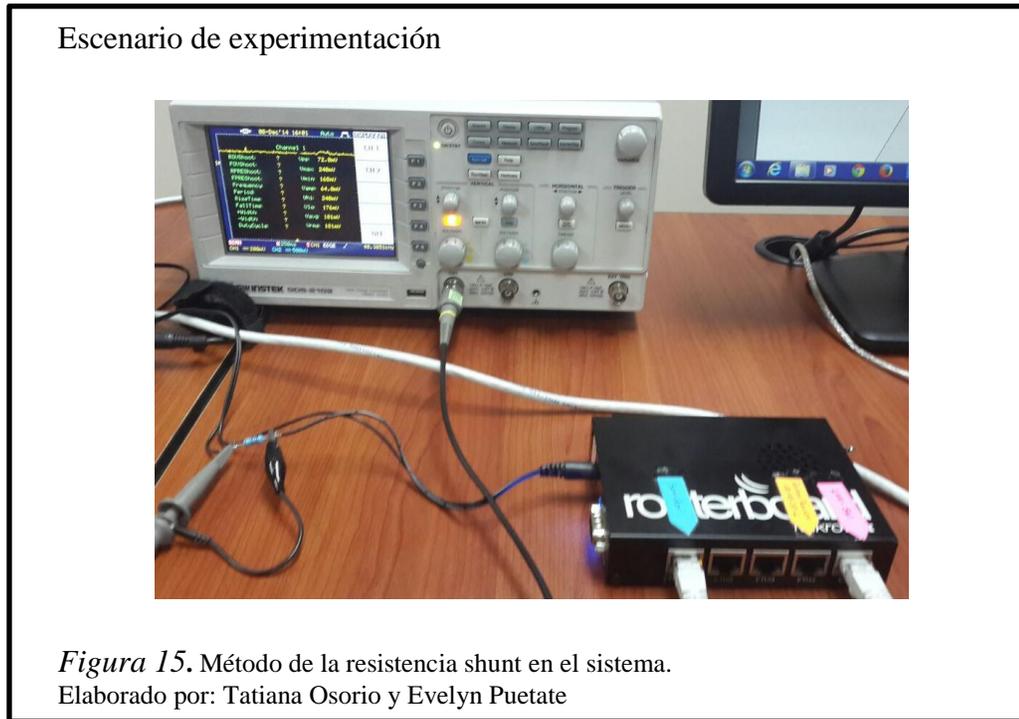
### 2.3 Diagrama de medición adoptado

Para las mediciones se utilizará el método de la resistencia en serie (shunt) conectada con la tarjeta RouterBoard 450G, en la resistencia cuyo valor es de  $R = 1\Omega$ , se puede medir directamente el voltaje con un osciloscopio o voltímetro. Por la ley de Ohm, se tiene que  $I = V$ , por tanto, se obtendrá directamente el valor de la corriente consumida por la placa, al ir incrementando el número de las llamadas, al igual de la señal de entrada en el osciloscopio. La forma de medir se puede verificar en la figura 14, en la cual está el diagrama de medición que se utilizó en el proceso de la realización de este trabajo.



*Figura 14.* Diagrama de ubicación de la resistencia shunt.  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

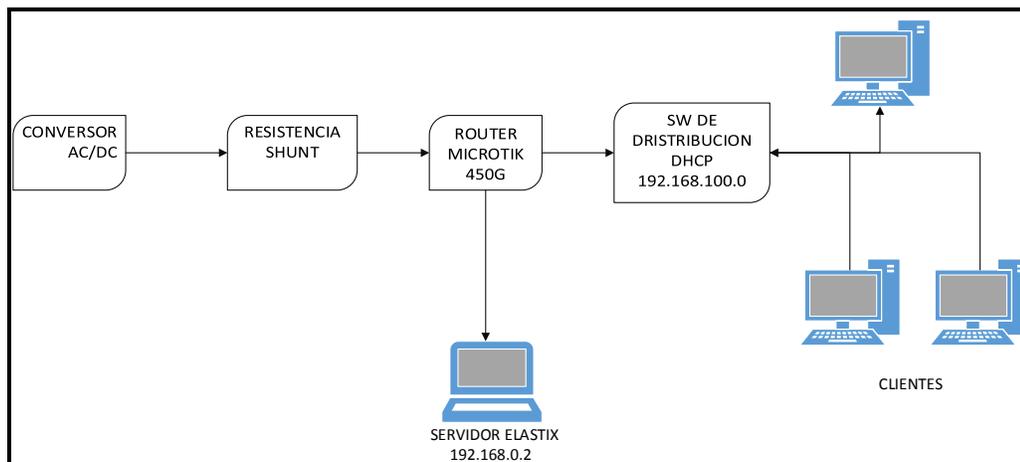
En la figura 15, se observará el escenario de medición ya implementado, también se tiene en cuenta la colocación de la resistencia shunt y como están colocadas las puntas de medición junto al osciloscopio, además los puertos que fueron utilizados de la placa RB450G.



## 2.4 Escenarios adoptados para la investigación

En la figura 16, se muestra el diagrama de red adoptado para el escenario de experimentación el cual se llevó a cabo en los laboratorios de CISCO, ya que ahí se logró tener el total de la muestra con la cual se trabajó, también se puede observar el direccionamiento con el cual se levantó el sistema.

## Diagrama de experimentación

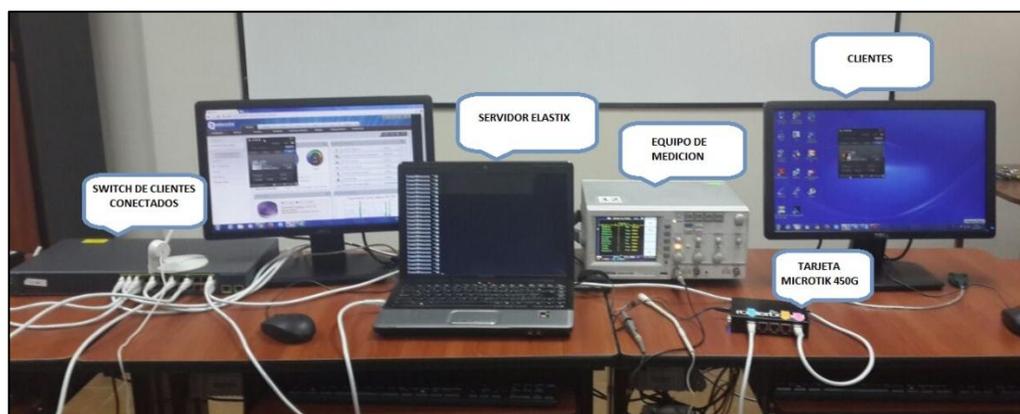


*Figura 16.* Elementos que intervienen en el escenario de experimentación

Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 17, se observa que para el experimento, se utilizará una tarjeta de tipo RouterBoard 450G, la cual se conecta una laptop en la que está instalado previamente el servidor Elastix y en otro puerto Ethernet se conectará un Switch el cual permitirá la comunicación entre clientes y el servidor. En la tarjeta esta previamente configurado el DHCP para la comunicación de los clientes.

## Sistema armado en el laboratorio



*Figura 17.* Equipos del sistema trabajando normalmente

Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 18, se observa el método de medición de corriente colocado en el equipo para el estudio, donde se puede observar la punta de prueba del osciloscopio conectado a la resistencia serie insertado en el cable de alimentación de la placa, en caso de no poseer un osciloscopio, se puede realizar mediciones con un multímetro de precisión. Además se puede apreciar las salidas etiquetadas en el RouterBoard 450G del servidor y el Switch.



Como se puede apreciar en la figura 19, la medición se la puede realizar con el osciloscopio como también se lo puede realizar un multímetro de precisión, en el cual se muestra la medida de la corriente cuando está en reposo el sistema, obteniendo un valor inicial de 0.175 (v) capturado en el multímetro.

## Datos iniciales

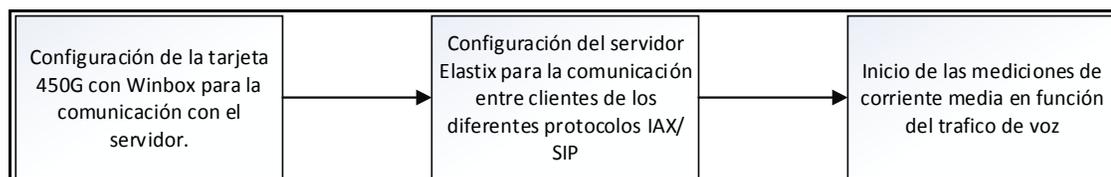


*Figura 19.* Medición de la corriente inicial con el multímetro y osciloscopio  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

## 2.5 Diagrama de proceso de medición

Para obtener las mediciones, el proceso consto de tres fases principales como se muestra en la figura 20.

### Diagrama de bloques



*Figura 20.* Proceso de medición  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Como se puede observar en la figura 20, el proceso para obtener las diferentes medidas de corriente consumida tiene un orden dado, es decir, en primera instancia hay que configurar el enlace con el servidor, luego se debe configurar la tarjeta RB450G para un enlace punto multipunto utilizando la plataforma virtual Winbox, luego se debe

configurar el servidor Elastix para la comunicación entre clientes, utilizando los distintos protocolos, finalmente, se inician el proceso de la toma de datos para obtener las medidas correspondientes para cada protocolo (IAX/SIP), y luego comenzar con los análisis estadísticos de los dos protocolos.

### **2.5.1 Configuración de la tarjeta 450G**

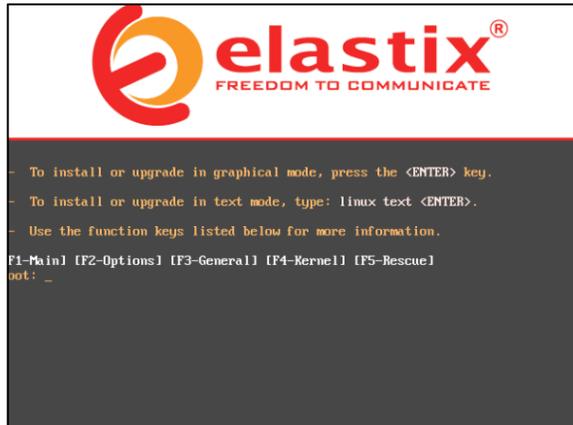
En la tarjeta 450G se configurará los puertos Ethernet de la entrada del servidor y la salida al Switch que es la comunicación con los clientes, se crea una comunicación por medio de un puente ya que cada Ethernet tiene su dirección específica, además se crea un DHCP para que cada cliente adquiriera una dirección dinámicamente a lo que se integre a la red y tenga comunicación directa con el servidor.

Con ello se logra crear una comunicación constante entre el servidor y los clientes por medio de la tarjeta 450G. Más detallado el proceso de configuración se lo puede observar en el Anexo 2.

### **2.5.2 Instalación de Elastix**

El servidor se creará en un equipo real con lo cual se procederá a instalar el programa desde un CD, ya que es un ISO que se puede descargar desde la página oficial de Elastix, es básicamente simple ya que selecciona las opciones de acuerdo a las necesidades requeridas. En el caso del servidor solo se tendrá en cuenta los servicios de voz. En la figura 21, se observa la imagen de inicio de instalación de Elastix.

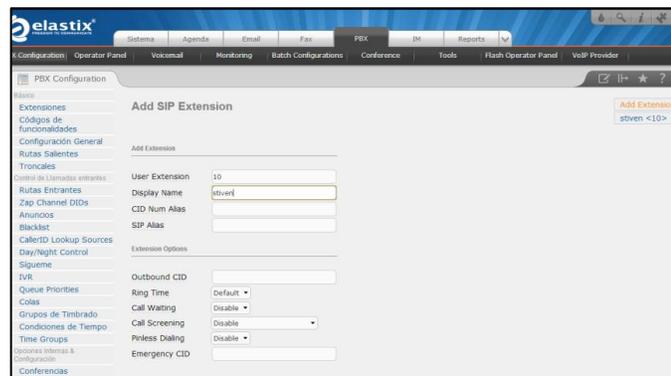
## Elastix



*Figura 21.* Elastix imagen inicial de instalación  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Luego que esté instalado Elastix se ingresa a la plataforma grafica por medio de un navegador con la dirección 192.168.0.2 y se procederá a levantar los diversos clientes cada uno con las características principales para realizar una llamada, este proceso se lo realiza para cada protocolo como SIP e IAX. Todo el proceso paso a paso de la instalación se lo puede ver en el Anexo 1. En la gráfica 22, se observa la plataforma grafica de Elastix en la cual se puede realizar todas las configuraciones de manera más sencilla.

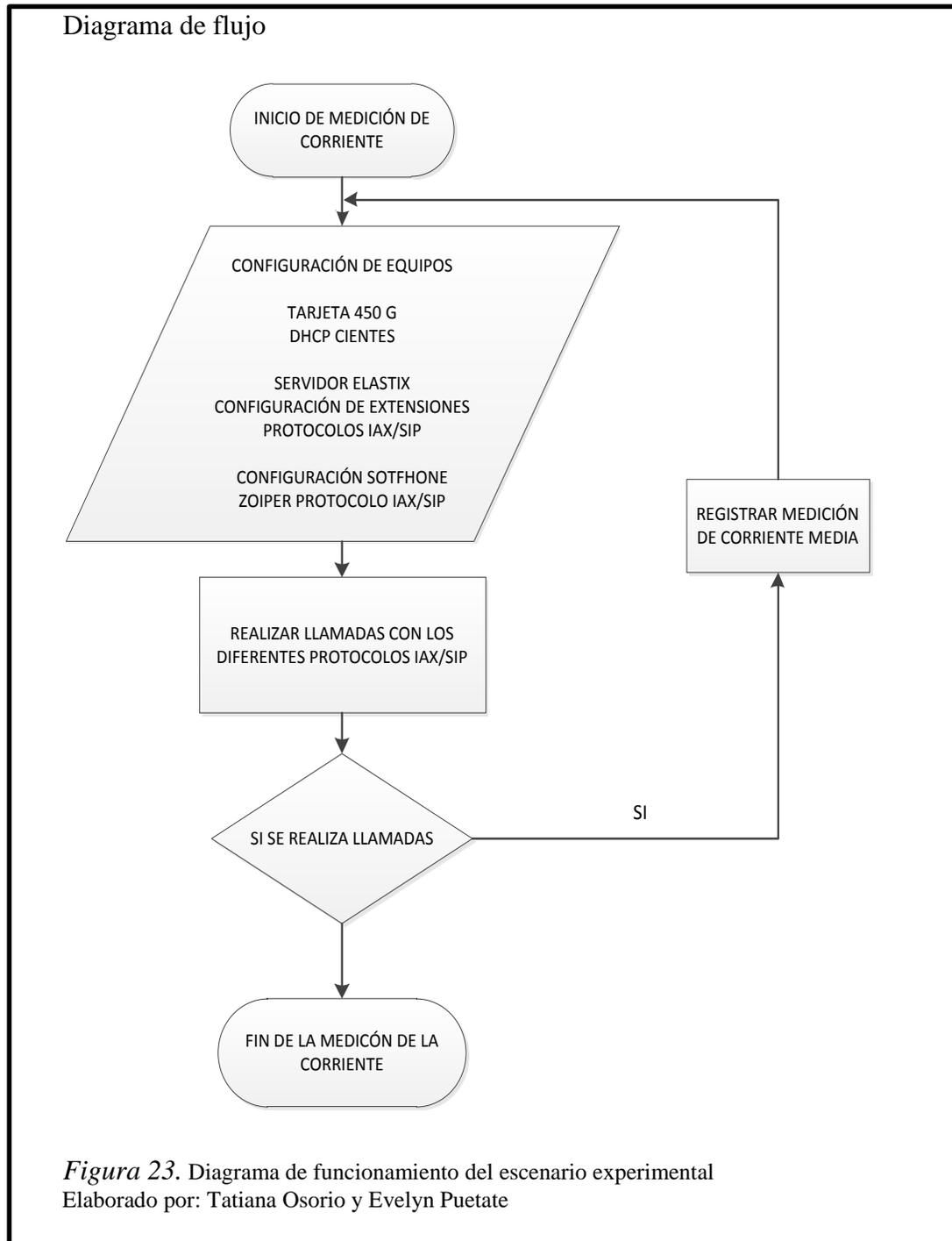
## Plataforma grafica de Elastix



*Figura 22.* Plataforma de programación del servidor  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

## 2.6 Diagrama de flujo del proceso de desarrollo

En la figura 23, se muestra un diagrama de flujo en el cual se explica el proceso general que se siguió para realizar de configuración de las tarjetas Mikrotik 450G, del servidor Elastix, de los softphone en cada uno de los clientes y el proceso de mediación de la corriente media.



En este diagrama de flujo, se muestra el proceso de cómo se realizan las diferentes pruebas para determinar el consumo de corriente en cada caso. Como se puede observar, se efectuarán pruebas para cada protocolo, es decir, IAX y SIP. Para cada protocolo, se toma un valor inicial el cual es cuando no existe ninguna llamada realizada. Por otro lado, el tiempo de medición (120 [s]) ya que toca esperar un tiempo razonable para tomar el dato exacto entre cada llamada. Utilizando el osciloscopio y voltímetro, se medirá la corriente media consumida para cada tipo de protocolo, y se registrará estos valores en una base de datos.

## 2.7 Cálculo de la potencia consumida

La corriente alterna (AC) aumenta y disminuye siguiendo un ritmo sinusoidal, haciendo que sea difícil describir los valores asociados con los circuitos eléctricos AC. El concepto de promedio se reemplaza por valores efectivos o equivalentes a través del uso de un procedimiento matemático, la raíz cuadrada media (RMS). Los cálculos RMS compensan las variaciones sinusoidales en medidas eléctricas AC e indican cual sería la medida equivalente de la corriente directa (DC).

$$V_{true-rms} = \sqrt{V_{DC}^2 + V_{AC}^2}$$

**Donde:**

**V<sub>rms</sub>:** Valor medio

**V<sub>DC</sub>:** Voltaje corriente continua

**AC:** Voltaje corriente alterna

En la siguiente ecuación, se obtiene la potencia media cuando se pone en paralelo las puntas de prueba en la resistencia de 1 ohm, donde se obtiene directamente el valor de la corriente media por lo referido en el párrafo de arriba.

$$P_m = V_{TARJETA} * \left( \frac{I - I_0}{1000} \right)$$

**Donde:**

**P<sub>m</sub>:** Potencia medida para cualquier tráfico de datos.

**V<sub>tarjeta</sub>:** Voltaje de alimentación a la entrada de la tarjeta 450G.

**I:** Corriente medida para cualquier tráfico de datos.

**I<sub>0</sub>:** Corriente inicial medida (tarjeta 450G)

## CAPÍTULO 4

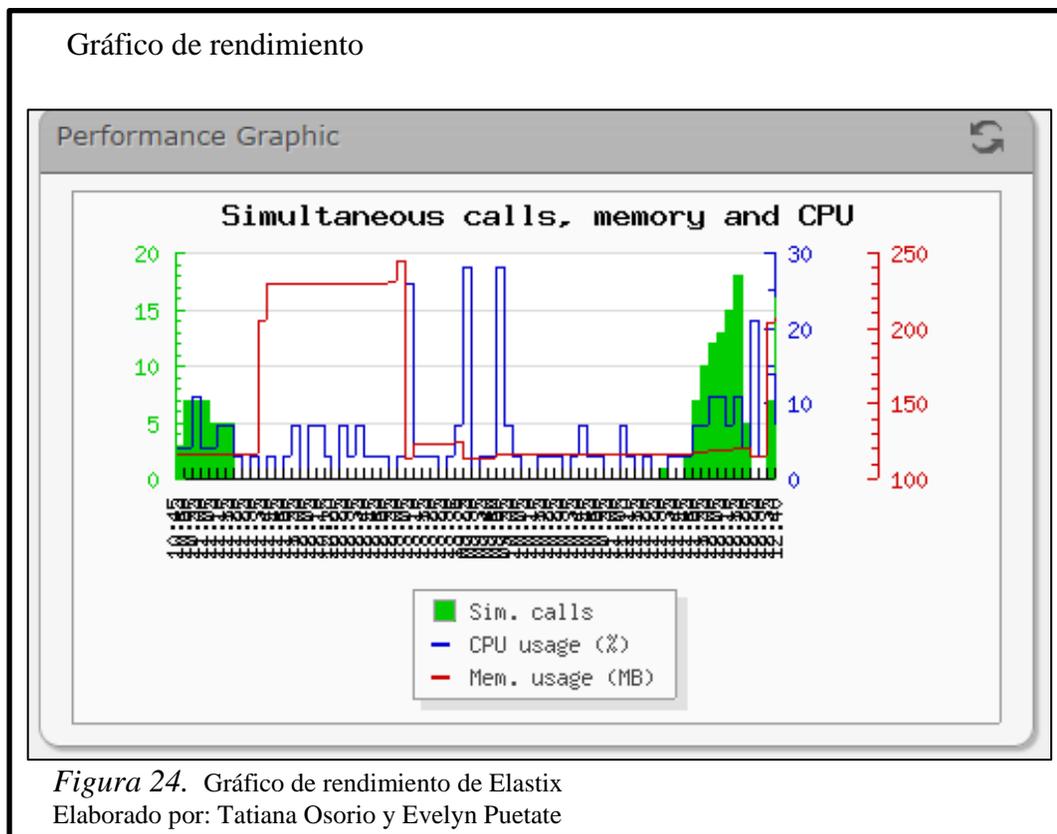
### PRUEBAS Y MEDICIONES

En este capítulo, se realizan las pruebas y mediciones en los distintos volúmenes de tráfico (varias llamadas VoIp), para cada protocolo de estudio, con los datos se realizaron análisis de los resultados en base a las comparaciones.

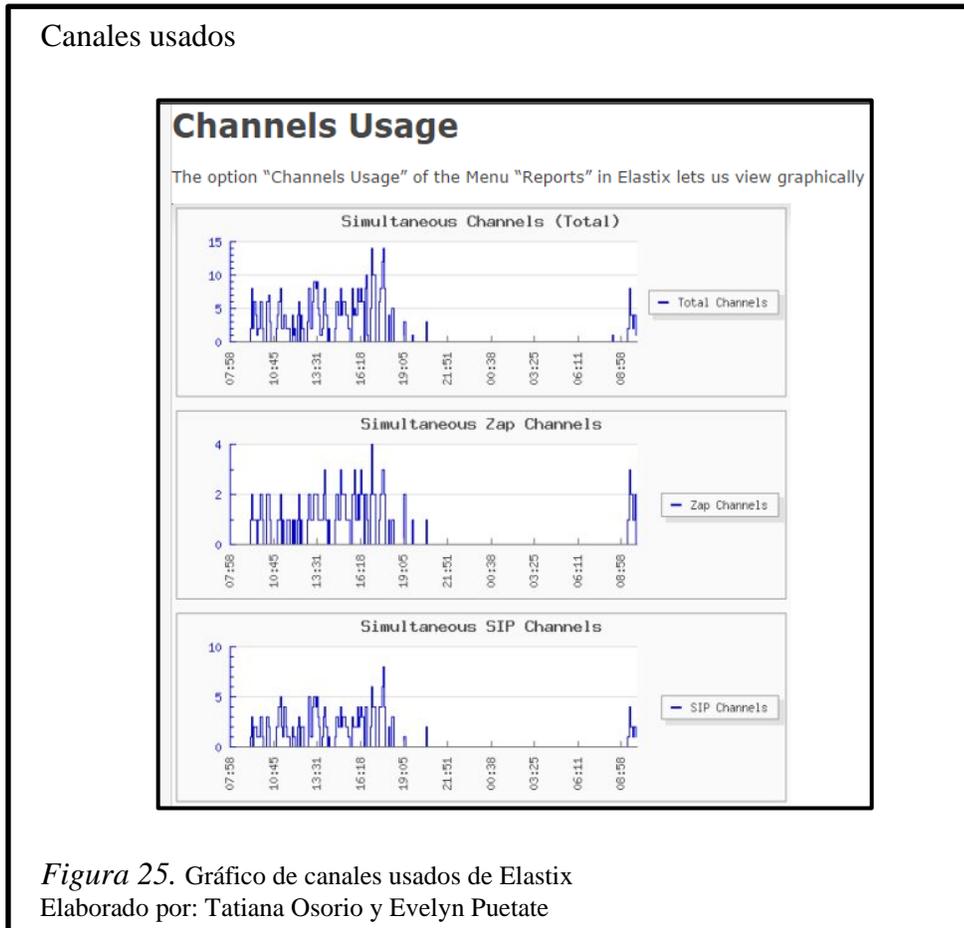
#### 3.1 Pruebas y Mediciones

Una vez realizada la configuración e implementación de la red punto multipunto, se realizaron las respectivas pruebas de conectividad para verificar el buen funcionamiento de la red, como se explica más detalladamente en el Anexo 3.

Luego se procedió a enviar tráfico de voz con las múltiples llamadas, las cuales van desde el servidor hacia los clientes. En el servidor Elastix existe un monitor gráfico de las llamadas simultáneas, de la misma forma en el sistema del RouterBoard 450G hay un monitor en el cual se observa el tráfico que pasa sobre el puerto.



Como se puede observar en la figura 24, se tiene una gráfica estadística en la cual representa todo el funcionamiento del servidor, se observa el tiempo y la capacidad de cada llamada que se realiza, este proceso se identifica con el color verde, ahí se ve el incremento de tráfico (llamadas), las líneas de color rojo y azul indica el consumo de la memoria y CPU del servidor Elastix al ser usado.



En la figura 25, se puede observar mediante la plataforma de Elastix el consumo que se realiza en los canales al instante de realizar simultáneamente llamadas dentro de un protocolo.

## Monitoreo RB450G

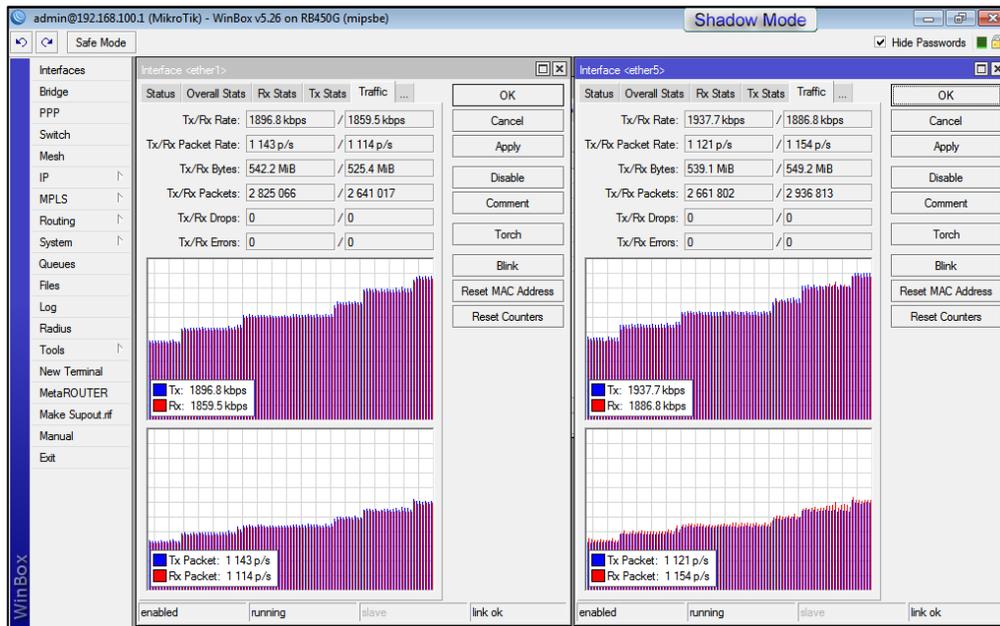


Figura 26. Gráfico de monitoreo del RouterBoard  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 26, se puede apreciar el sistema de monitorización del RB450G por medio de la plataforma Winbox, aquí se observa el tráfico que pasa sobre el puerto Ethernet de salida, el cual está conectado los clientes, al igual del puerto Ethernet en el cual está conectado el servidor.

### 3.2 Mediciones del consumo energético bajo diferentes llamadas y protocolos.

Las mediciones se realizaron en el conector de la entrada del RouterBoard 450g debido a que no fue conveniente la colocación de la resistencia en la parte de alimentación de la placa ya que de fábrica están bien interconectados los elementos. Por tal motivo se colocó la resistencia ( $1[\Omega]$ ) en serie en el conector de entrada. Luego, se procedió a realizar una medición del consumo de la tarjeta sin contarse a los clientes, luego se conectó al Switch quien distribuye a los clientes y se obtuvo la medición inicial de la tarjeta, ya que a partir de este valor, se realizaron el resto de mediciones en función del tráfico de voz y los protocolos.

### 3.2.1 Medición de valores iniciales

En la tabla 3, se muestran los valores iniciales de corriente consumida y voltaje en la entrada de la tarjeta RouterBoard 450g. El valor que se obtiene cuando el sistema está en reposo, este valor va a ser constante para los dos protocolos ya que se utiliza la misma tarjeta, comienza a variar el momento de enviar tráfico.

Tabla 3.  
*Valores iniciales del sistema*

VALORES INICIALES DE LA CORRIENTE		
SBC	V <sub>in</sub> [v]	I <sub>o</sub> [mA]
RB450G	12.12	0.177

Nota: V<sub>in</sub>: voltaje inicial, I<sub>o</sub>: corriente inicial.  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Para determinar la potencia inicial o de reposo en el sistema se utiliza la ecuación de potencia mostrada en el capítulo anterior, por lo tanto:

$$P_0 = 12.12 * (0.177) = 2.145 [w]$$

### 3.2.2 Medición y cálculo de potencia con el protocolo SIP.

Con la ecuación de la potencia antes mencionada, se realiza el cálculo de las potencias para el protocolo SIP en función de las corrientes medidas como se muestra en la tabla4, donde los datos, únicamente representados son de las 20 llamadas ya que esa es la muestra de estudio.

Tabla 4.  
Valores del protocolo SIP

PROTOCOLO SIP		
TRÁFICO # llamadas	CORRIENTE CONSUMIDA Io (A)	POTENCIA CONSUMIDA (W)
0	0,178	2,157
1	0,179	2,169
2	0,180	2,182
3	0,181	2,194
4	0,182	2,206
5	0,183	2,218
6	0,184	2,230
7	0,184	2,230
8	0,185	2,242
9	0,186	2,254
10	0,186	2,254
11	0,187	2,266
12	0,188	2,279
13	0,189	2,291
14	0,189	2,291
15	0,190	2,303
16	0,190	2,303
17	0,191	2,315
18	0,192	2,327
19	0,193	2,339
20	0,194	2,351

Nota: Valores de potencia en Watts (W).  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Como se puede observar en la tabla 4, los valores de la corriente van aumentando en un 0.01% promedio entre llamada lo cual indica que tiene un incremento semi lineal del consumo de corriente, y así mismo de la potencia. En la figura 27, se observa cómo va creciendo el consumo de potencia dependiendo de las llamadas a mayor número de llamadas mayor consumo de potencia.

### Gráfica estadística



*Figura 27.* Gráfica estadística del protocolo SIP  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

### 3.2.3 Medición y cálculo de potencia con el protocolo IAX.

Con la ecuación de la potencia antes mencionada, se realiza el cálculo de las potencias en función de las corrientes medidas como se muestra en la tabla 5, donde los datos corresponden al protocolo IAX, en el mismo número de muestra que el protocolo anterior.

### Gráfica estadística



*Figura 28.* Gráfica estadística del protocolo IAX  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 28, se observa la gráfica de las potencias obtenidas en con el protocolo IAX, ahí se puede observar que tiene una linealidad en tramos a diferencia del protocolo SIP, pero sigue con la tendencia de crecimiento con el aumento de las llamadas, al igual del consumo de potencia.

Tabla 5.  
*Valores del protocolo IAX*

<b>PROTOCOLO IAX</b>		
<b>TRÁFICO # llamadas</b>	<b>CORRIENTE CONSUMIDA (A)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>
0	0,179	2,169
1	0,181	2,194
2	0,182	2,206
3	0,184	2,230
4	0,186	2,254
5	0,187	2,266
6	0,188	2,279
7	0,188	2,279
8	0,188	2,279
9	0,189	2,291
10	0,190	2,303
11	0,190	2,303
12	0,190	2,303
13	0,191	2,315
14	0,191	2,315
15	0,192	2,327
16	0,193	2,339
17	0,194	2,351
18	0,196	2,376
19	0,198	2,400
20	0,200	2,424

Nota: Valores de potencia en Watts (W).  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Como se puede observar en la tabla 5, los valores de la corriente van aumentando en un 0.01% y 0.02% promedio entre llamadas lo cual indica que tiene un incremento poco lineal del consumo de corriente, esto se debe que este protocolo en su mayoría es

utilizado para troncalizar servidores y muy pocos casos como en este estudio para ser un sistema de llamadas.

### 3.2.4 Comparativa de consumos de potencia

Con los datos de potencia obtenidos de las tablas 4 y 5 se crea la tabla 6, en la cual se aprecia la muestra de estudio de los dos protocolos, para seguidamente comenzar con el respectivo análisis.

Tabla 6.

*Valores comparativos de potencia entre los protocolos*

CUADRO COMPARATIVO DE CONSUMO DE POTENCIA		
TRÁFICO # Llamadas	Protocolo SIP POTENCIA (W)	Protocolo IZX POTENCIA (W)
0	2,157	2,169
1	2,169	2,194
2	2,182	2,206
3	2,194	2,230
4	2,206	2,254
5	2,218	2,266
6	2,230	2,279
7	2,230	2,279
8	2,242	2,279
9	2,254	2,291
10	2,254	2,303
11	2,266	2,303
12	2,279	2,303
13	2,291	2,315
14	2,291	2,315
15	2,303	2,327
16	2,303	2,339
17	2,315	2,351
18	2,327	2,376
19	2,339	2,400
20	2,351	2,424

Nota: Cuadro comparativo de potencia en Watts (W).

Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la tabla 6, se observa los valores de potencia resultantes de cada protocolo en los cuales se genera una diferencia de consumo energético que varía en un 0.1% en un grupo de 9 llamadas generalmente.

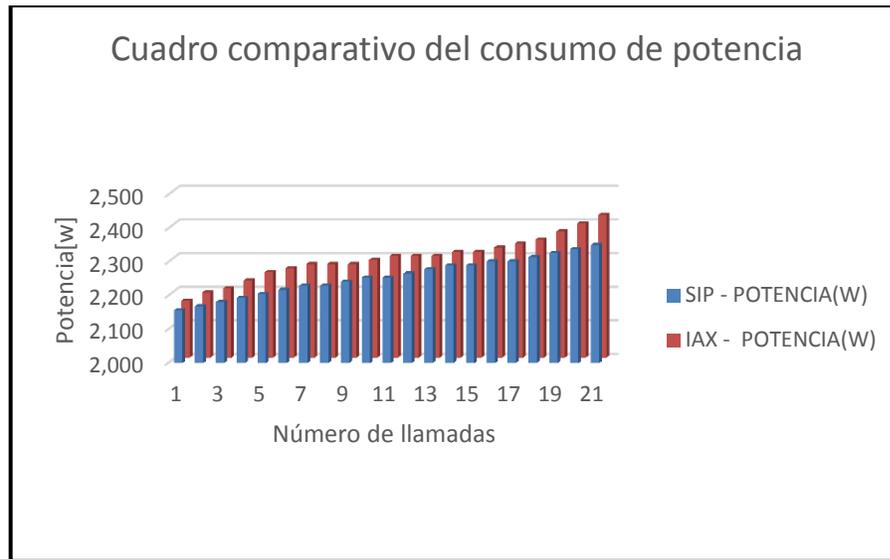
Gráfica comparativa



*Figura 29.* Gráfico comparativo de los protocolos SIP e IAX  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 29, se observa las curvas de potencia consumida vs el número de llamadas, como se puede apreciar el protocolo IAX consume mayor potencia a pesar de que su crecimiento tiene tendencia semi lineal, en cambio el protocolo SIP consume menor potencia y su tendencia de crecimiento es más lineal.

## Grafica estadística



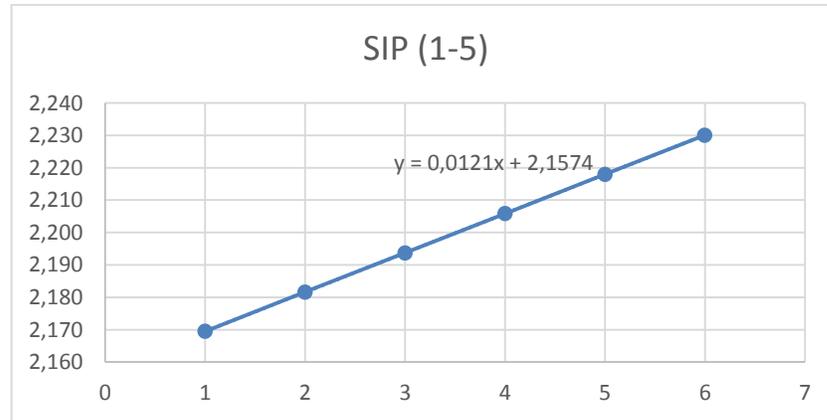
*Figura 30.* Gráfico estadístico protocolos SIP e IAX  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 30, se observa el gráfico estadístico en forma de barras, siendo más evidente el porcentaje comparativo de consumo energético de los dos protocolos estudiados.

### 3.3 Cálculos para n número de llamadas

La muestra de estudio fue de 40 usuarios que generan 20 llamadas simultáneas, de las cuales para comenzar con el estudio se dividió en 4 grupos de 5 llamadas por cada protocolo, para realizar el análisis de forma individual. Para realizar este estudio se generó una regresión lineal en cada grupo y en la gráfica general de toda la muestra de trabajo, ya que tienen una tendencia creciente en los datos y además existe una relación directa entre las llamadas (tráfico) y el consumo de energía (potencia), dicho proceso se observa en la figura 31, el resto de figuras se encuentran en el Anexo 4.

## Regresión lineal



*Figura 31.* Regresión lineal de las 5 primeras llamadas del protocolo SIP  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Luego de este proceso se comenzó a analizar las ecuaciones obtenidas y se observó que en dos grupos había una diferencia de un 0.01 en el valor de la pendiente, esto indica que no es la misma pendiente para todos los grupos, para esto se procedió a calcular la media de todas las pendientes y del valor de la recta cuando cruza con el eje vertical (a), para obtener una ecuación general media, que abarque todo el sistema.

Tabla 7.

*Valores promedio de las ecuaciones de regresión lineal del protocolo SIP.*

valores del Protocolo SIP		
PENDIENTE	a (intersección)	
0,0089	2,1683	
0,0121	2,1574	
0,0073	2,1840	
0,0085	2,1755	
0,0121	2,1089	
0,0489	10,7941	Suma total
0,0098	2,1588	Promedio

Nota: Tabla de datos para el cálculo de la ecuación de regresión lineal.  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

Luego de obtener los valores promedios en el protocolo SIP se procedió a formar la ecuación, la cual se utilizará para realizar cálculos aproximados del consumo de energía para mayor número de llamadas, la ecuación resultante sería la siguiente:

$$y = 0.0098 x + 2.1588$$

Este mismo proceso se realiza con el protocolo IAX ya que tiene la misma tendencia de crecimiento y se obtuvieron valores con una diferencia en el valor de las pendientes por tanto, se tiene en la tabla 8 el proceso para la fórmula del protocolo IAX.

Tabla 8.

*Valores promedio de las ecuaciones de regresión lineal del protocolo IAX.*

valores del Protocolo IAX		
PENDIENTE	a (intersección)	
0,0096	2,2004	
0,0194	2,1719	
0,0061	2,2374	
0,0085	2,1755	
0,0121	2,1089	
0,0557	10,8941	Suma total
0,0111	2,1788	Promedio

Nota: Tabla de datos para el cálculo de la ecuación de regresión lineal.  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

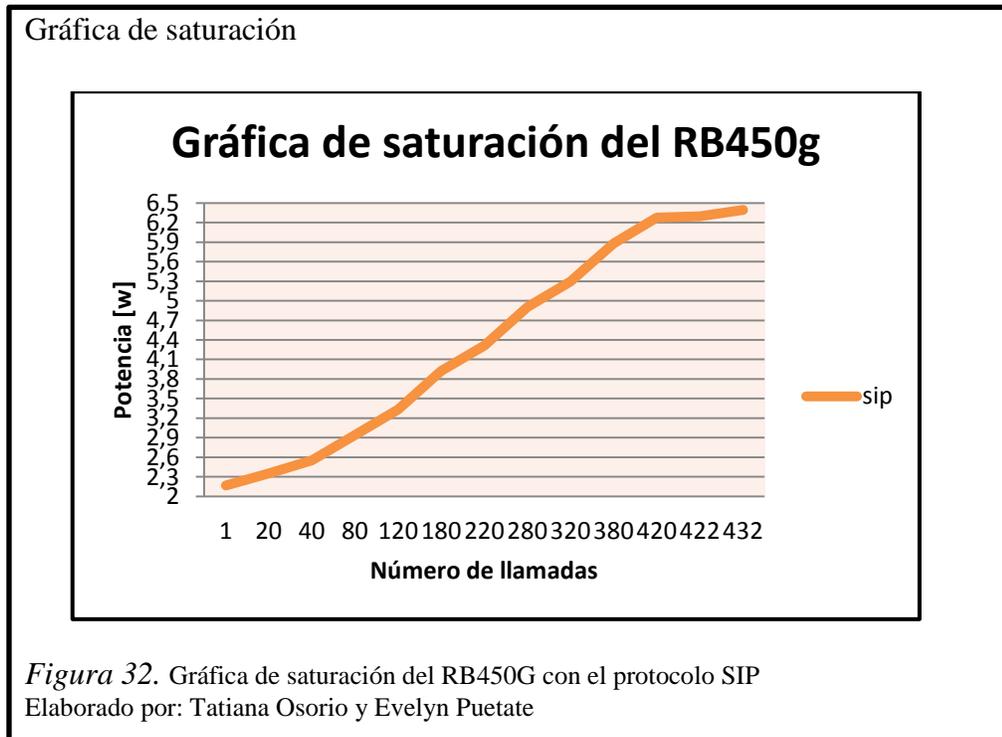
Al igual que se realizó con el protocolo SIP, se procede a formular la ecuación para el protocolo IAX, la cual será la siguiente:

$$y = 0.0111 x + 2.1788$$

Con la obtención de las formulas se procede a realizar un análisis estadístico de llamadas, aunque los resultados obtenidos van a ser parciales ya que es un estudio mediante modelos matemáticos.

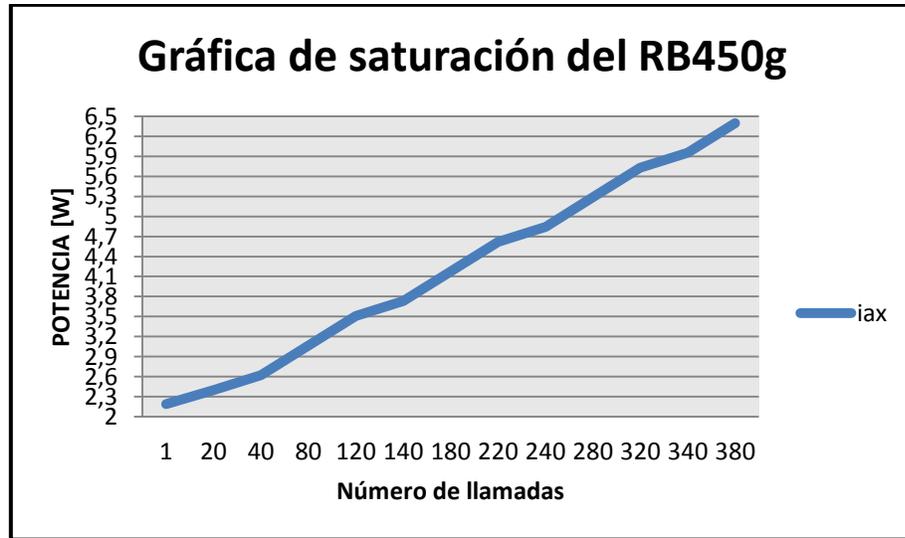
Para este trabajo el cálculo que se va a realizar con las ecuaciones antes mencionadas indicará la proyección matemática de llamadas que puede soportar la tarjeta RB450G con los dos protocolos, ya que el ancho de banda no se logrará saturar por el motivo que nuestro trabajo se basa solo en tráfico de voz simple sin ninguna calidad de servicio que

de un peso extra a cada llamada. La tarjeta RB450G soporta una potencia de 6.4 [w], y para lograr saturar este valor de potencia se necesita al menos unas 432 llamadas en el protocolo SIP y para el protocolo IAX unas 380 llamadas.



En la figura 32, se observan los resultados matemáticos del consumo energético, para el protocolo SIP, con los cuales se logra saturar el RB450G, se rectifica que este protocolo tiene un crecimiento del consumo de potencia dependiendo al número de llamadas, otra característica que se observa es, a partir de los 6[w] o pasado las 420 llamadas, comienza a cambiar el sentido de la gráfica, en forma horizontal, esto indica que comienza a saturarse el router.

### Gráfica de saturación



*Figura 33.* Gráfica de saturación del RB450G con el protocolo IAX  
Elaborado por: Tatiana Osorio y Evelyn Puetate

En la figura 33 en cambio, se observa el resultado obtenido de las ecuaciones antes mencionadas para el protocolo IAX, en el cual se observa que mantiene la tendencia creciente pero llega a saturarse con un número menor de llamadas.

## **CAPÍTULO 5**

### **PROPUESTA DE MEJORA**

En este capítulo, se va indicara la propuesta a la que se llegó luego de haber realizado el monitoreo, la medición y el análisis el consumo energético de VoIP para protocolos IAX y SIP en función del tráfico de voz.

#### **1.4 Propuesta de mejora**

En base a la monitorización, medición y análisis del consumo energético de VoIP se propone al protocolo SIP como un protocolo de referencia que alcanza un máximo beneficio en el nivel de consumo energético, dado que es un protocolo que cumple con los requerimientos de HTTP Y SMTP a pesar de su lógica simple.

SIP es un protocolo altamente modular, es decir, que es independiente de otros protocolos, por medio de sus invitaciones a las partes de la llamada y al ser independiente de la sesión misma lo hace eficaz reduciendo así el consumo energético de VoIP.

A pesar que SIP es un protocolo que usa tres puertos de comunicación haciendo que necesite procesos adicionales para resolver problemas de NAT, y en algunos casos con la utilización de un servidor STUN, es un protocolo que presenta grandes ventajas al manejar varias llamadas y disminuir costos por transferencia de datos.

Por estos motivos presenta un nivel estandarizado de beneficios respecto a un bajo costo de implementación y a la flexibilidad de la infraestructura tecnológica que permite construir. En este sentido, la principal ventaja que ofrece el protocolo SIP resulta de su carácter alternativo respecto de los sistemas tradicionales de comunicación telefónica, habilitando la integración de un completo servicio de atención de llamadas dentro de sistemas web.

En estos días el problema en cuanto al exceso de consumo energético que presentan los servicios de VoIP se necesita presentar mejoras, para ello SIP se presenta como un protocolo de solución dado que presenta un ahorro del 25% a comparación de otros

protocolos de VoIP, SIP maneja un rango entre 2.15w a 2.35w para 20 llamadas mientras que otros protocolos manejan un rango de 2.16w a 2.46w para la misma cantidad de llamadas, se observa que la diferencia de potencia entre SIP y otros protocolos es de 0.16w poniendo así a SIP como un protocolo de ahorro energético delante de cualquier otro protocolo de VoIP.

El incremento de la corriente en el protocolo SIP va aumentando en un 0.01% promedio, dicho valor va variando dependiendo del número de llamadas dado que a mayor número de llamadas mayor incremento de consumo energético.

Al contrario que IAX presenta un incremento del 0.01% y 0.02% promedio en la corriente producida entre las diferentes llamadas, dado que este protocolo usa servidores troncalizados, presentando así un mayor consumo energético sobre la plataforma VoIP.

En la investigación se usó una tarjeta RB450g, este tipo de tarjetas soporta una potencia máxima de 6.4w, en las pruebas realizadas con el protocolo SIP se demuestra que para llegar a la saturación del tráfico de voz se necesita de 432 llamadas a comparación de otros protocolos que solo dejan realizar un máximo de 380 llamadas. Tomando en cuenta que solo se realizan pruebas de soporte de voz más no de calidad de servicio.

Hay que tener claro que el consumo energético de una red no solo depende de los protocolos que se esté trabajando sino también tiene un papel importante los dispositivos finales como Switch, entre otros y los conectores que se estén empleando para su funcionamiento.

En estos casos el consumo extra energético que presenta un enlace de VoIP variara entre un 10% a la medida final del consumo energético del protocolo utilizado. Para ello es necesario implementar recursos que presenten características de menor consumo energético y así no saturar el umbral de la comunicación VoIP.

Por tanto al finalizar el estudio se comprobó que el consumo energético del protocolo SIP, es menor al de lo demás protocolos y por ende se recomienda el uso de SIP para el levantamiento de centrales telefónicas de VoIP.

## CONCLUSIONES

- Se realizó la implementación del escenario de investigación con el equipo de medición y el método de la resistencia shunt, ya que la resistencia utilizada de 1 (ohm) es menor, la caída de tensión también sería menor, la resistencia shunt es conocida como resistencia de precisión es utilizada para determinar la corriente eléctrica por ese motivo este método resulto muy eficiente por los datos tomados solo tiene un margen de error del 1% al realizar los cálculos correspondientes de la potencia de cada protocolo.
- Se demostró que en los datos tomados al realizar las llamadas respectivas con cada uno de los protocolos IAX y SIP el protocolo con un menor consumo energético es el SIP debido a que al realizar las un promedio de 20 llamadas consecutivas se observó que en cada una de las llamadas el incremento era de un 0.01% así que con los datos obtenidos y las comparaciones entre los dos protocolos arroja que SIP tiene un menor consumo entre cada llamada realizada de un 25% en comparación al protocolo IAX, por lo tanto el protocolo SIP sería óptimo para el levantamiento de una central telefónica de VoIP, ya que también SIP es un protocolo independiente con escalabilidad y facilidad para integrarse con otros protocolos.
- Para lograr dimensionar el tráfico y realizar un análisis, es necesario conocer el tipo de compresión a utilizar en telefonía IP, debido a que de la compresión se obtiene el rendimiento de la calidad de voz en cada llamada, por lo tanto el estudio se lo realizo con el códec G.711 ya que es un estándar de codificación digital que representa una señal de audio en frecuencia de la voz humana, por dicho motivo se trabajó en los dos protocolos con el códec antes mencionado, ya que solo se realizó el tráfico de voz y no se dio otro tipo de servicio.
- Se usó la tarjeta RB450G debido a que tiene una mayor capacidad de memoria que el resto y también tiene un soporte de potencia de 6.4w, para las pruebas realizadas con los distintos protocolos, se demostró mediante una proyección en

base a la fórmula desarrollada por regresión lineal, que se satura la tarjeta con un total de 432 llamadas para el protocolo SIP y para el protocolo IAX un total de 380 llamadas, tomando en cuenta que solo se realiza pruebas de tráfico de voz.

## **RECOMENDACIONES**

- Par estudios futuros se recomienda el mismo estudio propuesto para este trabajo, en una central telefónica con los mismos protocolos IAX y SIP, pero con el protocolo de Internet versión 6 (IPv6).
- Realizar un estudio del consumo energético en VoIP para los protocolos IPv4 e IPv6, para ver cual tiene una mayor consumo, tomando en cuenta la comunicación inalámbrica (WiFi).
- Para obtener resultados más reales se propone realizar la comparación de valores de potencia es recomendable que este estudio se lo realice en una empresa la cual conste con parámetros de calidad de servicio mínimo, para de ahí generar un modelo matemático del cual se logra generar nuevas ecuaciones de potencia, para realizar un análisis como se propuso para este trabajo.

## LISTA DE REFERENCIAS

- BALLINAS, M. J. (03 de 05 de 2012). *Telefonía VoIp y Streaming*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/swannydiaz/telefona-voip-y-streaming>
- Baltic. (s.f.). *networks usa*. Obtenido de <http://www.balticnetworks.com/mikrotik-routerboard-450g-complete-with-aluminum-desktop-enclosure-and-power-supply.html>
- cuánticos, C. (15 de 05 de 2013). *Efecto Hall*. Obtenido de <http://cuentos-cuanticos.com/2013/05/15/el-efecto-hall/>
- Ditutor. (s.f.). *Correlación estadística*. Obtenido de [http://www.ditutor.com/estadistica\\_2/correlacion\\_estadistica.html](http://www.ditutor.com/estadistica_2/correlacion_estadistica.html)
- documentation, M. (13 de marzo de 2014). Obtenido de <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Winbox>
- e-física. (2007). *Shunt de um galvanômetro*. Obtenido de [http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/medidas/shurt\\_galvanometro/](http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/medidas/shurt_galvanometro/)
- ELASTIX. (2006). *Comunicaciones Unificadas con Elastix*. Obtenido de <http://www.elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/informacion.html>
- ELASTIX. (s.f.). *Introduccion a Asterisk*. Obtenido de <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/introduccion-a-asterisk/>
- hunter, A. (2007). *Diseño e implementación de experiencias docentes para el servicio de voz sobreip, mediante la utilizacion de la plataforma asterix IPBX*. Chile.
- JAYA, R. (2014). MONITORIZACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN REDES INALÁMBRICAS WI-FI CON DIFERENTES ESTÁNDARES DE COMUNICACIONES Y VOLÚMENES DE TRÁFICO. Sangolqui.
- Kuga, I. (2012). *Teoría de las Telecomunicaciones*. Obtenido de [http://teotelecomunicaciones.blogspot.com/2012\\_03\\_01\\_archive.html](http://teotelecomunicaciones.blogspot.com/2012_03_01_archive.html)
- Mattei, L. (2001). *Electro you*. Obtenido de <http://www.electroyou.it/luka889/wiki/labobina-di-rogowski>
- MikroTikSIA. (2009). *RouterBOARD 450G Series*. Copyright.
- Olivia, J. (s.f.). *ELASTIX CALLCENTER LA GUIA TOTAL*. Obtenido de <https://jroliva.wordpress.com/howto-elastix-callcenter-%C2%A8la-guia-total%C2%A8/>

Samaniego, C. A. (2011). *Implementacion de una central PBX basada en Asterix*.  
cuenca.

Sarango, W. (2011). *Imprementacion de bases backaul para el backbone de un wisp  
mediante el uso del sistema operativo routers*. quito.

Teorema, A. (Dirección). (2012). *Ejemplo de regresión linal* [Película].

txipi, E. b. (2006). *Seguridad en VoIP*. Obtenido de  
<http://blog.txipinet.com/2006/10/11/38-seguridad-en-voip-i-cracking-de-contrasenas-sip-en-gnu-linux/>

Vitutor. (2012). *correlación*. Obtenido de  
<http://www.vitutor.com/estadistica/bi/correlacion.html>

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Configuración de Elastix, extensiones y softphone zoiper

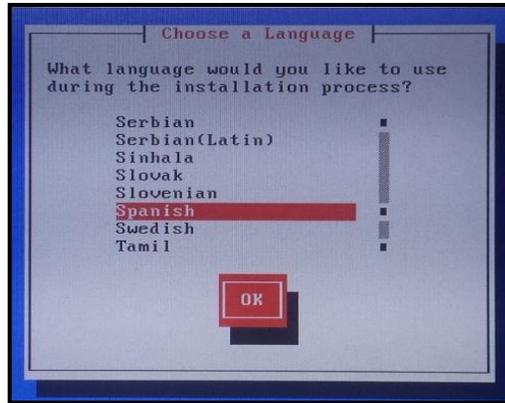
Con el avance de las tecnologías a diario se va buscando herramientas que tengan ventaja sobre las existentes, para PBX existes varios, el más usado para esta telefonía es Elastix, el cual es un servidor creado en la plataforma Linux Centos. Es un centro unificado en el cal se puede activar servicios como FAX, Email, mensajería instantánea, videoconferencia, llamadas simultaneas, transferencias, entre otros. En este trabajo se instalará a partir de un IOS el cual se pude descargar desde la página oficial de Elastix. Se comenzará gravando el IOS en un CD booteable, ya que el servidor se creará en una computadora real.

Para empezar al ingresar el CD aparece esta imagen, se da **enter** y comenzará la instalación, carga y lee todos los archivos.

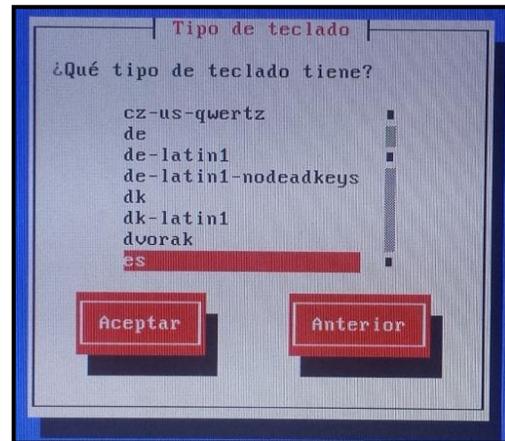


Imagen inicial de Elastix

Luego se seleccionará el lenguaje y el tipo de teclado que va a tener el servidor. Con lo cual se generará la configuración y permanecerá trabajando el servidor durante su tiempo de vida

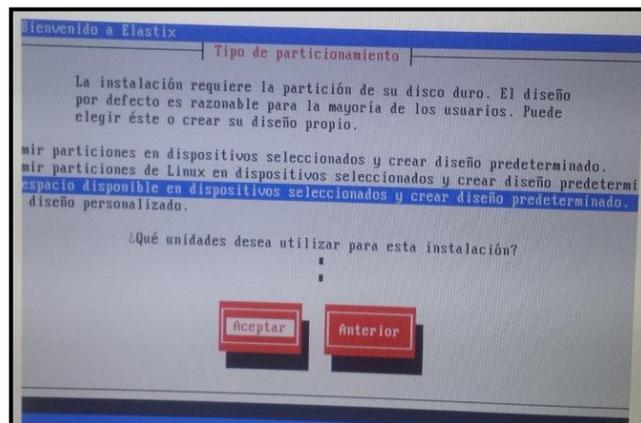


Configuración de idioma

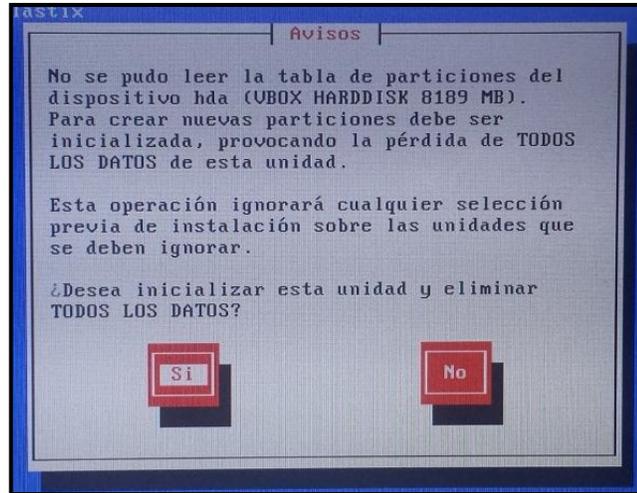


Configuración de teclado

Para seleccionar la capacidad del disco con el que se va a trabajar, se selecciona en particiones **usar todo el espacio disponible en dispositivos seleccionados y crear diseño predeterminado**, luego aparecerá una ventana con un aviso en el cual pide la confirmación para inicializar y eliminación de los datos y la inicialización de la unidad.

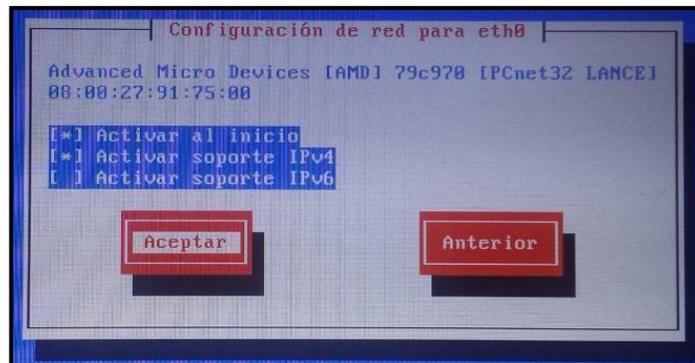


Particiones del disco

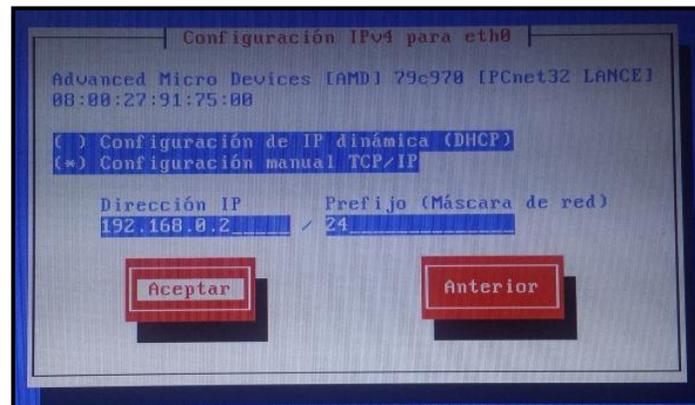


Confirmación de particiones

Se configuró la tarjeta de red eth0, la cual activamos el parámetro IPV4 y que la activación sea al inicio, configuramos la IP estática que va a ser por la cual ingrese al servidor en este trabajo va ser 192.168.0.2, al igual su puerta de enlace y el nombre del host.

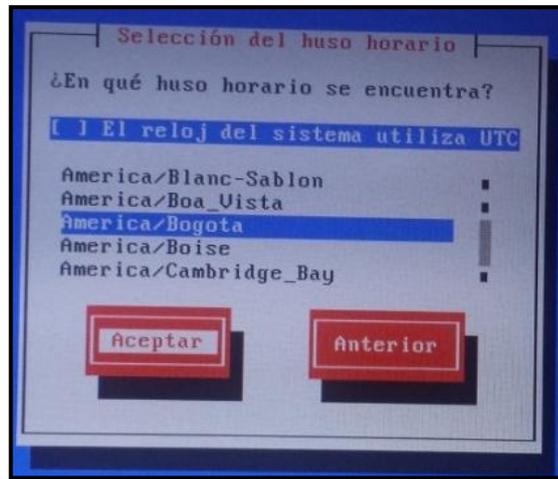


Configuración de red

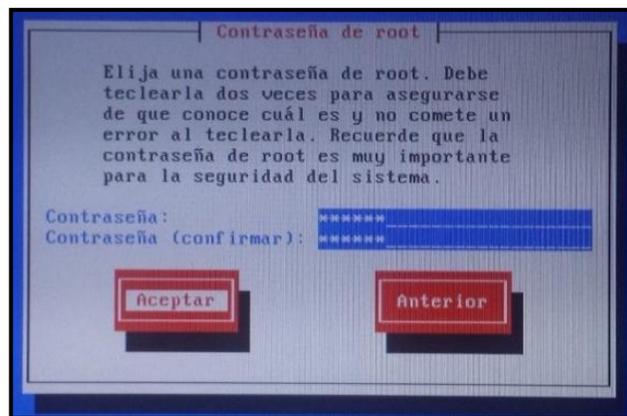


Configuración de IP

Se procede a configurar la zona horaria y se debe insertar una clave o contraseña la cual permita el ingreso seguro en el **root**, y todo el sistema del servidor.

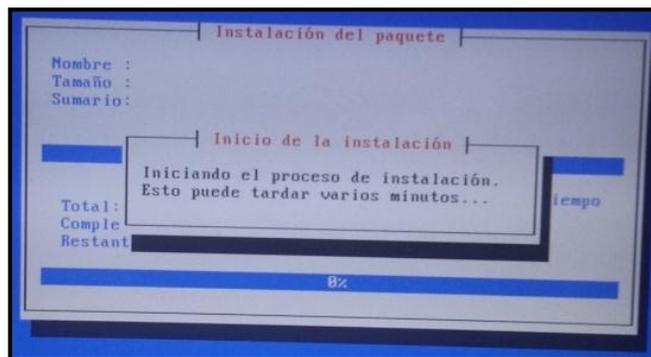


Selección de zona horaria

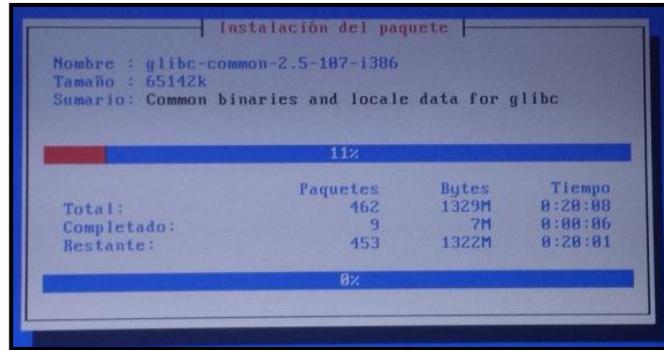


Configuración de contraseña

Comienza la instalación del programa y se debe esperar un tiempo hasta que termine de cargarse todo los archivos.

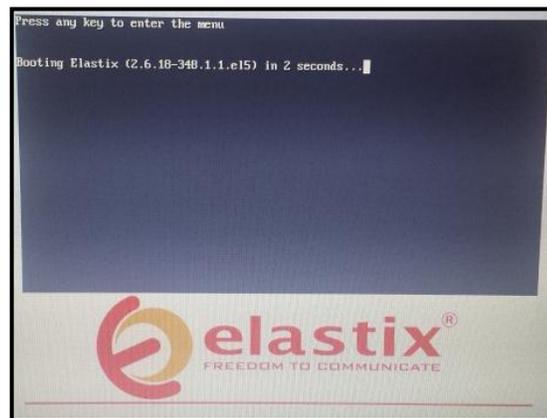


Inicio de la instalación



Proceso de instalación

Al terminar la instalación se reinicia por primera vez el servidor, y pide colocar una contraseña para la cuenta root de MySQL y freePBX admin y su reconfirmación.



Reinicio del programa



Confirmación de contraseñas

Al finalizar toda la instalación, se hace login con la cuenta root y la contraseña que programó anteriormente, damos **enter** y aparece la dirección IP que se programó para ingresar al ambiente grafico de Elastix por medio de un navegador web.

```
CentOS release 5.9 (Final)
Kernel 2.6.18-348.1.1.el5 on an i686

servidor login: root
Password: _
```

Ingreso al root

```
CentOS release 5.9 (Final)
Kernel 2.6.18-348.1.1.el5 on an i686

tessss login: root
Password:
Last login: Fri Jan 23 03:58:57 on tty1

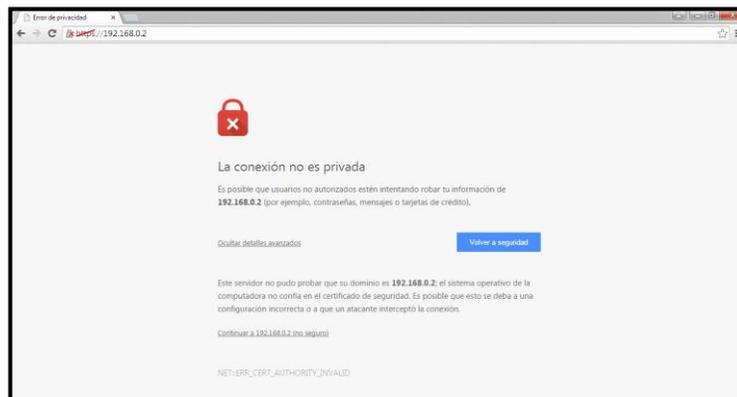
Welcome to Elastix
-----
Elastix is a product meant to be configured through a web browser.
Any changes made from within the command line may corrupt the system
configuration and produce unexpected behavior; in addition, changes
made to system files through here may be lost when doing an update.

To access your Elastix System, using a separate workstation (PC/MAC/Linux)
Open the Internet Browser using the following URL:
http://192.168.0.2

[root@tessss ~]# _
```

Bienvenido a Elastix

En el navegador se ingresa la IP del servidor para ingresar a la plataforma, en nuestro caso **https://192.168.0.2**, en algunos casos aparece un error, esto se debe a los certificados de Elastix, se selecciona continuar de todos modos y se ingresa a la interfaz web de Elastix. Se hace login con la cuenta admin y la contraseña programada.



Permiso del navegador



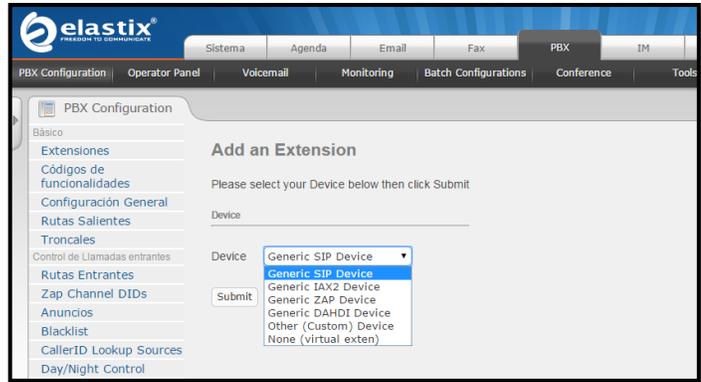
Admin y contraseña para ingresar

Al ingresar a la plataforma Web de Elastix, se observará diferentes pestañas en las cuales se inicia a configurar todas las características del servidor que desea levantar, en este caso solo se levantará llamadas simples.



Plataforma grafica de Elastix

Para iniciar la configuración de las extensiones, se selecciona la pestaña PBX y en nueva extensión se selecciona con que protocolo se inicia la configuración de dicha extensión en este caso primero se realiza para SIP y luego el mismo proceso es para IAX.



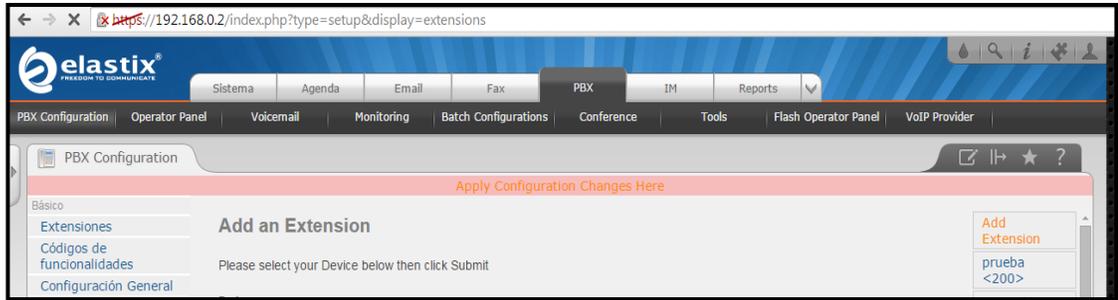
Configuración en PBX

Cada una de las extensiones debe tener un número único y los tres parámetros principales que se debe llenar es el número de la extensión, el nombre que va a llevar, el código del lenguaje y la clave.

Creacion de extensión

Clave y lenguaje de la extension

Es muy importante luego de guardar la configuración y para que los cambios sean se guarden debemos dar clic en la franga sosada que aparece en la parte superior (apply change) para que se guarde toda la información, y en el lado derecho comienza a visualizarse las extensiones creadas.



Confirmación para guardar cambios

Se puede crear un listado de todas las extensiones a manera de una base de datos para tener un control con mayor facilidad de las características de cada extensión.

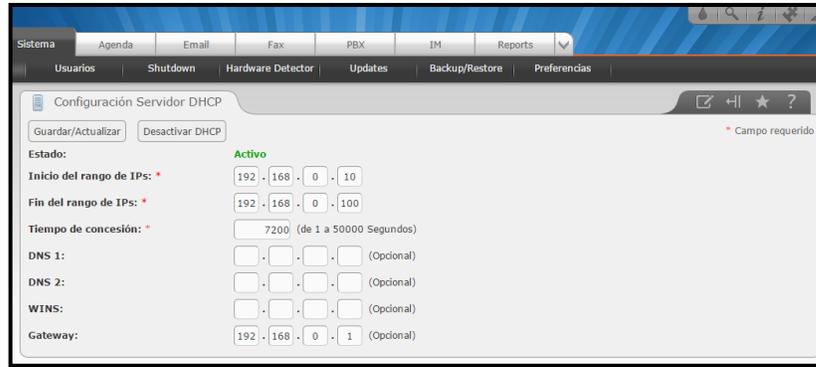
Login	Nombre	Grupo	Extensión
admin		Administrador	La extensión no ha sido asociada
taty	taty	Administrador	201
eve	eve	Administrador	202
rodr	rodr	Administrador	203
henry	henry	Administrador	204
raul	raul	Administrador	205
beth	beth	Administrador	206
jesu	jesu	Administrador	207
mariana	mariana	Administrador	208
marco	marco	Administrador	209
jeny	jeny	Administrador	210
maritza	maritza	Administrador	211
fabian	fabian	Administrador	212

Lista de extensiones

Editar	Eliminar		
Login:	eve	Nombre (Ej. John Doe):	eve
Contraseña:	****	Confirmar Contraseña:	****
Grupo:	Administrador	Extensión:	202
Perfil de Mail			
Usuario de Webmail:		Dominio de Webmail:	
Contraseña de Webmail:			

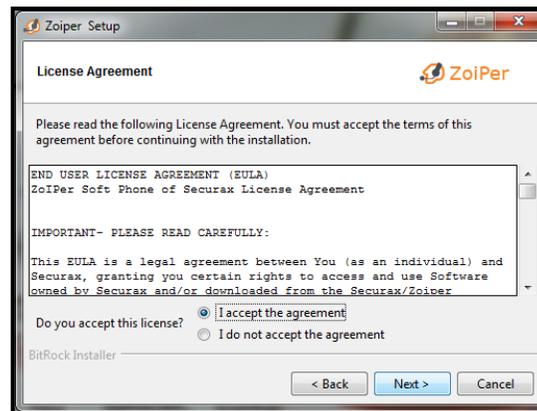
Características de cada extensión

En este caso el servidor va a ser el que da el direccionamiento a los clientes por medio de DHCP, el cual se configurara en la pestaña sistema y la opción network, ahí se indicara desde que rango inicia y hasta rango de dirección va a estar permitido enviar dhcp.

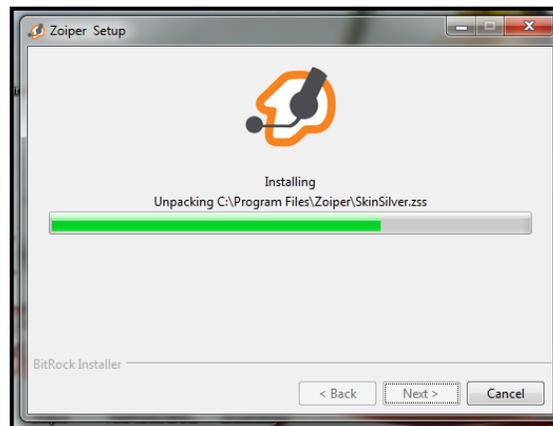


Creación del DHCP

Zoiper es un softphone gratuito y de fácil instalación como lo veremos a continuación, fue elegido ya que soporta los dos protocolos que se está investigando. Para iniciar con la instalación del softphone, debemos descargarnos setup, se da permiso para su instalación y se aceptan las condiciones y se da siguiente hasta que inicie la configuración.

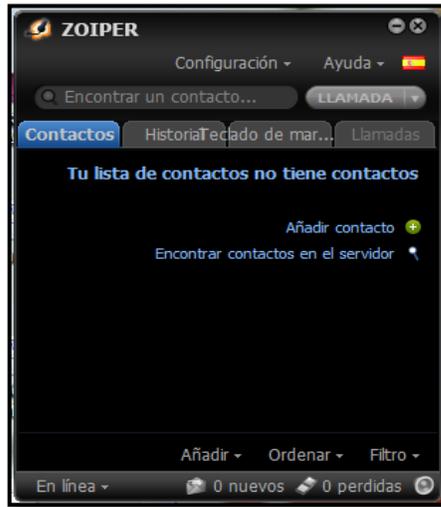


Términos y condiciones de Zoiper

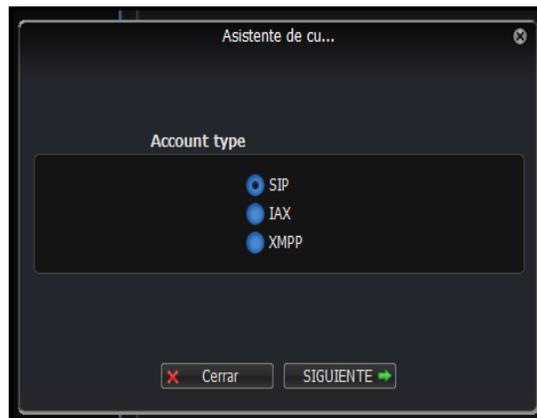


Instalación del Zoiper

La configuración de cada extensión se realiza de forma individual, por lo cual luego de haber instalado el softphone, en configuraciones se selecciona preferencias y se abre un cuadro en el cual seleccionamos nueva cuenta y se abre una ventana en la cual se selecciona el tipo de extensión (sip/iax).

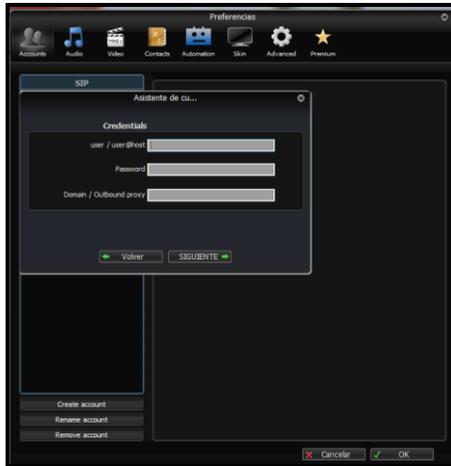


Plataforma instalada



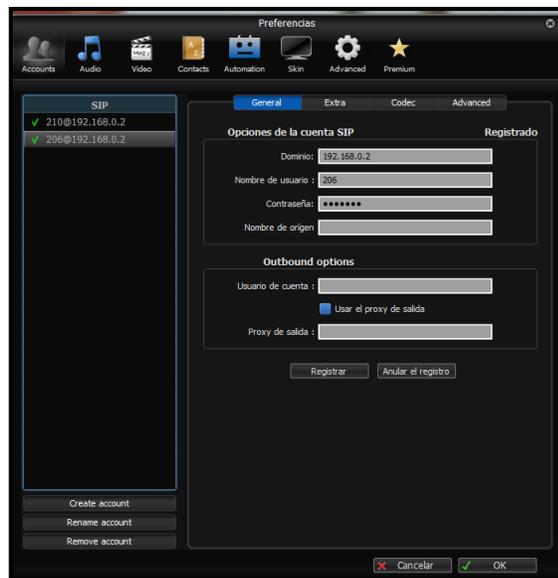
Selección de protocolos

Luego de seleccionar el tipo de extensión a ser creada, se abre una nueva ventana en la cual se llenará los parámetros como la extensión, la clave, la ip del servidor y damos click en crear.



Parámetros para instalar una extensión

Para identificar que una extensión está bien activada aparece un visto de color verde en la parte izquierda junto al número y la IP. Con esta instalación se termina el proceso y se puede realizar llamadas dentro del servidor con los distintos clientes.



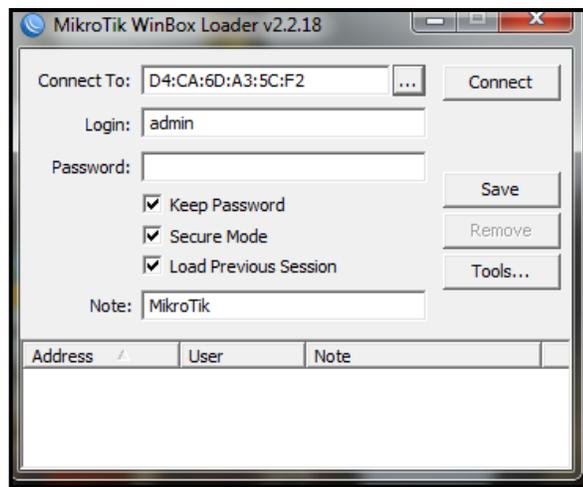
Activación de extensiones

## Anexo 2.

### Configuración de la tarjeta Mikrotik RB450G

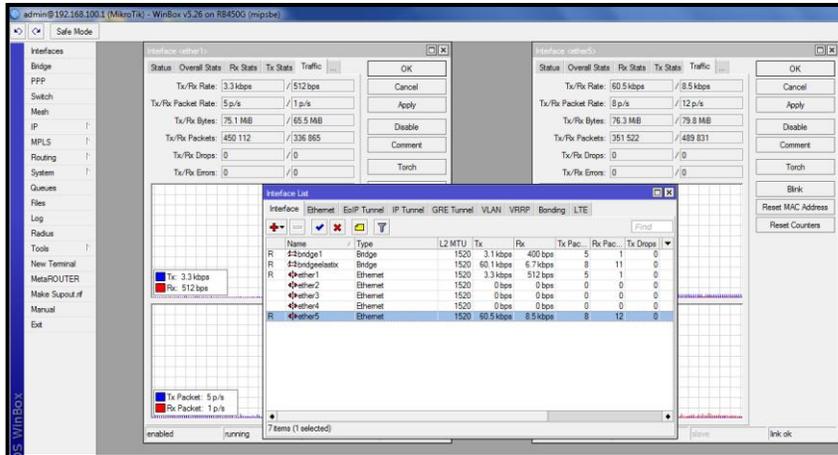
Para la configuración de la tarjeta RB456G se usa el software Winbox, ya que se usa específicamente para la administración de RouterOS Mikrotik, trabaja con una interfaz gráfica rápida y sencilla. Es de fácil instalación y es libre para poder descargarse.

Para conectarse al router se ingresa mediante IP o la dirección MAC del router y haga clic en conectar.



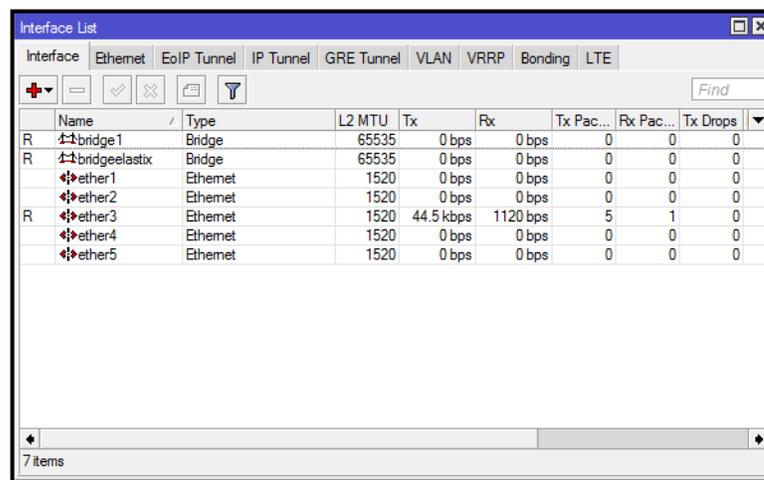
Winbox

Winbox tiene interfaz MDI lo que significa que toda la configuración del menú viudas están asociadas a principal Winbox ventana y se muestran en el área de trabajo. Las ventanas secundarias no pueden ser arrastradas fuera del área de trabajo. También tiene una barra de herramientas en la parte superior y una barra de menú y submenús a lado izquierdo.



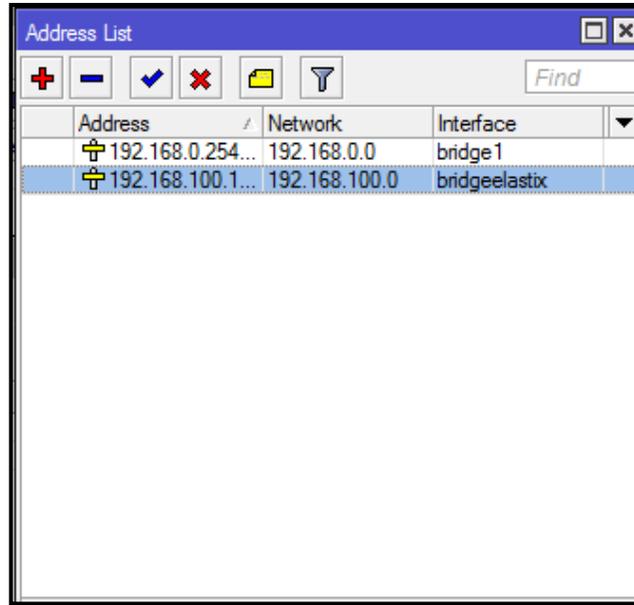
Configuración del RB450G

Para comenzar con la configuración, se debe ingresar a interfaces, para configurar las que se va a usar en nuestro caso en el ether1 entrada del servidor y en el ether5 salida a los clientes.



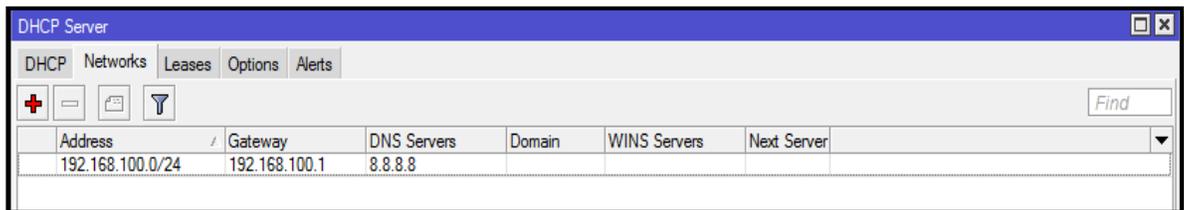
Interfaces utilizadas

Ingresamos a address para dar la dirección IP para cada puerto en nuestro caso se observara a continuación.

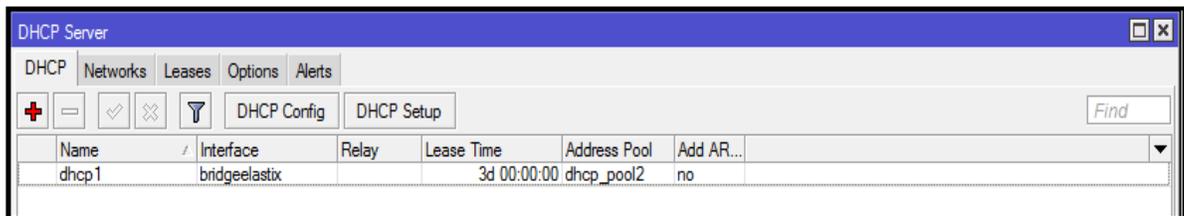


Lista de direcciones utilizadas

Luego de haber configurado las ip en los puertos Ethernet, debemos realizar un DHCP server extra en el router para que asigne automáticamente las ip a los clientes. Para esto en DHCP SERVER, agregamos la dirección como un pool de direcciones y asignamos a la interfaz, también se puede modificar el rango de direcciones.

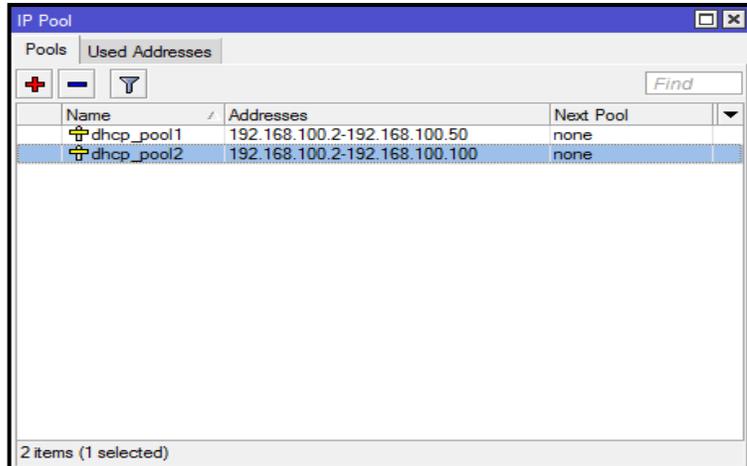


Creación del DHCP



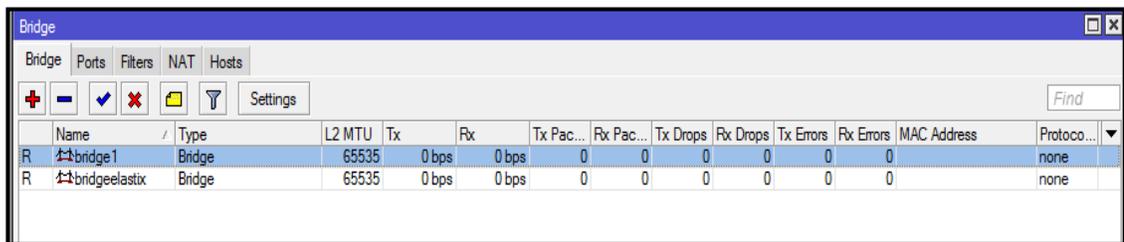
DHCP conectado al puente

Para comprobar que los pool estén bien creados se puede ir a ip pool y hay nos aparece todos los pool creados junto a sus rangos de direcciones



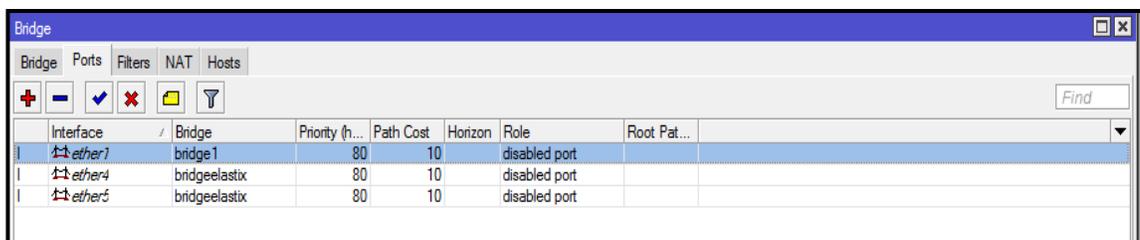
Pool creados

Para tener una buena conexión y que se transmita por un solo canal los datos del servidor se debe realizar un puente entre los puertos Ethernet que se están trabajando. Para esto se ingresa a bridge y configuramos un puente con un nombre para reconocerlo.



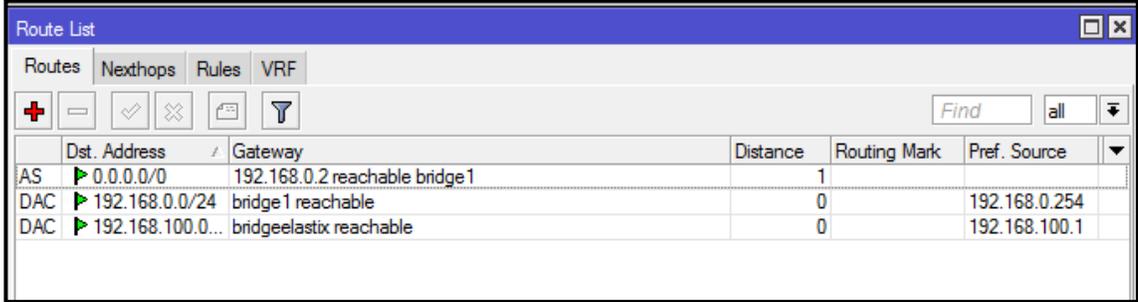
Creación de puente

Luego de haber creado el puente se asigna los puertos que se desea que sean parte de dicho puente.



Puertos conectados al puente

Luego de haber configurado, en la ventana de router list, se puede observar toda la configuración y el estado de cada puerto ahí se observa si está trabajando o no hay alguna comunicación, de igual manera se observa las direcciones que están configuradas en el router.



The screenshot shows a window titled "Route List" with a blue header bar. Below the header are tabs for "Routes", "Nexthops", "Rules", and "VRF". The "Routes" tab is active. There are several icons for route management (add, delete, check, etc.) and a search bar labeled "Find" with a dropdown menu set to "all". The main area contains a table with the following data:

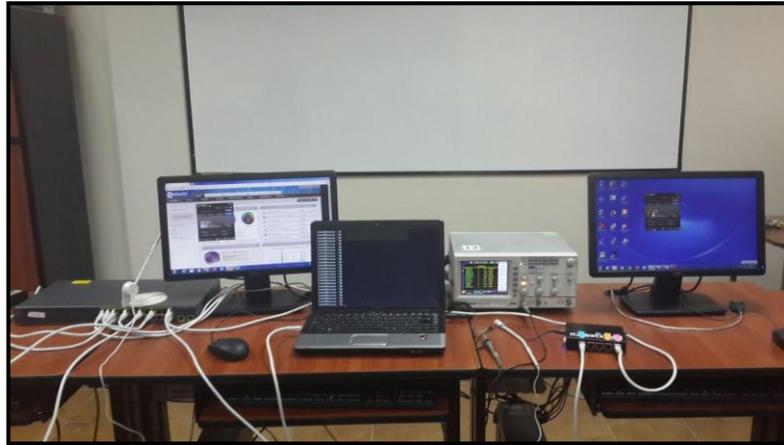
	Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
AS	0.0.0.0/0	192.168.0.2 reachable bridge1	1		
DAC	192.168.0.0/24	bridge1 reachable	0		192.168.0.254
DAC	192.168.100.0...	bridgeelastix reachable	0		192.168.100.1

Listado de configuraciones realizadas

### Anexo 3.

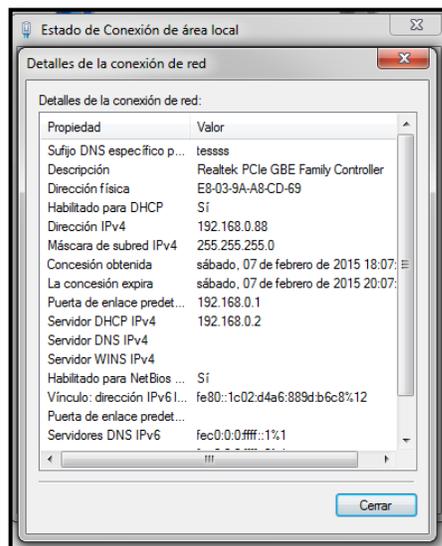
#### Pruebas de conectividad entre servidor y clientes

Se describirá las pruebas realizadas para comprobar la conectividad del enlace, y la comunicación entre los clientes. También el funcionamiento del router por medio de sus interfaces.



Escenario de investigación

Cuando ya está levantado el sistema lo primero que se comprueba, es el DHCP del servidor esté funcionando, dando direcciones aleatorias a los diferentes clientes.



Comprobación de DHCP

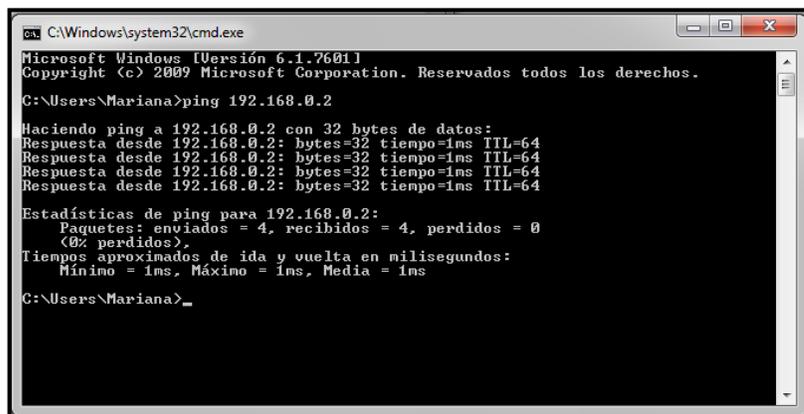
Para ver que el servidor tenga conectividad con los clientes pueden realizar un ping del servidor a cualquier cliente conectado, si no hay perdidas es que hay buena comunicación.

```
[root@tessss ~]# ping192.168.0.88
-bash: ping192.168.0.88: command not found
[root@tessss ~]# ping 192.168.0.88
PING 192.168.0.88 (192.168.0.88) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=1 ttl=128 time=1.39 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=2 ttl=128 time=0.321 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=3 ttl=128 time=0.371 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=4 ttl=128 time=0.325 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=5 ttl=128 time=0.356 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=6 ttl=128 time=0.398 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=7 ttl=128 time=0.334 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=8 ttl=128 time=0.289 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=9 ttl=128 time=0.313 ms
64 bytes from 192.168.0.88: icmp_seq=10 ttl=128 time=0.307 ms

--- 192.168.0.88 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 8991ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.289/0.448/1.398/0.316 ms
[root@tessss ~]#
```

Ping del servidor a los clientes

De igual manera se prueba desde el cliente hacia el servidor, obteniendo resultados positivos.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Mariana>ping 192.168.0.2

Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Users\Mariana>_
```

Ping de cliente a servidor

Otra forma de comprobar la conectividad de circuito es por medio del RB450G, se ingresa a Winbox y en terminal y realizamos ping con los puertos de conexión. La primera prueba es la comunicación con el servidor y se observa que no existen paquetes perdidos.

```

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ping 192.168.0.2
HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
192.168.0.2         56  64 0ms
sent=7 received=7 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=0ms

```

Ping desde el RB450G hacia el servidor

También se comprueba la comunicación de los puertos de salida Ethernet del router con el servidor y los clientes.

```

[admin@MikroTik] > ping 192.168.100.1
HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
192.168.100.1       56  64 3ms
192.168.100.1       56  64 4ms
192.168.100.1       56  64 0ms
192.168.100.1       56  64 3ms
192.168.100.1       56  64 0ms
192.168.100.1       56  64 7ms
192.168.100.1       56  64 0ms
sent=7 received=7 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=2ms max-rtt=7ms

```

Comunicación con el puerto de salida

```

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ping 192.168.0.254
HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
192.168.0.254       56  64 0ms
192.168.0.254       56  64 0ms
192.168.0.254       56  64 3ms
192.168.0.254       56  64 9ms
192.168.0.254       56  64 8ms
192.168.0.254       56  64 7ms
192.168.0.254       56  64 5ms
192.168.0.254       56  64 2ms
192.168.0.254       56  64 3ms
sent=9 received=9 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=4ms max-rtt=9ms

```

Comunicación con el puerto de entrada

Otra prueba también es verificar la conexión con los clientes, como se observa no existe perdidas de paquetes.

```
[admin@MikroTik
[admin@MikroTik] > ping 192.168.100.17
HOST                SIZE  TTL  TIME  STATUS
192.168.100.17      56    128  0ms
sent=10 received=10 packet-loss=0% min-rtt=0ms avg-rtt=0ms max-rtt=0ms
```

Comunicación con un cliente

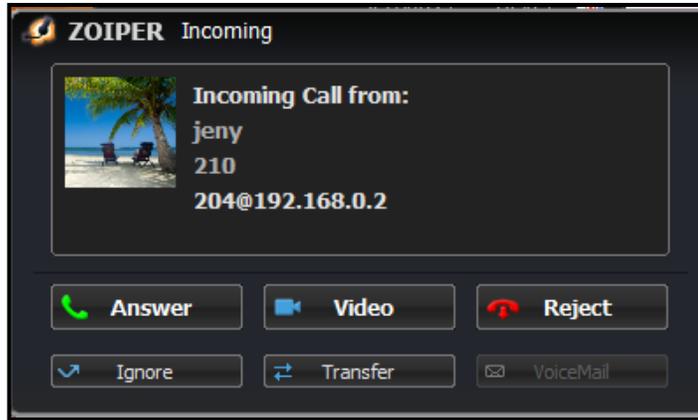
**Prueba de establecimiento de llamadas mediante el softphone para cada protocolo.**

Luego de haber configurado el softphone en cada uno de los clientes, se realizan pruebas para verificar que las llamadas se realicen de forma correcta. Partiendo desde la ventana principal de zoiper en la cual se ingresa el número al cual se llamará.



Teclado del Zoiper

Aquí se puede ver la llamada que se está realizando desde la extensión 210 a la extensión 204.



Inicio de llamada

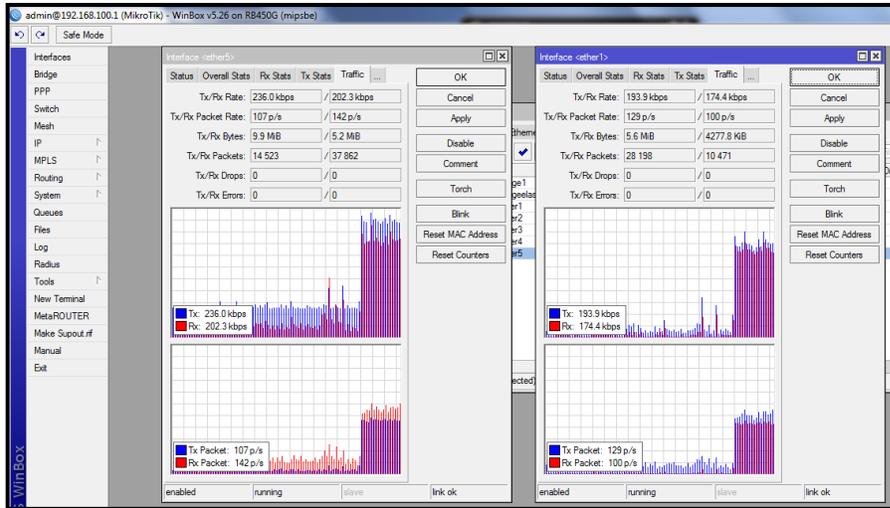
Se observa que se activa en la pantalla del computador una ventana en la cual se tiene las opciones de contestada la llamada o de rechazarla, así se establece comunicación, es el mismo principio de la telefonía tradicional.



Establecimiento de llamada

Al ser contestada se establece la comunicación, esto indica que el proceso se realizó de forma satisfactoria.

En la plataforma del RB450G también se puede observar el estado de cada llamada al ser establecida, se observa todas las características que nos ofrece el router, a su vez indica gráficamente si una llamada se estableció o si ya culminó.



Monitoreo de los puertos mediante WinBox

#### Anexo 4.

#### Método de regresión lineal.

El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo. El objetivo de un análisis de regresión es determinar la relación que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Cuando se trata de una variable independiente, la forma funcional que más se utiliza en la práctica es la relación lineal.

$$a = \bar{X} - b\bar{t}$$

$\bar{X}$  Promedio de la variable dependiente (Ventas o Demanda)

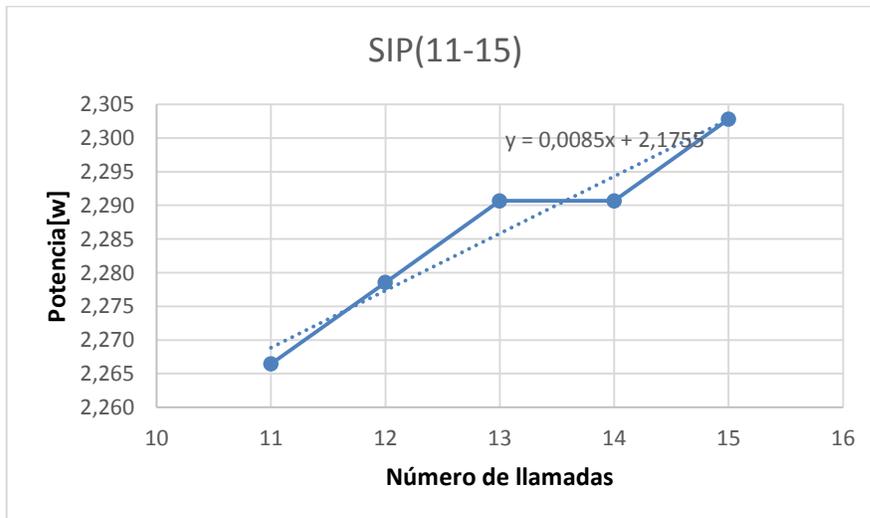
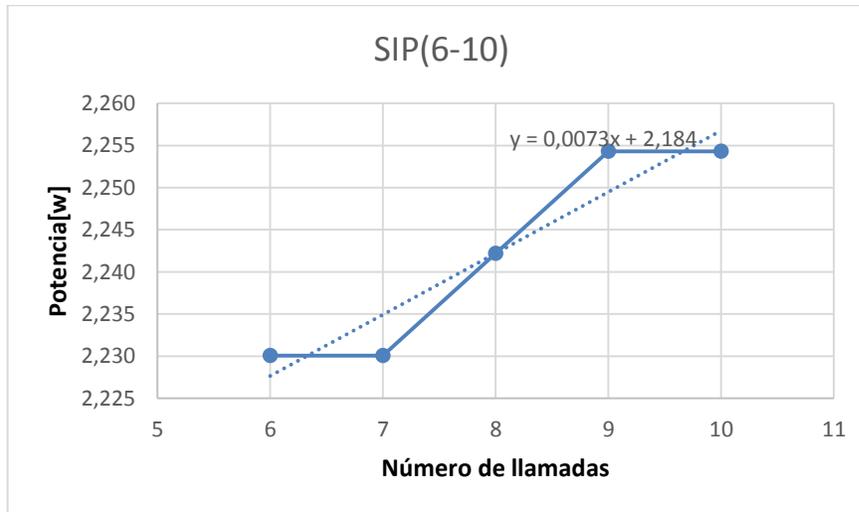
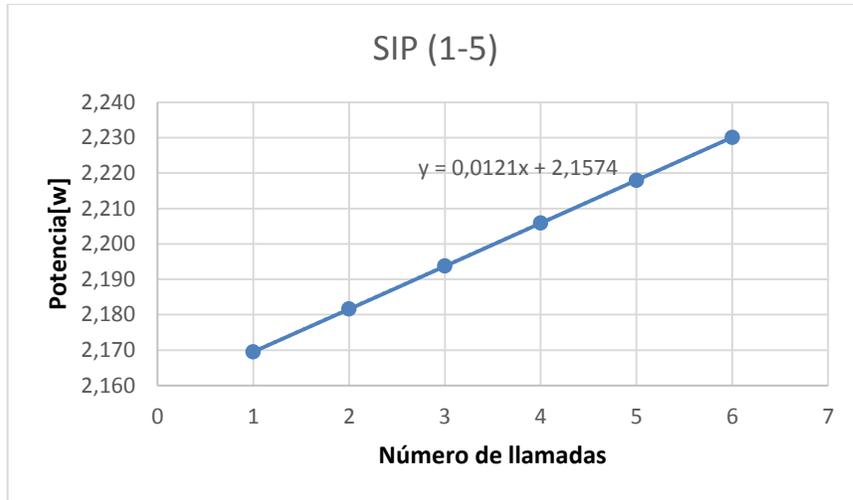
$\bar{t}$  Promedio de la variable independiente (Tiempo)

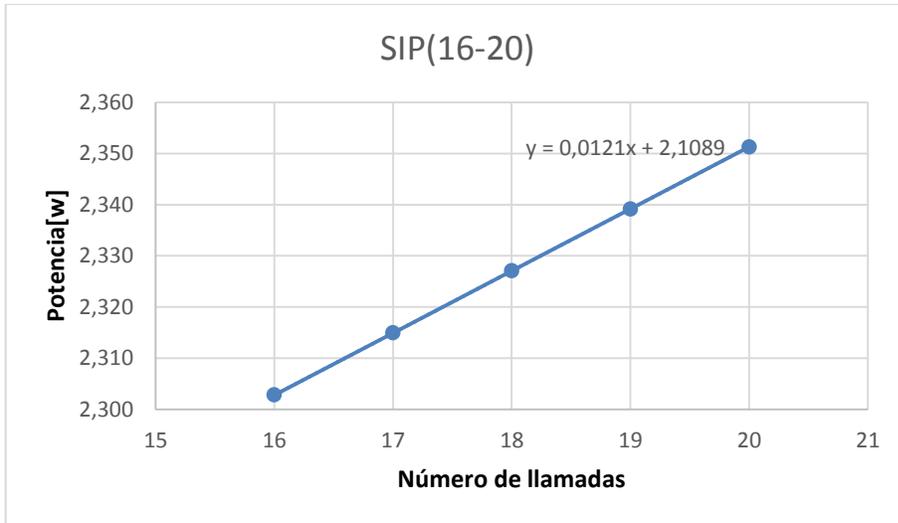
$b$  Pendiente (positiva o negativa)

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i t_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n t_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - [\sum_{i=1}^n t_i]^2}$$

#### Imágenes del protocolo SIP







### Imágenes del protocolo IAX

