



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
SERVICIO ENTRE INFRAESTRUCTURA PBX DE VOIP EN
IPV6”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

LICENCIADO EN REDES Y SISTEMAS OPERATIVOS

JORGE ABRAHAM SALAZAR VIVAS

ALVARO JOSÉ VALLA LEMA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres por brindarme todo el apoyo en los estudios, y por inculcarme un valor muy importante como es la lealtad; también un especial agradecimiento a Dora Minango, Wellington Choez y Darwin Barzola.

Jorge Salazar

Agradezco a Dios por permitirme realizar una meta en mi vida profesional, a mi familia que siempre me apoyó e impulsó a seguir, y a todos los compañeros que compartieron en este camino de conocimiento.

Alvaro Valla Lema

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, que gracias a ellos estoy alcanzando estas metas.

Jorge Salazar

Dedico este proyecto a mis padres Rosa Lema y Jorge Valla por ayudarme y permitirme alcanzar nuevas metas.

Alvaro Valla Lema

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
Ing. Jose Patiño Sanchez

PROFESOR EVALUADOR

.....
Ing. Jorge Magallanes Borbor

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Jorge Salazar Vivas

.....
Alvaro Valla Lema

RESUMEN

En la actualidad cada día crece el uso de la tecnología VoIP y del protocolo IPv6, a pesar de ello, los usuarios no alcanzan a comprender los beneficios que ambas ofrecen, es por eso que se ha hecho esta investigación donde se ha realizado la comparación del rendimiento y la calidad de servicio entre Asterisk y Elastix, que son programas desarrollados para implementar infraestructuras PBX de VoIP, con el objetivo de ver cómo operan y cuáles son sus ventajas.

La implementación de la infraestructura para realizar las pruebas y recolectar la información se realizó en un ambiente virtualizado, utilizando un servidor Asterisk, un servidor Elastix y dos clientes que usan la aplicación de VoIP Linphone para cada uno de ellos. El tráfico de red fue capturado y analizado con la aplicación Wireshark.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para las pruebas fueron el Jitter máximo, el Jitter medio, la pérdida de paquetes y el retardo. Estos datos se compararon con los umbrales aceptados para la calidad de voz en telefonía establecidos por la norma ITU-T P800, datos que fueron recolectados en el emisor y receptor.

Comparando los resultados obtenidos tanto en Asterisk como en Elastix se pudo observar que Elastix presenta un retardo de 221,6 ms con respecto a Asterisk que presenta 42,01 ms en el receptor. Sin embargo, cabe recalcar que en ambos no existe pérdida de paquetes.

Según los umbrales, ambas plataformas ofrecen una buena calidad de comunicación, aunque el Retardo en el receptor de Elastix es muy elevado; algo que no es favorable por lo que se recomienda implementar estas plataformas con Asterisk.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivo Específico	2
1.3 Metodología	3
1.4 Antecedentes	4
1.5 Marco Teórico	4
1.5.1 Calidad de servicio	4
1.5.2 Técnicas de calidad de servicio	7
1.5.3 IPv6	8
1.5.4 Espacio y direccionamiento	8
1.5.5 Prefijos y notación	9
1.5.6 Tipos de direcciones IPv6	10
1.5.7 QoS en IPv6	12
1.5.8 VoIP	14

1.5.9	Ventajas y desventajas de la VoIP	17
1.5.10	Protocolos que intervienen en VoIP	18
1.5.11	Estructura de una red VoIP	26
1.5.12	IP PBX	30
1.5.13	Tipos de IPBX.....	31
1.5.14	Terminales que intervienen en telefonía IP	37
CAPÍTULO 2		40
2. DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN.....		40
2.1	Requisitos para implementar PBX	40
2.2	Implementar QoS en PBX.....	41
2.3	Diferencia entre Elastix y Asterisk con respecto a funcionalidad y QoS	42
CAPÍTULO 3		43
3. PRUEBAS.....		43
3.1	Descripción de los equipos.....	43
3.2	Descripción del ambiente de trabajo.....	44
3.3	Análisis de tráfico en Elastix	45
3.4	Análisis de tráfico con Asterisk	52
3.5	Comparativas de tráfico entre Asterisk y Elastix	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		61
BIBLIOGRAFÍA		63
ANEXOS		66

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Es cada vez más frecuente el uso de las redes VoIP sobre todo en el ámbito empresarial, ya que su implementación conlleva un gran ahorro de dinero y brinda grandes ventajas, pero existen algunos problemas que impiden su crecimiento, tal como estos; la falta de calidad de servicio, mantener una señal íntegra en la comunicación de extremo a extremo y los problemas de seguridad.

Hoy en día han aparecido nuevas generaciones de redes VoIP basadas en IPv6 que tratan de solucionar estos problemas; esta investigación busca abordar sobre cómo este nuevo protocolo maneja la calidad de servicio y el rendimiento. Usando dos plataformas PBX como lo son Asterisk y Elastix para realizar una comparativa y así determinar cuál de los dos ofrece un buen servicio en la comunicación.

1.1 Justificación

Actualmente IPv4 es el protocolo de Internet mas usado, y por el crecimiento de los equipos, las direcciones ha escaseado; por este motivo ha surgido el protocolo IPv6 y se está migrando a él, pero todavía no ha sido implementado completamente.

El uso de este protocolo esta en aumento como se muestra en la Figura 1.1, el documento toma en cuenta dos aspectos importantes a evaluarse como la calidad de servicio y el rendimiento en la VoIP sobre IPv6, comparando dos plataformas PBX para observar cómo actúan los parámetros antes mencionados.

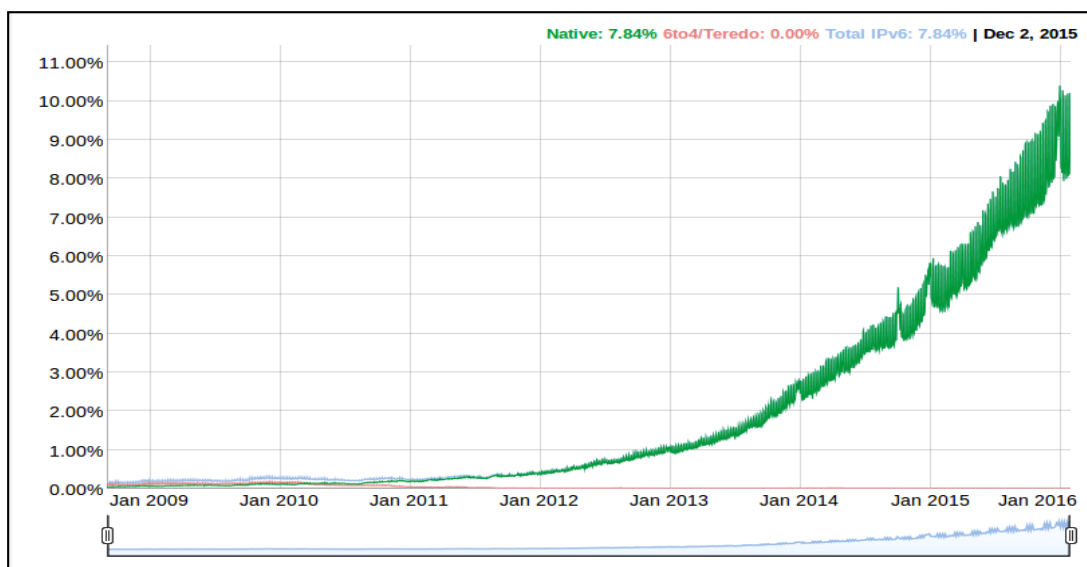


Figura 1. 1: Crecimiento de los usuarios IPv6

1.2 Objetivos

Implementar dos infraestructuras PBX de VoIP, con el objetivo de analizar los parámetros con relación a la calidad de servicio.

1.2.1 Objetivo General

Realizar un análisis sobre algunos parámetros que conciernen a la calidad de servicio en el tráfico que se genera entre los usuarios de las plataformas Asterisk y Elastix, con el fin de determinar cuál tiene un mejor rendimiento.

1.2.2 Objetivo Específico

- Investigar sobre las facilidades que brindan las plataformas Asterisk y Elastix para realizar una administración eficiente.
- Investigar sobre cómo implementar calidad de servicio en las

plataformas Asterisk y Elastix.

- Implementar las centrales telefónicas Asterisk y Elastix para realizar las pruebas.
- Hacer una comparativa entre ambas plataformas para determinar cómo varían los parámetros de calidad de servicio y rendimiento.

1.3 Metodología

Se realizarán 4 fases en el desarrollo del proyecto.

Primera fase: Investigación

Investigar sobre la forma en que operan las plataformas IPBX, sus características, tráfico que se utilizará. ventajas y desventajas. Además averiguar sobre los campos que utiliza IPv6 para brindar calidad de servicio y buscar todas las funcionalidades de las diferentes aplicaciones utilizadas en VoIP. Por último, aprender sobre cómo trabaja Wireshark que es el analizador de

Segunda fase: Implementación

Una vez que se haya culminado con la fase de investigación, se implementará la infraestructura de VoIP sobre IPv6.

Tercera fase: Pruebas

Estas consisten en hacer una gran cantidad de llamadas usando Asterisk y Elastix. Utilizando el wireshark capturar todos los paquetes de voz que transitan en la red para observar los parámetros como el Jitter máximo y medio, el retardo

y la pérdida de paquetes con la finalidad de recoger los datos para realizar un análisis comparativo de ambas plataformas.

Cuarta fase: Conclusiones

Mostrar los resultados de dichos análisis y concluir cuál de las dos plataformas ofrece una comunicación de calidad.

1.4 Antecedentes

Actualmente las limitaciones que presenta el protocolo IPv4 tales como el limitado número de direcciones disponibles, el tipo de servicio y la seguridad al momento de generar tráfico en las redes IP nos lleva a buscar nuevas tecnologías que superen estos inconvenientes. Por este motivo ha surgido como alternativa el protocolo IPv6, que ofrece un mayor espacio de direccionamiento, mejor calidad de servicio y seguridad de forma nativa.

1.5 Marco Teórico

En el marco teórico se tratará sobre lo que concierne a los conceptos acerca de la calidad de servicio, los motivos que afectan la calidad de servicio, IPv6, como se implementa la calidad de servicio en IPv6 y todo lo que tiene que ver con VoIP.

1.5.1 Calidad de servicio

La calidad de servicio (QoS por sus siglas en inglés) es la capacidad que poseen las redes para ofrecer un buen servicio a las diferentes aplicaciones en detrimento de otras.

El tráfico de VoIP es muy delicado en lo que respecta a pérdida de paquete y Jitter porque pueden presentarse problemas como [2]:

- Audio entrecortado
- Sonidos que faltan
- Pausas excesivamente largas en las conversaciones
- Interrupción de la persona que habla por otra

Esto hace que establecer QoS en redes de VoIP se haga sumamente prioritario.

Los principales enemigos que tiene la VoIP, es donde se requiere establecer QoS.

Estos enemigos son:

Ancho de Banda

Los paquetes que se generan en una comunicación de VoIP pasan por una serie de enlaces tanto LAN como WAN y esto puede generar que exista una congestión para evitar estos problemas optaremos por una de las siguientes opciones:

- Aumentar el Ancho de Banda
- Colas

- Compresión

Retardo

Es la suma de los retardos acumulados desde el origen hacia el destino [3].

Existendos tipos de retardo:

Retardo Fijo.- El tiempo de retardo no varia cuando un paquete es enviado

Retardo Variable.- El retardo depende de una diversidad de factores como la capacidad que tienen los routers para procesar un paquete.

Para evitar este tipo de retardos existen soluciones como:

- Mayor velocidad en el enlace
- Establecer prioridades
- Usar las técnicas de compresión

Jitter

Es la variación del retardo, es decir el espacio de tiempo que transcurre entre la llegada de cada paquete, se lo mide en mili segundos.

Pérdida de paquetes

Los paquetes se pierden por diversos motivos, y esto hace que se dificulte la comunicación.

Tail drop.- Cuando la cola está al tope de su capacidad, los paquetes que

ingresen después de alcanzar un umbral serán desechados.

Input drop.- Es el mismo proceso del taildrop solo que se lo realiza en la cola de entrada, si estos ocurre significa que el CPU está saturado.

Overrun.- Es también resultado de una saturación del CPU, y es cuando en los espacios vacíos del Buffer no se puede colocar paquetes.

Ignore.- Cuando ya no hay lugar vacío en el buffer QoS ayuda a que ciertos valores se mantengan fijo en una comunicación, estos valores son [4]:

- Latencia menor a 150 ms
- El Jitter menor a 30 ms
- Perdida de paquetes menor al 1%

1.5.2 Técnicas de calidad de servicio

Existen técnicas para evitar la congestión, monitoreando el tráfico para determinar cuál es el que posee mayor prioridad sobre el resto, para esto se requiere de ciertas reglas, a continuación se tratará algunos de estos mecanismos:

Random Early Detection.- Monitorea el tamaño de los flujos y cuando ve que uno de estos ha alcanzado el máximo de su capacidad, selecciona al azar cualquiera de ellos con el fin de informarle al emisor que disminuya su tasa de envío.

Weighed Random Early Detection.- Este mecanismo es la combinación del algoritmo Red con IP Precedence.

1.5.3 IPv6

IPv6 es el protocolo de comunicación que está sustituyendo al IPv4, entre sus principales características se tiene que ofrece un mayor espacio de direccionamiento pasando de 32 bits a 128 en IPv6, esto permitirá que exista un crecimiento en el internet tanto de los nodos conectados, así como también del total de tráfico transmitido [5].

Su desarrollo empezó por la década de los 90's y surgió a raíz de que en el futuro se acabarían las direcciones IPv4. Con la implementación de IPv6 existiría un aumento en la longitud de direcciones lo que conllevaría que no existan problemas de escasez de direcciones en muchos años.

1.5.4 Espacio y direccionamiento

IPv4 tiene un espacio de direccionamiento de 32 bits, esto quiere decir que da un total de 4 billones de direcciones. En cambio en IPv6 ese espacio aumentó a 128 bits esto significa que el número de direcciones será alrededor de $3 \cdot 10^{38}$ lo cual indica que este protocolo nos ofrece una gran cantidad de direcciones. Las IPv6 son representadas en un formato hexadecimal que es un sistema de 16 valores, en donde los 10 primeros valores se representan con números del 0 al 9 y los 6 restantes con las primeras 6 letras del abecedario A-F. Las direcciones están compuestas por 8 octetos, cada octeto de 16 bits; además cada octeto

está separado por dos puntos (:).

A continuación un ejemplo de una IPv6 [6]:

```
805B:2D9D: DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF
```

1.5.5 Prefijos y notación

La notación hexadecimal fue elegida para representar las direcciones IPv6 porque esa era la única forma de que estas direcciones no fueran tan largas, pero existen maneras de hacer una representación más corta.

Una de las formas más conocidas para acortar una dirección IPv6 es la supresión de ceros continuos, esto nos dice que si tenemos una larga fila de ceros podemos representarlas con solamente un cero como se mostrara en el siguiente ejemplo [7]:

```
805B:2D9D: DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF
```

```
805B:2D9D: DC28:0:0:FC57:D4C8:1FFF
```

Otras de las formas es sustituir los ceros por doble puntuación seguida (::) a continuación mostraremos un ejemplo [8].

```
805B:2D9D: DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF
```

```
805B:2D9D: DC28: FC57:D4C8:1FFF
```

La gran desventaja es que solo lo podemos utilizar una sola vez.

Otros ejemplos de representación hexadecimal de IPv6 a continuación:

FF00:4501:0:0:0:0:0:32

FF00:4501::3

1.5.6 Tipos de direcciones IPv6

Las direcciones IPv6 se dividen en tres grandes categorías que son:

- Direcciones Unicast
- Direcciones Multicast
- Direcciones Anycast

Direcciones Unicast.- Son aquellas que se asignan a una interface y permiten comunicarse con un nodo en la red a la vez, a continuación veremos un ejemplo de dirección.

2001:0db8:3c4d:0015:0000:0000:1a2f:1a2b/64

Estas direcciones a su vez se dividen en:

- Link-Local
- Site-local
- Global

Link-local.- Son iguales a las direcciones privadas de IPv4, cuando se activa el protocolo IPv6 en un equipo esta automáticamente se configuran, su principal característica es que solamente sirven a nivel local, es decir

dentro de un segmento de red. Sirve para brindar direccionamiento automático si no existiera un servidor DHCP, se lo representa con el prefijo FE80::/10, a continuación mostramos un ejemplo de la misma [9].

FE80:211:21FF:FE6C:C86B

FFFE proviene del formato EUI-64 y son los 16 bits que están predefinidos por IPv6 para la parte del nodo.

Site-local.- Así como las link-local son iguales a las direcciones privadas en IPv4, pero la diferencia radica en que estas si pueden ser encaminadas fuera de segmento de red local, el prefijo de estas direcciones es FEC0::/10, veamos un ejemplo [10]:

FEC0::CE00:3BFF:FE85:0

Direcciones Globales.- Estas equivalen a las IP públicas de IPv4, estas pueden ser transportadas por la internet el prefijo de estas direcciones se representan con un valor hexadecimal 2000 con una máscara /3.

Direcciones Multicast.- A diferencia de la Unicast, este tipo de direcciones nos permiten comunicarnos con múltiples nodos en la red simultáneamente.

FF02:0:0:0:0:0:0:9

Direcciones Anycast.- Son iguales a las multicast, ya que sus paquetes identifican muchas interfaces, pero la diferencia radica en que los paquetes multicast llegan a varios equipos la Anycast llegan solamente a

una interfaz, ejemplo:

2002:0db8:6301::/128

Cabe recordar que en IPv6 se ha eliminado completamente el broadcast, en IPv4 el broadcast servía para comunicarse un equipo con varios equipos dentro de un segmento de red.

1.5.7 QoS en IPv6

Los paquetes Ipv6 poseen dos campos en donde implementara la calidad de servicio (QoS), estos campos son: Etiqueta de flujo y Clase de tráfico. En la Figura 1.2: Cabecera de IPv6 se observaran los detalles.

Versión	Clase de tráfico	Etiqueta de flujo	
Longitud de versión	Siguiente cabecera	Limite saltos	
Dirección Origen			
Dirección Destino			

Figura 1. 2: Cabecera de IPv6

Etiqueta de flujo.- Este campo tiene una longitud 20 bits, IPv6 define al

flujo como una secuencia de paquetes que viajan por la red desde un origen hacia un destino pero que requieren de un tratamiento especial por parte de los dispositivos intermedios. pueden haber múltiples flujos así como también tráfico que no pertenezca a un flujo. Para reconocer a un flujo se lo hace a través de una etiqueta que combina una dirección origen con un valor de etiqueta de flujo diferente de cero, así los paquetes que no sean parte de un flujo llevarán el valor en cero; el proceso de etiquetado se lleva a cabo en el origen y sus valores son escogidos aleatoriamente desde 1 hasta FFFFF en hexadecimal con el fin de que el conjunto de bits escogidos para este campo sea el correcto para que los routers busquen el estado adecuado del flujo.

Todos los paquetes que se encuentren dentro del mismo flujo deben llevar la misma etiqueta, si alguno de los paquetes llevan una cabecera adicional, todos deberían de llevarla.

Los routers que no soportan la funcionalidades que brinda este campo deben poner el valor en cero al momento de originar el paquete y no se lo deberá alterar al momento de reenviarlo, al momento de recibir el paquete no se lo debe tomar en cuenta. Toda etiqueta de flujo posee un tiempo de vida que es establecido a lo largo de la ruta, y esta no podrá ser utilizada hasta que su tiempo de vida haya expirado. Se debe registrar el uso de las etiquetas en un medio de almacenamiento para poder llevar un control y así el origen se contendrá de enviar una etiqueta de flujo mientras no haya finalizado el tiempo de vida de la anterior etiqueta

Clase de tráfico.- Es usado por el origen y el destino para identificar las diferentes prioridades que tienen los paquetes que pasan en la red, por eso también se lo denomina priority (Prioridad) o class (clases), tiene un manejo similar en lo que respecta al campo de ToS en IPv4 y su longitud es de 8 bits lo que equivale a 1 Byte.

Esta cabecera es el doble que en IPv4, ya que es de 40 bytes, pero posee muchas ventajas debido a que se eliminaron muchos campos redundantes; al ser de una longitud fija facilita el procesamiento de los paquetes en los routers y switches. Los procesadores y microprocesadores en la actualidad procesan mucho mejor este tipo de cabecera. En este campo se aplican dos requisitos:

- La interface para el servicio IPv6 de un nodo debe brindar una forma para que un protocolo de capa superior pueda dar el valor a los bits que pertenecen al campo Clase de tráfico en los paquetes de las capas superiores, por defecto todos los valores deben ser cero.
- Los protocolos de capa superior no pueden asumir que los valores de los bits recibidos son los mismos que en el origen.

1.5.8 VoIP

Es una tecnología de comunicación que toma señales de audio analógica y las convierte en señales digitales y las transmiten a través de una red conmutada por paquetes, a diferencia de la tradicional red conmutada por circuitos se aprovecha al máximo los recursos asignados entre ellos el

ancho de banda. Para digitalizar la voz se lo hace a través de códec que codifican y comprimen el audio en el origen antes de transmitirse y hacen el proceso contrario en el lado receptor, el ancho de banda que se utilizara será determinado según el códec que se utilice.

Los códec más comunes son:

- G.711
- G.723.1
- G.726
- G.729
- GSM
- Ilbc
- Speex

G.711.- Es un standard de codificación digital implementado por la IUT-T, las señales de audio se la representan usando muestra codificadas en una señal digital con tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo con flujo de datos de 64 kbps, hay dos tipos de codificación G.711.

G.711 μ .- Es la más usada en Norteamérica y Japón es un algoritmo que comprime logarítmicamente 16 segmentos para representar cada muestra en palabras de 8 bits.

G.711.- Usado en Europa y los demás continentes, a diferencia del anterior este algoritmo comprime 14 segmentos para representar una muestra en palabras de 8 bits.

G.723.1.- También es un standard de la UIT-T, la voz la comprime en tramas de 30 ms y alcanza velocidades de 5,3 a 6,3 kbps.

G.726.- Estandar de la UIT-T se basa en la modulación ADPCM (AdaptativaDifferential Pulse CodeModulation), alcanza velocidades de 16, 24,32, y 40 kbps disminuye considerablemente el ancho de banda sin afectar la carga computacional.

G.729.- Estándar de la UIT-T usado en aplicaciones, opera a velocidades de 8 kbps pero también existen extensiones con velocidades de 6,4, y 11,8 kbps de acuerdo a la calidad de voz que puede ser buena o mala.

GSM (Global Systemfor Mobile Communication).- Es usado en la telefonía móvil, es una familia de códec entre las que destacan el GSM06, 10 que es libre y posee velocidades de 13 kbps con carga CPU aceptable. También existe una versión mejorada que es el GSM AMR (AdaptativeMulti-rate) que tiene 8 tasas de operación con velocidades de 4,75 y 12,2 kbps.

Ilbc (Internet Low Bit rateCódec).- Es un códec libre que tiene un algoritmo que fue implementado por Global IP Sound (GIPS), este brinda una buena relación entre el ancho de banda y la calidad de voz en detrimento de la carga computacional que aumenta, opera con

velocidades de 1,3 y 15,2 kbps.

Speex.- Implementa un algoritmo que varía la tasa de transferencia según las condiciones de la red, puede variar de 2,15 a 22,4 kbps.

1.5.9 Ventajas y desventajas de la VoIP

Ventajas

- Dentro de las ventajas que se tienen está el ahorro de los costos, ya que se evitan los gastos de la telefonía en especial cuando son llamadas de larga distancia algo que es muy común en la Red Pública de Telefonía Conmutada (PSTN por sus siglas en inglés), esto se da porque utiliza la infraestructura ya implementada para llevar voz y se le puede sacar el máximo provecho también llevando datos, esto también facilita la administración, instalación y mantenimiento.
- Otras ventajas es que nos ofrecen los servicios de mensajería unificada, control de llamadas y de flujo telefónico.
- En este tipo de infraestructura la voz es tratada como que si fuera un dato cualquiera esto facilita la tarea de adjuntar mensajes de voz o asistir a videoconferencias.

Desventajas

- La red IP no fue pensada para transmitir datos y estos viajan en forma de paquete que se pueden perder y afectar la comunicación.

- El protocolo TCP/IP que es el protocolo de transmisión de datos no garantizan la integridad del paquete, y por consiguiente la voz es susceptible a las variaciones del tiempo, para esto se han desarrollado protocolos como RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real) el cual controla el tráfico en tiempo real garantizando la entrega integra de los paquetes de voz y el protocolo RSVP (Protocolos de Reservación de Recursos) que guarda una cierta cantidad de ancho de banda y coloca prioridades para paquetes de suma importancia como la de voz.

1.5.10 Protocolos que intervienen en VoIP

Estos protocolos tienen la finalidad de transportar la voz sobre una red IP, originalmente las redes IP no tienen la capacidad para transportar paquetes de voz y audio en tiempo real, es por eso que fueron creados. Los protocolos de VoIP poseen mecanismos de conexión que abarcan una serie de transacciones de señalización, a continuación mostramos la Figura 1.3 con los protocolos más usados.

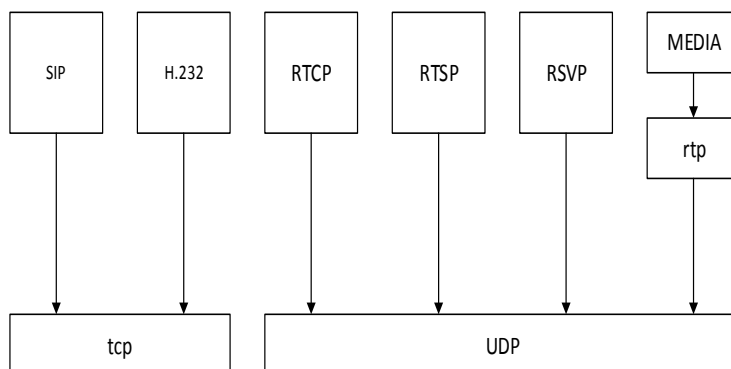


Figura 1. 3: Suite de protocolos usados en VoIP

SIP (SessionInitiationProtocol). - Este protocolo diseñado por IETF (InternetEngineeringTaskForce), es el que se encarga de iniciar, monitorear, y terminar las diferentes sesiones multimedia. Tiene la elasticidad de poder ejercer control sobre una o múltiples sesiones que pueden ir desde una conversación telefónica simple hasta una videoconferencia.

Al ser un protocolo de señalización punto a punto la lógica se halla guardada en los dispositivos terminales, pertenece a la capa de aplicaciones por ende guarda una relación muy cercana con SDP además de compartir funciones con el protocolo H.232. De igual forma que HTTP y SMTP está basados en el modelo cliente-servidor ya que SIP fue desarrollado para integrar la telefonía como parte de internet. SIP no es un protocolo que cumpla todas las funciones de una llamada telefónica, por esta razón existen protocolos que ayudan a SIP estos son: RTSP (Real-timeStreamingProtocol) que controla el flujo y la sesión, SDP que nos muestra una descripción de los flujos, RTP/RTCP controla el

transporte de los datos en tiempo real, y RVSP (ResourceReservationProtocol) que con la colaboración de Diffserv gestiona la reserva de recursos y la calidad de servicio.

Los elementos básicos de SIP son:

- Agente de usuario
- Servidores de registro
- Servidores proxy
- Servidor de redirección

Agentes de Usuario.- Se dividen en dos partes los UAC (UserAgent Cliente) que emite un mensaje de petición y los UAS (UserAgent Server) que emiten un mensaje de respuesta a la petición.

Servidores de Registro.- Es el que registra la dirección física del usuario, que servirá para brindar un servicio de localización cuando esta sea solicitada.

Servidor Proxy.- Al igual que un Proxy HTTP es un intermediario entre el cliente y el servidor.

Stetefull.- No varía el estado de las transacciones mientras se está tratando una petición, además hace fracking que es dividir las peticiones en varias peticiones para encontrar más fácilmente las respuestas.

Stateless.- Varían el estado de las transacciones mientras se está tratando una petición.

Servidores de Redirección.- Es un servidor cuya única función es indicar al origen mediante una respuesta la localización del destino.

SIP posee dos tipos de mensajes que son peticiones y respuestas, ambos mensajes presentan la misma estructura: línea inicial, uno o más cabeceras, una línea vacía al final de la cabecera y el cuerpo del mensaje.

La línea inicial de las peticiones SIP indican la acción que se tomará, estas son:

- **Invite.-** Invitar a los usuarios a ser parte de la sesión
- **ACK.-** Confirma que se inició con éxito una sesión
- **Option.-** Averigua sobre las capacidades del servidor
- **Bye.-** Da por terminada la sesión
- **Cancel.-** No acepta una petición agente de usuario
- **Register.-** Registra un agente de usuario.

Los mensajes de respuesta se inician con un código con una descripción muy corta este código son:

1xx Mensaje provisional.- Cuando el receptor desconoce los resultados del procesamiento le envía al emisor un código que puede ser 180

(Ringing) o 100 (Trying). Cuando el emisor lo recibe se contendrá de enviar retransmisiones luego de recibir esta respuesta.

2xx Éxito.- Cuando el receptor acepta la invitación a la sesión el emisor recibe un código 200 (OK).

3xx Redirección.- Reenvía la llamada hacia un nuevo proxy que puede resolver una petición, también anuncia que un usuario tiene una nueva localización.

4xx Fallo de método.- Indica que hubo un error en el lado emisor como por ejemplo mala sintaxis.

5xx Fallos del servidor.- Indica que la petición es correcta pero el proxy no la puede procesar, esto significa que el emisor debe reenviar el mensaje.

6xx Falla globales.- Ningún proxy tiene la capacidad de procesar una petición.

Existen algunas etapas dentro de una sesión, estas etapas son:

Registro.- Este proceso radica en el registro de los usuarios que intervendrán en la sesión, este proceso comienza con el envío de un mensaje Register dirigido al proxy que deberá de tener una respuesta positiva (200 OK), si es lo contrario por circunstancias como que la información del emisor no es correcta entonces se tendrá que reenviar el mensaje.

Invitación.- Para iniciar la comunicación entre los usuarios registrados se debe enviar un mensaje INVITE al proxy para que este a su vez reenvíe el mensaje al destino deseado, el proxy responderá al origen con el mensaje RINGING (180) que indica que se está tratando de ubicar al destino a través del timbrado, si el destino alza el auricular el proxy le enviara como respuesta el mensaje OK (200), y significa que ya se encuentra establecida la sesión.

Terminación de la sesión.- Si uno de los usuarios se despide se envía un mensaje BYE que será respondido con un OK, en este proceso no interviene el proxy a menos que este ejerciendo el control de tráfico o exista NAT.

H.323.- Es parte de una serie de recomendaciones H-300 que son dadas por la organización UIT-T, agrupan diferentes estándares que utilizan las redes IP para especificar los sistemas de comunicación multimedia. Los protocolos que conforman este grupo son:

H.225.- Se encarga de definir los procesos de señalización de la llamada en lo que respecta a establecimiento, control y finalización de llamada, la gestión del registro y la característica de los usuarios.

H.245.- Se encarga de los procedimientos del control sobre los canales lógicos de una llamada.

H.450.x.- Ofrece los servicios de desvío y llamada en espera

H.235.- Es el encargado de brindarles seguridad y autenticación a los usuarios que intervienen de la comunicación.

Existen 4 componentes importantes que intervienen en este protocolo estos son:

Terminales.- Son los puntos finales de la llamada de voz, deben soportar códec G.711 y protocolos H.245, H.225, y RAS (Registro, Admisión y Estado).

Controladores de acceso.- Cuando se están comunicando dos terminales de diferentes segmentos este se encarga de controlar esas comunicaciones, esto lo hace posible convirtiendo las direcciones H.323 en IP para que sea posible la comunicación con otras terminales, además es quien administra el ancho de banda colocando un umbral máximo para las diferentes comunicaciones entre terminales; una vez que alcanza ese umbral este empieza a rechazar solicitudes entre los terminales. Por último, se encarga de la admisión usando el protocolo RAS que rechaza las solicitudes dependiendo de la terminal o pasarela usada.

MCU.- Es un componente opcional, se lo usa cuando en la comunicación intervienen más de dos terminales, está conformado por dos elementos el MC (Controlado Multipunto) que define el códec y el ancho de banda y el MP (Procesador Multipunto) que se encarga de transmitir los datos de voz y video.

Pasarela.- Cuando una red H.323 necesita comunicarse con otros tipos

de redes como SIP o RTCP se requiere de este componente que brinda compatibilidad entre los diferentes protocolos, realizando la función de convertir los protocolos de señalización y los formatos de audio y video para una correcta comprensión.

RTCP y RTP.- En una comunicación de telefonía IP estos son los protocolos que se utilizan para transporta el flujo de audio y video. RTCP se encarga de la calidad de servicio y RTP se encarga de la transportación. Entre sus funciones tenemos:

- Conocer la carga útil
- Revisar que los paquetes se entreguen en orden
- Sincronizar la codificación y decodificación
- Verificar que la información sea entregada

Para demostrar que los paquetes no han sufrido ninguna alteración RTP usa UDP para aprovechar el checksum y RTCP también usa UDP para el envío de paquetes de control a los usuarios.

Ademas provee un flujo de control que es asociada con un flujo de datos para una aplicación multimedia. Este control provee tres funciones [11]:

- Feedback en el rendimiento de aplicaciones y la red
- Un camino para correlacionar y sincronizar diferentes medias de flujo que han venido desde el mismo origen

- Un camino para transmitir la identidad de un origen para mostrarlo en una interfaz de usuario

RSVP.- Es el protocolo encargado de la reservas de recursos para calidad de servicio, cuando se realiza una llamada este protocolo define como se deben de pedir los recursos y como termina de usarlos una vez que la llamada finalizò. Como no es un protocolo de encaminamiento, fue desarrollado para interoperar con los protocolos que sí lo son, existen dos tipos de mensajes:

Ruta de mensajes.- El remitente nos dice la ruta que debe ser almacenada y es por donde deben pasar los mensajes.

Reserva del mensaje.- Todos los recursos que deben ser separados en esta ruta.

1.5.11 Estructura de una red VoIP

Es la misma con la que funciona cualquier estructura en internet, todos los componentes forman parte del modelo OSI (Open SystemInterconnection). Las aplicaciones tienen una gran ventaja en una red VoIP ya que la información que estas generan puede convertirse en paquetes, datagramas, tramas y bits para poder ser transportados.

El protocolo que más se utiliza para transportar paquetes es RTP (Real-time Transfer Protocol), que funciona sobre UDP que es un protocolo orientado a la no conexión debido a que su función principal es enviar los

paquetes sin recibir acuse de recibo (ACK) del receptor por consiguiente reduce el retardo.

Los retardos que afectan a una red IP también los hacen en una red de voz, estos retardos son:

- Retardo por procesamiento
- Retardo de transmisión y socialización
- Retardo de propagación

Retardo por procesamiento.- Los dispositivos intermedio al momento de procesar un paquete generan este retardo, los paquetes que llegan mientras un paquete es procesado se encolan.

Retardo de transmisión o socialización.- Cuando los bits son colocados dentro del medio de transmisión.

Retardo de propagación.- Cuando estos bits están viajando la velocidad depende del enlace físico.

Para contrarrestar el retardo de procesamiento se diseñó el protocolo RSVP que deja de lado paquetes que son muy grandes y más difíciles de procesar y brinda alta prioridad a los paquetes de voz.

En este tipo de infraestructura se usan enlaces troncales digitales, los más destacados son el E1 y el T1, existen tramas específicas a la que estos enlaces les roban bits que sirve para el proceso de señalización, en el

caso de T1 se tienen dos tipos de formato de trama: la trama y el formato ampliado de la trama. En el caso del primero de los mencionados los bits robados pertenecen a las tramas 6, 12, 18 y 24 estos bits pasan a ser llamados Sa, Sb, Sc, y Sd respectivamente y no tienen importancia en la calidad de voz; los bits Sa y Sb son útiles para supervisar la señalización de dos estados ya que si el bit está en cero significa que el teléfono está colgado y si está en 1 está descolgado.

En la telefonía tradicional se hablaba del conmutador, en un teléfono de VoIP su similar es el MGC (Media Gateway Controller), que es un grupo de protocolos y aplicaciones que le permite a cualquier dispositivo acceder a los servicios de internet y redes IP, puede transportar voz, datos y video además de permitir la integración de aplicaciones e intercambiar servicios.

Las principales funciones que el MGC realiza son:

- Gateway controller
- Media gateway
- Signaling Gateway
- Media server
- Feature server

Gateway controller.- Comúnmente conocido como CallAgent se puede comunicar con diferentes partes del softswitch que es el software que

utiliza el MGC para que el procesamiento de las llamadas mantenga las normas establecidas, además de controlar el tráfico de voz entre diferentes redes, también se comunican con protocolos como el SIP y el H.323 para control y enrutamiento de llamadas, además de controlar el ancho de banda y de los detalles de la facturación.

Media Gateway.- Transforma las señales de voz en paquetes que pueden ser transmitidos a través de una red IP, su principal componente es el DSP (Digital SignalProcessor) que se encarga de convertir las señales analógicas a digitales, además de comprimir el audio y el video, la cancelación del eco y la señal de salida DTMF11. Para transmitir usa el protocolo RTP y debe ser escalable en lo que respecta a hardware (puertos, tarjetas y nodos) debido que la cantidad de datos transmitidos puede aumentar conforme crezca la red.

Signalling Gateway.- Es una ruta de enlace entre una red SS7 y una red IP usando los enlaces E1/T1, además se encarga de realizar una llamada y transmitir la voz, la transmisión de datos es opcional y sirve de enlace entre el Gateway controller y el Signalling Gateway para transporta información SS7.

Media server.- Va más relacionado con la parte de mail ya que usa el Speech-to text que envía correos de texto a las cuentas de e-mail y correos de voz. Usa la interfaz de Ethernet para fusionar mensajes de lectura para voice-faz y e-mail.

Feature Server.- Se encarga de generar las facturas y proveer un bajo costo cuando hay altos niveles de llamada a las líneas 1-800, haciendo que el usuario que reciba la llamada asuma los costos de la misma, con el 1-900 que es la señal que brinda servicios de información y contestación de la llamada es el origen el que asume esos costos.

1.5.12 IP PBX

Una IP PBX realiza la misma función que una PBX convencional, el PBX es una red empresarial privada que poseen líneas externas que permiten comunicarse con el exterior, además sirve para comunicación interna entre los teléfonos que están conectados a la PBX, la diferencia está en que una IP PBX soporta el servicio de VoIP que usa la infraestructura de internet para la comunicación digitalizando la voz y transformándola en paquetes que serán transmitido a través de la red.

Es una solución económica, ya que también te permite realizar videoconferencias y llamada internas sin ningún costo, además te ahorra costos en los que a instalación se refiere ya que una IP PBX puede ser física o lógica, es decir puede ser un software que es instalado en un servidor, incluso los teléfonos pueden ser softphones lo que evitaría la adquisición de teléfonos físicos [12].

Están conectada directamente a una RTB por medio de líneas troncales en un extremo y a la red VoIP en otro (Gateway, routers, switches y hub). Es un sistema informático compuesto por un servidor VoIP, con software

de servidor VoIP (por ejemplo Asterisk PBX para Linux, GNUgk, Open H323) que reemplaza todas las funciones de una central hardware de telefonía [14] .

1.5.13 Tipos de IPBX

Es cierto que existen varios tipos de IPBX, pero esta tesis solo se concentra en los que están siendo objeto de nuestro estudio, estos son Elastix y Asterisk.

Elastix

Es un servidor de comunicaciones unificadas que incorpora varias tecnologías de comunicación, tales como :

- VoIP
- Fax
- Mensajería Instantánea
- E-mail
- Colaboración

Para brindar estos servicios Elastix se basa en cuatro programas muy importantes, Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. El sistema operativo que utiliza es la distribución libre CentOS que es orientada a servidores.

Fue creado por la empresa ecuatoriana PaloSanto Solutions en marzo del

año 2006 y se inició como una interface que registraba detalladamente las llamadas hechas en Asterisk, pero en Diciembre de ese mismo año se convirtió en distribución con una serie de herramientas que se administraban a través una interface Web. A partir de ese momento se ha vuelto muy popular en el mercado.

Funcionalidades de Elastix

A través de sus versiones se han añadido varias funcionalidades las cuales incluyen un módulo de Call Center, el cual se comunica con una consola de agente a través de un protocolo propietario, denominado ECCP (Elastix Call Center Protocol). El protocolo es de código abierto y permite además la comunicación con consolas desarrolladas por terceros diseñadas para actuar como agente o supervisor[15].

Otro desarrollo importante fue el lanzamiento de Elastix Web Services, el programa de certificación de hardware y Elastix MarketPlace. Este último alberga soluciones desarrolladas por terceros para que sean distribuidas desde el módulo de Addons de Elastix, de tal manera que un usuario administrador pueda instalarlas transparentemente desde la interfaz. Cada solución es certificada por el departamento de QA de PaloSanto Solutions, para garantizar que es totalmente funcional con la versión mas estable de Elastix.

Características de Elastix

A continuación se enlistará las características que Elastix ofrece para

cada tecnología de comunicación.

VoIP PBX

- Grabación de llamadas
- Notificaciones por e-mail para correos de voz
- IVR fácil de configurar
- Sintetización de la voz
- Cancelador de eco incorporado
- Almacenamiento de teléfonos vía Web.
- Servidor DHCP
- Provee a los operadores de un panel que muestra gráficamente todas las actividades telefónicas
- CDRs reporte detallado de las llamadas, que permite una búsqueda por fecha, extensión y otros criterios
- Trabaja con protocolos que intervienen en la VoIP tales como SIP, IAX, MGCP, etc.
- Soporte para códec G.711, G.722, G.723.1.GSM, ILBC
- Identificador de llamadas

- Configuración de rutas entrantes y salientes para patrones de marcado

Fax

- Administración del servidor Fax desde la Web
- Provee de aplicación y personalización de los faxes-a-email
- Controla el acceso de los clientes al fax
- Permite enviar un documento vía fax para su impresión desde cualquier aplicación Windows a través de WinprintHylafax

Mensajería Instantánea

- Servidor basado en Openfire e incorporado a PBX
- Servidor configurable vía Web
- Se puede conectar a otras redes de mensajería como Yahoo!, Gtalk, ICQ
- Registro detallado de todas las sesiones de usuarios

E-mail

- Soporte multidominio
- Administración vía Web

- Cliente de E-mail basado en web

Colaboración

- Calendario que permite configurar recordatorio de voz
- Configuración de Libreta telefónica

La distribución de Elastix posee una licencia GLPv2, esto quiere decir que si se desea hacer algún cambio tiene que registrarse bajo los parámetros de esta licencia.

Asterisk

Es un software de central telefónica que posee características muy completas para comunicación de voz, es un integrante fundamental de Elastix por ser quien ofrece gran parte de las características telefónicas en la distribución.

Creado en 1999 por Mark Spencer, con el objetivo de crear un central telefónica para la empresa que estaba empezando llamada "Linux Support Services". Como su software necesitaba de interactuar con hardware telefónico, se unió al proyecto Zaptel que era llevado a cabo por Jim Dixon, y consistía en crear drivers abiertos para tarjetas telefónicas de computadoras, desde ese momento Asterisk y Zaptel no se han separado hasta la actualidad; tal es el caso que en el año 2002 Linux Support Services cambio su nombre a Digium, y esta compañía la que maneja ambos proyectos.

Características de Asterisk

Las características más relevantes son:

- Contestación Automática de llamadas
- Transferencias de llamadas
- Opción de no molestar
- Parque de llamadas
- Monitoreo y grabación de llamadas
- Voicemails
- Conferencias
- Llamada en espera
- Reportación de llamadas
- Colas de atención
- Identificador de llamante
- Recepción del fax.

Funcionamiento de Asterisk

A través de un script de inicio podemos controlar Asterisk, pero en Elastix lo mejor es usar un software llamado Amportal, debido a que Asterisk se

vincula con otros programas y deben tener una sincronización, los comando más importantes en Amportal son:

Amportal Stop, apaga el sistema

Amportal start, enciende el sistema

Amportal restart, reinicia el sistema

1.5.14 Terminales que intervienen en telefonía IP

Son dispositivos digitales que usan el protocolo IP para transmitir voz y videos a través de una red LAN o Internet. Suelen tener múltiples ventajas y opciones como poseer muchas líneas a la vez, realizar videoconferencia al tener cámara de video incorporada y brindar calidad de servicio.

Se requiere de una un sistema de administración al que se puede acceder vía Web para su configuración. Entre los más importantes tenemos:

- Teléfonos IP
- ATA (Adaptador de teléfono Análogo)
- Teléfonos IP inalámbricos

Teléfono IP.- Es parecido a un teléfono, estos dispositivos usan una conexión a una red de datos en lugar de usar una conexión telefónica. En la Figura 1.4 observamos la imagen de un teléfono IP [1].



Figura 1. 4: Teléfono IP

ATA (Adaptador de Teléfono Analógico).- Permiten que un telefono analógica se conecte a una infraestructura VoIP, al igual que cualquier terminal IP poseen un sistemas de administración por lo tanto tienen dirección IP y los mismos beneficios. En la Figura 1.5 se muestra un dispositivo ATA [2].



Figura 1. 5: Adaptador de teléfono analógico

Teléfonos IP inalámbricos.- Son iguales a los celulares y para conectarse a un servidor VoIP lo hacen a través de redes inalámbricas, en la Figura 1.6 observamos un teléfono inalámbrico [3].



Figura 1. 6: Teléfono IP inalámbrico

Softphone.- Es un programa que se instala en un computador y simula a un teléfono común, a través de este software puedes hacer llamadas a otros softphone o a teléfonos convencionales en la Figura 1.7 mostraremos una imagen del softphone [4].



Figura 1. 7: Softphone

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE IMPLEMENTACIÓN.

El diseño presentará los elementos necesarios, para realizar las pruebas y reunir los datos que se analizarán en el desarrollo del proyecto.

2.1 Requisitos para implementar PBX

En el caso de Elastix, no se requiere de un hardware tan sofisticado, puede ser un ordenador que posea un procesador Pentium de cualquier versión con una capacidad de memoria RAM de 512 y un disco de 40 GB o en su defecto lo puede instalarlo dentro de una máquina virtual para esto solo necesita la imagen del Sistema Operativo.

En el caso de Asterisk se requiere como requisitos mínimos un procesador de 500MHz con una capacidad de 128 MB de RAM y un disco de 2GB, y como máximo un procesador de 1.5GHz con 250 MB de RAM y 10GB en el disco duro; al igual que Elastix también lo puede instalar en una máquina virtual.

Para diseñar una infraestructura IPv6 los equipos de comunicación deben soportar IPv6, existen algunos modelos en el mercado como es el caso del D-LINK AmplifyWhole Home Router DIR-645-DIR-645 que entre sus características tiene:

- Conmutador inalámbrico de 4 puertos
- Inalámbrico y cableado
- Soporta velocidad de 300 Mbps

- Posee protocolo de transporte PPP,LSP e IPsec
- Algoritmo de cifrado WPS, AES y WPAS2 de 128 bits

Otros de los ruteadores que son aptos para una infraestructura IPv6 es el Gigabit Router Dual Band Wireless N-600, que tiene:

- Dual-Band sin retrasos
- Navegación Gigabit mucho más rápida
- Incluye puertos USB para múltiples funciones

2.2 Implementar QoS en PBX

Como lo mencionamos anteriormente una de las formas de implementar QoS es habilitando el Jitter Buffer para esto tenemos que establecer los parámetros de configuración en el archivo sip_general_custom conf. Los parámetros que debemos configurar son:

- Jenable=yes
- beforce=yes
- Jbmax=200
- bresyncthreshold= 2000

Este procedimiento se lo puede hacer tanto en Asterisk como en Elastix.

2.3 Diferencia entre Elastix y Asterisk con respecto a funcionalidad y QoS

La principal diferencia en cuanto a funcionalidad respecta es que Asterisk es una plataforma en donde se puede crear muchas aplicaciones que no solamente se base en voz sino también datos que permitan una interacción con el teléfono, al ser una plataforma base toda la configuración se la realiza manualmente a través de líneas de comandos.

En cambio Elastix es una suite de sistemas de comunicaciones entre las que se encuentra el mismo Asterisk, su configuración se la realiza via entorno gráfico.

CAPÍTULO 3

3. PRUEBAS.

El número de pruebas fue definido en base al cálculo del tamaño de la muestra que es una fórmula estadística para determinar el número de observaciones necesarias que nos ayudaran a determinar las características de la calidad de servicio y consumo de ancho de banda que se dan en las llamadas como se indica en la ecuación 3.1.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (3.1)$$

Donde:

Z= es el valor de nivel de confianza por lo general se toma un valor de 95% que equivale a 1.96

n = el tamaño de la muestra

σ = desviación estándar por lo general usamos una constante de 0.5

e= es el margen de error, su valor oscila entre el 1 y el 10%, esto queda a libre albedrío del investigador. En nuestro caso tomamos el máximo error 10%

Esto nos da un valor de n =96.

3.1 Descripción de los equipos

Los equipos utilizados fueron:

- **2 computadoras de escritorio**, cuyas características técnicas son; un procesador Intel de core i7-3770 de 3.4 GHz, memoria 4GB DDR3, de tercera generación, disco duro de 500GB, Sistema Operativo de 64 bits Windows 7 Professional Services Pack 1.
- **2 Imágenes ISO**; 1 para cada plataforma Elastix y Asterisk.
- **4 softphone**; 2 softphone Linephone para cada plataforma.

3.2 Descripción del ambiente de trabajo

El entorno de trabajo se desarrolló en un laboratorio con dos máquinas virtualizadas en donde se instalan ambas plataformas. Las máquinas virtuales tenían 8 GB en el disco y 512 GB de RAM el softphone utiliza fue Linephone. En la Figura 3.1 se muestra un gráfico del ambiente de trabajo.

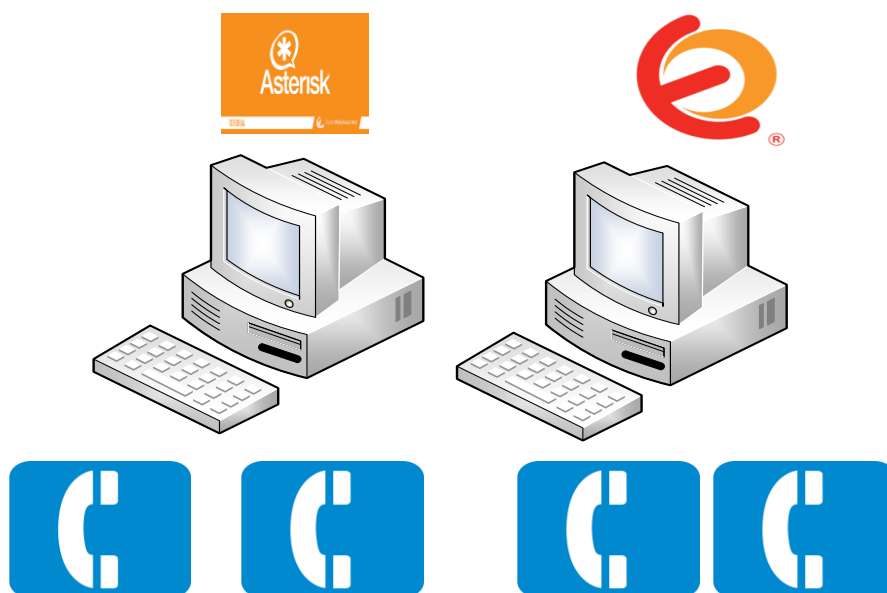


Figura 3. 1: Ambiente de trabajo

Según la norma ITU T-P.800 los umbrales aceptados para la telefonía en lo que concierne a la calidad de voz en una llamada se califica como: excelente, buena, mala o pobre, en la Tabla 3.1 mostraremos los puntajes para determinar si la calidad de servicio en una infraestructura VoIP es mala o excelente.

Parámetros	Excelente	Bueno	Aceptable	Pobre
Jitter	Jitter < 10	10 =< Jitter < 20	20 =< Jitter < 50	Jitter > 50
Latencia	L < 50	50 =< L < 150	150 =< L < 300	L >= 300
Perdida de paquetes	Perdida < 0,1	0,1=< perdida < 0,5	0,5=< perdida < 1,5	Perdida > 1,5

Tabla 3. 1: Clasificación de parámetros según el umbral aceptados Norma ITU-T P800

3.3 Análisis de tráfico en Elastix

Antes de empezar se debe configurar uno de los parámetros de calidad de servicio en este caso el Jitter, para eso hay que dirigirse al archivo de configuración ubicado en la ruta: /etc/Asterisk/sip_general_custom.conf y se configuraran los parámetros como se ve en la Figura 3.2, en donde se tiene que habilitar y forzar a que exista un Jitter fijo.

```

GNU nano 1.3.12 File: /etc/asterisk/sip_general_custom.conf

allowguest=no
jbenable=yes
jbforsce=yes
jbimpl=adaptive
jbmaxsize=50

```

Figura 3. 2: Configuración del Jitter

Ahora para Elastix hemos configurado las líneas 2828 y 2929, usando la herramienta Wireshark capturamos el tráfico de paquetes que viajan en una sesión. En la Figura 3.3 y 3.4 se mostrara las capturas.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
40	19.6316540	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	SIP/SDF	1316	Request: INVITE sip:2929@[2001:db8:0:1::1010], with session description
41	19.6402580	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	SIP	538	Status: 100 Trying
42	19.6402600	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	SIP	554	Status: 180 Ringing
43	19.6761960	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	SIP	554	Status: 180 Ringing
44	19.9784970	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
45	20.9778050	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
46	21.5539910	2001:db8:0:1::1015	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:d0:e5:ce
47	22.4944990	2001:db8:0:1::1015	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:d0:e5:ce
48	22.8763340	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
49	23.4779600	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
50	23.4937200	2001:db8:0:1::1015	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:d0:e5:ce
51	23.9933270	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1010 from 08:00:27:d0:e5:ce
52	23.9952630	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	ICMPV6	78	Neighbor Advertisement 2001:db8:0:1::1010 (so)
53	24.4772420	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
54	24.6385880	fe80::a00:27ff:fe35	2001:db8:0:1::1015	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1015 from 08:00:27:35:22:7c
55	24.6386600	2001:db8:0:1::1015	fe80::a00:27ff:fe35	ICMPV6	86	Neighbor Advertisement 2001:db8:0:1::1015 (sol, ovr) is at 08:00:27:d0:e5:ce
56	25.5564040	2001:db8:0:1::1015	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:d0:e5:ce
57	25.5668380	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPV6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
58	25.8063090	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	SIP/SDF	853	Status: 200 OK, with session description
59	25.8293830	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	SIP	530	Request: ACK sip:2929@[2001:db8:0:1::1010]:5060
60	25.8334450	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	82	Unknown RTP version 0
61	25.8589550	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	82	Unknown RTP version 0
62	25.8774300	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x480f2814, Seq=28469, Time=560, Mark
63	25.9067430	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xd328e2cf, Seq=0, Time=50160
64	25.9180630	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xd328e2cf, Seq=1, Time=50320
65	25.9380920	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x480f2814, Seq=28470, Time=720
66	25.9479170	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xd328e2cf, Seq=2, Time=50480
67	25.9582260	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xd328e2cf, Seq=3, Time=50640
68	25.9584770	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x480f2814, Seq=28471, Time=880

Figura 3. 3: Tráfico capturado en el emisor con Elastix

93	20.8227520	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12207, Time=52880
94	20.8323490	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=22, Time=4080
95	20.8429570	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12208, Time=53040
96	20.8529130	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=23, Time=4240
97	20.8630120	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12209, Time=53200
98	20.8626430	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=24, Time=4400
99	20.8841160	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12210, Time=53360
100	20.9031270	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=25, Time=4560
101	20.9033580	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12211, Time=53520
102	20.9220290	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12212, Time=53680
103	20.9227730	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=26, Time=4720
104	20.9423490	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12213, Time=53840
105	20.9431290	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=27, Time=4880
106	20.9621240	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12214, Time=54000
107	20.9627470	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=28, Time=5040
108	20.9823330	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12215, Time=54160
109	20.9831050	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=29, Time=5200
110	20.9925100	2001:db8:0:1::1016	ff02::1:ff00:1020	ICMPv6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:14:3c:f0
111	21.0018700	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12216, Time=54320
112	21.0029900	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=30, Time=5360
113	21.0091290	2001:db8:0:1::1015	ff02::1:ff00:1020	ICMPv6	86	Neighbor solicitation for 2001:db8:0:1::1020 from 08:00:27:d0:e5:ce
114	21.0131950	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=31, Time=5520
115	21.0219190	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12217, Time=54480
116	21.0423750	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12218, Time=54640
117	21.0431500	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=32, Time=5680
118	21.0531720	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1010	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xAB0AAD9D, Seq=33, Time=5840
119	21.0625700	2001:db8:0:1::1010	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x702A2D31, Seq=12219, Time=54800

Figura 3. 4: Tráfico capturado en el receptor con Elastix

En el análisis hecho desde el emisor, solo nos vamos a fijar en el tráfico rtp que es el protocolo usado para las comunicaciones en tiempo real. En la Figura 3.5 nos daremos cuenta que el mayor flujo de tráfico se da cada 5 segundos.

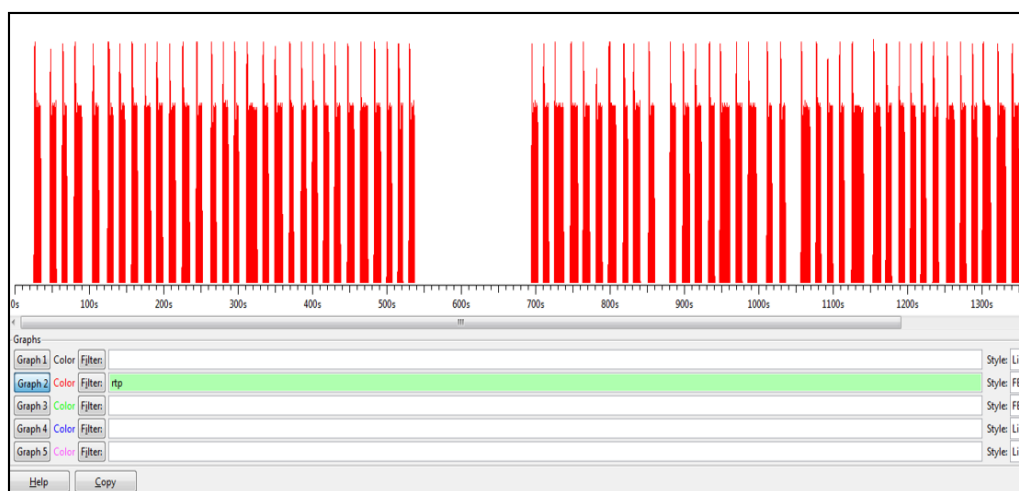


Figura 3. 5: Flujo de tráfico con Elastix

En la Figura 3.6 observamos un listado de llamadas realizadas durante la prueba.

19.619062	35.732626	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
40.844753	56.095041	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
61.026948	70.590759	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
76.008493	90.969351	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
94.559169	113.511428	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
120.144143	132.928996	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
136.876394	148.920044	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
153.579064	165.641937	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
171.054337	183.390408	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
187.577717	199.263487	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
204.309891	216.584646	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
221.992625	235.359421	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
241.306277	252.405968	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
258.618795	271.351760	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
275.543829	287.772557	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
292.397928	301.734188	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
306.059096	326.209909	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
330.829875	341.605043	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
346.812386	360.399829	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
365.297599	375.284505	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
379.848958	392.540573	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
397.484729	407.501104	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
411.617592	422.836476	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED
426.895301	438.203445	2001:db8:0:1::1015	<sip:2828@[2001:db8:0:1::]jsalazar" <sip:2929@[2001 SIP	11	COMPLETED

Figura 3. 6: Listado de llamadas con Elastix

Wireshark hace un análisis detallado de la comunicación entre el softphone y el servidor de comunicación Elastix. Esto se mostrara en la Figura 3.7

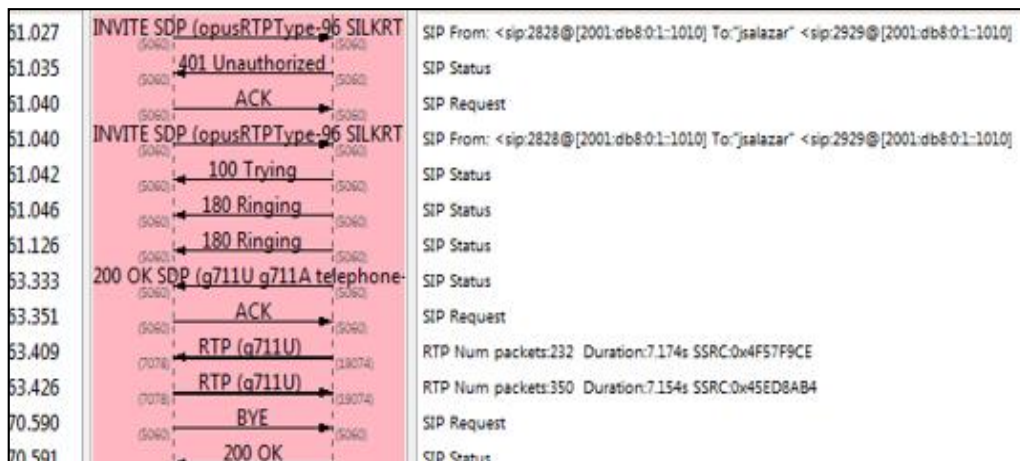


Figura 3. 7: Comunicación entre cliente-servidor con Elastix

Una vez que hemos visto el listado de llamadas y el análisis de la comunicación entre el cliente y el servidor hecho por wireshark en la Figura 3.8 observaremos la cantidad de streams que se dan dentro de una comunicación RTP con Elastix.

Detected 200 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis										
Src IP addr	Src port	Dst IP addr	Dst port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	16706	0xdF4FECB7	g711U	371	0 (0.0%)	41.09	8.00	5.11
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	13538	0xdE418017	g711U	470	0 (0.0%)	40.32	7.87	5.14
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	15846	0xF798931D	g711U	402	0 (0.0%)	40.67	7.82	5.01
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	12336	0x77C22E8D	g711U	426	0 (0.0%)	40.26	7.68	5.05
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	11336	0x854D649	g711U	436	0 (0.0%)	40.24	8.33	5.01
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	10690	0xB2F87C7F	g711U	520	0 (0.0%)	42.00	8.01	4.68
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	19118	0x5CC81EDE	g711U	394	0 (0.0%)	41.09	7.83	5.06
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	12066	0x24E7822B	g711U	571	0 (0.0%)	41.62	7.83	4.88
2001:db8:0:1::1016	7078	2001:db8:0:1::1010	12688	0xD32ACC52	g711U	361	0 (0.0%)	52.49	7.79	5.11

Figura 3. 8: Flujo RTP emisor con Elastix

Escogemos un flujo al azar y presionamos la opción Analize y se nos abrirá una interface con todos los paquetes del flujo para observar los parametros de calidad de servicio en Elastix como se ve en la Figura 3.9.

Forward Direction		Reversed Direction		Analysing stream from 2001:db8:0:				
Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status	
78145	0	0.00	0.00	0.00	1.60		[Ok]	
78146	1	18.45	0.10	1.55	3.20		[Ok]	
78147	2	30.31	0.74	-8.76	4.80		[Ok]	
78149	3	10.16	1.30	1.08	6.40		[Ok]	
78151	4	29.98	1.85	-8.90	8.00		[Ok]	
78153	5	10.90	2.30	0.20	9.60		[Ok]	
78155	6	30.14	2.79	-9.94	11.20		[Ok]	
78157	7	9.11	3.30	0.95	12.80		[Ok]	
78159	8	30.24	3.73	-9.29	14.40		[Ok]	
78161	9	10.26	4.11	0.46	16.00		[Ok]	
78163	10	29.86	4.47	-9.40	17.60		[Ok]	
78165	11	9.92	4.82	0.68	19.20		[Ok]	
78167	12	30.20	5.15	-9.52	20.80		[Ok]	
78169	13	20.24	4.85	-9.76	22.40		[Ok]	
78171	14	19.88	4.55	-9.64	24.00		[Ok]	

Figura 3. 9: Análisis del flujo RTP emisor con Elastix

Aquí se muestra que el Jitter máximo es de 8.65 ms, el Jitter medio es 5.19 ms, no existe pérdida de paquetes y el Delta (latencia) es de 41.3 ms.

Ahora se hará el mismo análisis en el lado receptor, en la Figura 3.10 mostramos el flujo RTP y en la Figura 3.11 los paquetes del flujo con sus parámetros de calidad de servicio.

Detected 200 RTP streams. Choose one for forward and reverse direction for analysis											
Src IP addr	Src port	Dst IP addr	Dst port	SSRC	Payload	Packets	Lost	Max Delta (ms)	Max Jitter (ms)	Mean Jitter (ms)	Pb?
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:16706	16706	0dF4FECB7	g711U	371	0 (0.0%)	41.09	8.00	5.11	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:13538	13538	0dE418017	g711U	470	0 (0.0%)	40.32	7.87	5.14	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:13846	13846	0dF798931D	g711U	402	0 (0.0%)	40.67	7.82	5.01	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:12336	12336	0d77C22E8D	g711U	426	0 (0.0%)	40.26	7.68	5.05	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:11336	11336	0d5854D649	g711U	436	0 (0.0%)	40.24	8.33	5.01	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:10690	10690	0d62F87C7F	g711U	520	0 (0.0%)	42.00	8.01	4.68	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:19118	19118	0d5C8B1EDF	g711U	394	0 (0.0%)	41.09	7.83	5.06	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:12066	12066	0d24E7822B	g711U	571	0 (0.0%)	41.62	7.83	4.88	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:12688	12688	0d032ACC52	g711U	361	0 (0.0%)	52.49	7.79	5.11	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:15120	15120	0d09DD0C12	g711U	437	0 (0.0%)	40.27	7.74	5.04	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:13474	13474	0dCBFAFEF	g711U	468	0 (0.0%)	40.49	7.70	4.97	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:18492	18492	0d699AAA2	g711U	484	0 (0.0%)	40.40	8.02	4.95	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:10776	10776	0d1636492D	g711U	452	0 (0.0%)	42.15	7.65	4.94	X
2001:db8:0:1:1016:7078	7078	2001:db8:0:1:1010:18454	18454	0d688374AC	g711U	411	0 (0.0%)	41.85	7.59	4.97	X

Figura 3. 10: Flujo RTP receptor con Elastix

Forward Direction		Reversed Direction		Analysing stream			
Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
78423	0	0.00	0.00	0.00	1.60		[Ok]
78424	1	10.98	0.56	9.02	3.20		[Ok]
78426	2	42.01	1.90	-12.99	4.80		[Ok]
78427	3	10.16	2.40	-3.15	6.40		[Ok]
78428	4	30.09	2.88	-13.24	8.00		[Ok]
78429	5	10.03	3.32	-3.27	9.60		[Ok]
78432	6	30.52	3.77	-13.79	11.20		[Ok]
78434	7	9.56	4.19	-3.35	12.80		[Ok]
78436	8	34.90	4.86	-18.25	14.40		[Ok]
78438	9	5.30	5.48	-3.55	16.00		[Ok]
78440	10	28.04	5.64	-11.59	17.60		[Ok]
78442	11	12.02	5.78	-3.60	19.20		[Ok]
78444	12	31.19	6.12	-14.79	20.80		[Ok]

Figura 3. 11: Análisis del flujo RTP receptor con Elastix

En la recepción el Jitter máximo es de 7.79 ms, el jitter medio de 4.90 ms, no existe pérdida de paquetes y el delta es de 42.01 ms.

A continuación una Tabla3.2 se muestra la comparativa de los diferentes parámetros tanto de emisión como de recepción.

Parámetros	Emisión	Recepción
Jitter máximo	8.65 ms	7.79 ms
Jitter media	5.19 ms	4.90 ms
Perdida de paquetes	0%	0%
Delta	41.3 ms	42.01 ms

Tabla 3. 2: Parametros de QoS de Elastix

3.4 Análisis de tráfico con Asterisk

Ahora analizaremos el tráfico generado en Asterisk, para esto se ha configurado las líneas 3939 y 3838, en la figura 3.12 y 3.13 se mostrara el trafico tanto de emisión y recepción generado a través de Wireshark.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	5.57084200	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1520, Time=160, M
23	5.57750700	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1521, Time=320
24	5.59082600	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	82	Unknown RTP version 0
25	5.59888300	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1522, Time=480
26	5.61798700	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1523, Time=640
27	5.62648200	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	82	Unknown RTP version 0
28	5.63809200	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1524, Time=800
29	5.65648400	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xB478D244, Seq=0, Time=1200
30	5.65751400	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1525, Time=960
31	5.66766100	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xB478D244, Seq=1, Time=1360
32	5.67844600	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1526, Time=1120
33	5.69842100	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xB478D244, Seq=2, Time=1520
34	5.69867900	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1527, Time=1280
35	5.70779300	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xB478D244, Seq=3, Time=1680
36	5.71847500	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1015	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x241AFF2D, Seq=1528, Time=1440
37	5.73779300	2001:db8:0:1::1015	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0xB478D244, Seq=4, Time=1840

Figura 3. 12: Tráfico capturado en el emisor con Asterisk

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
41	14.5309310	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	82	Unknown RTP version 0
42	14.5796530	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	82	Unknown RTP version 0
43	14.5801580	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=0, Time=240
44	14.5896720	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=1, Time=400
45	14.6216890	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=2, Time=560
46	14.6318390	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=3, Time=720
47	14.6354290	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x48E032E2, Seq=62039, Time=30480, Mark
48	14.6574430	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x48E032E2, Seq=62040, Time=30640
49	14.6618670	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=4, Time=880
50	14.6719660	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=5, Time=1040
51	14.6776240	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x48E032E2, Seq=62041, Time=30800
53	14.7021140	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=6, Time=1200
55	14.7130960	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=7, Time=1360
56	14.7176400	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x48E032E2, Seq=62042, Time=30960
57	14.7368290	2001:db8:0:1::1020	2001:db8:0:1::1016	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x48E032E2, Seq=62043, Time=31120
58	14.7422170	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=8, Time=1520
59	14.7520910	2001:db8:0:1::1016	2001:db8:0:1::1020	RTP	234	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x537A0D5E, Seq=9, Time=1680

Figura 3. 13: Tráfico capturado en el receptor con Asterisk

A diferencia de Elastix el mayor tráfico se da cada 10 segundos como se ve en la figura 3.14

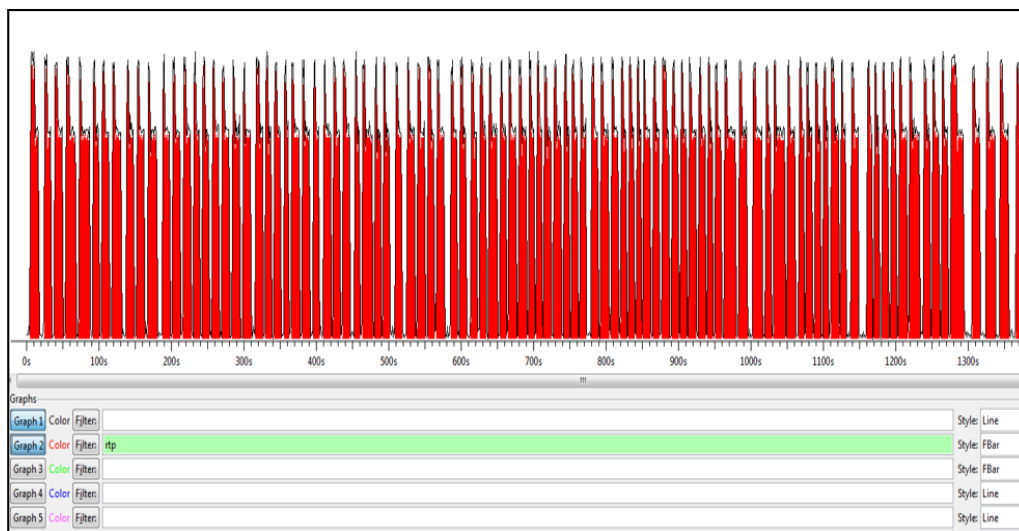


Figura 3. 14: Flujo de tráfico con Asterisk

En la figura 3.15 se mostrara una lista de llamadas hecha con Asterisk

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Protocol	Packets	State
72.884848	88.010136	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
92.039871	100.705699	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
104.365260	114.641749	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
118.665679	131.385800	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
138.301475	148.657007	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
152.652237	163.114361	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
167.936763	180.690089	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
188.223358	198.512588	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
201.994036	212.768589	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
216.869109	227.399828	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
231.063857	239.695718	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
243.084819	252.479531	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
256.751630	266.215457	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
270.041127	280.607472	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED
284.568337	295.150487	2001:db8:0:1::1015	<sip:3939@[2001:db8:0:1::1015]	sip:3838@[2001:db8:0:1::1015]	SIP	10	COMPLETED

Figura 3. 15: Listado de llamadas con Asterisk

En la Figura 3.16 se mostrara la comunicación entre el cliente y el servidor

Time	2001:db8:0:1::1015 2001:db8:0:1::1020	Comment
356.068	INVITE SDP (opusRTPTType=96 SILKRT)	SIP From: <sip:3939@[2001:db8:0:1:1020] To:sip:3838@[2001:db8:0:1:1020]
356.071	401 Unauthorized	SIP Status
356.083	ACK	SIP Request
356.083	INVITE SDP (opusRTPTType=96 SILKRT)	SIP From: <sip:3939@[2001:db8:0:1:1020] To:sip:3838@[2001:db8:0:1:1020]
356.086	100 Trying	SIP Status
356.088	183 Session Progress SDP (g711U g711A)	SIP Status
356.107	RTP (g711U)	RTP Num packets:225 Duration:0.214s SSRC:0x4D9354D6
356.205	RTP (g711U)	RTP Num packets:47 Duration:0.929s SSRC:0x51CC9A8E
357.137	200 OK SDP (g711U g711A telephone=)	SIP Status
357.155	RTP (g711U)	RTP Num packets:253 Duration:5.161s SSRC:0x51CC9A8E
357.161	ACK	SIP Request
362.324	BYE	SIP Request
362.326	200 OK	SIP Status

Figura 3. 16: Comunicación entre cliente-servidor con Asterisk

Como se lo hizo en Elastix se tomara al azar un flujo RTP, presionamos la opción Analize y se nos abrirá una interface con todos los paquetes que contiene el flujo con los parámetros de calidad de servicio en la parte inferior.

En la figura 3.17 el emisor posee los siguientes parámetros; el Jitter máximo es 10.13ms, el Jitter medio es 5.34ms, no hay perdida de paquetes y el delta es de 41.02ms.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
47	62039	0.00	0.00	0.00	1.60	SET	[Ok]
48	62040	22.01	0.13	-2.01	3.20		[Ok]
51	62041	20.18	0.13	-2.19	4.80		[Ok]
56	62042	40.02	1.37	-22.21	6.40		[Ok]
57	62043	19.19	1.34	-21.40	8.00		[Ok]
60	62044	20.93	1.31	-22.33	9.60		[Ok]
61	62045	18.45	1.33	-20.78	11.20		[Ok]
64	62046	21.69	1.35	-22.47	12.80		[Ok]
65	62047	18.68	1.35	-21.15	14.40		[Ok]
67	62048	19.66	1.28	-20.81	16.00		[Ok]
69	62049	20.38	1.23	-21.19	17.60		[Ok]
71	62050	20.02	1.15	-21.21	19.20		[Ok]

Figura 3. 17: Análisis del flujo RTP emisor con Asterisk

En la figura 3.18 el emisor posee los siguientes parámetros; el Jitter máximo es 3.31ms, el Jitter medio es 1.61ms, no hay pérdida de paquetes y el delta es de 221.56ms.

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
29	0	0.00	0.00	0.00	1.60		[Ok]
31	1	11.18	0.55	8.82	3.20		[Ok]
33	2	30.76	1.19	-1.94	4.80		[Ok]
35	3	9.37	1.78	8.69	6.40		[Ok]
37	4	30.00	2.29	-1.31	8.00		[Ok]
39	5	10.07	2.77	8.62	9.60		[Ok]
41	6	30.16	3.23	-1.54	11.20		[Ok]
43	7	9.96	3.66	8.50	12.80		[Ok]
45	8	31.14	4.13	-2.64	14.40		[Ok]
47	9	8.95	4.56	8.41	16.00		[Ok]
50	10	30.14	4.91	-1.73	17.60		[Ok]

Figura 3. 18: Análisis del flujo RTP receptor con Asterisk

En la Tabla 3.3 se mostrará la comparativa de los parámetros del emisor y receptor en Asterisk.

Parametros	Emision	Recepcion
Jitte rmaximo	10.13 ms	3.31 ms
Jitter media	5.34 ms	1.61ms
Perdida de paquetes	0%	0%
Delta	41.02 ms	221.56 ms

Tabla 3. 3: Parametros de QoS de Asterisk

3.5 Comparativas de tráfico entre Asterisk y Elastix

Para realizar las comparativas se tomaron los parámetros que se evaluaron con Wireshark en las pruebas de tráfico en ambas plataformas tanto de Elastix como de Asterisk, también se tomaron en cuenta el tráfico generado por el emisor y el receptor esto es:

- Jitter máximo
- Jitter mínimo

- Perdida de paquetes
- Retardo

En la Figura 3.19 se mostrara una tabla estadística que compara los parámetros de ambas plataformas en el lado emisor.

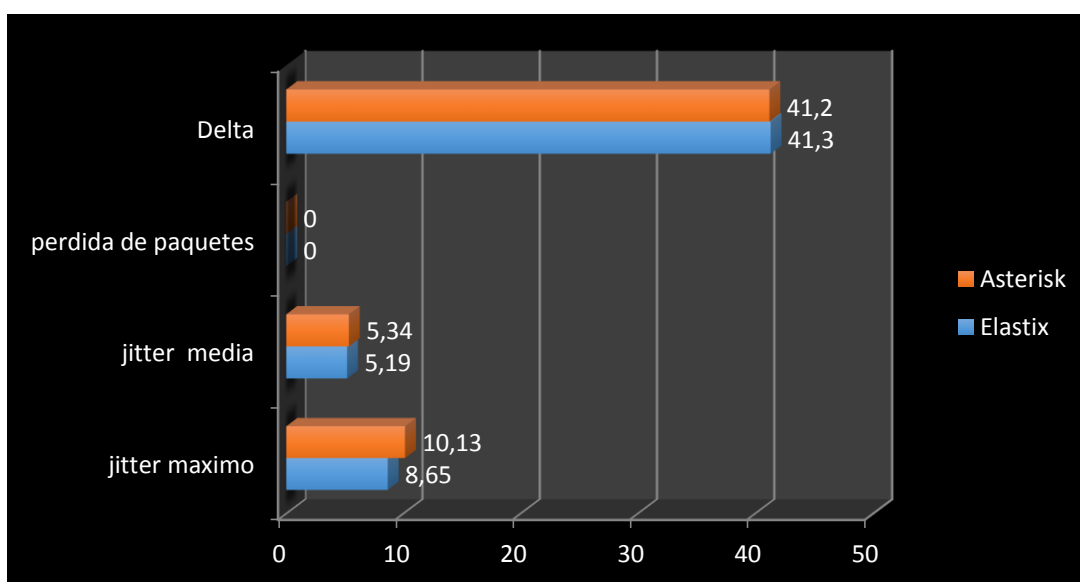


Figura 3. 19: Análisis de plataformas en el lado emisor

En la Figura 3.20 veremos el mismo análisis pero en el lado receptor.

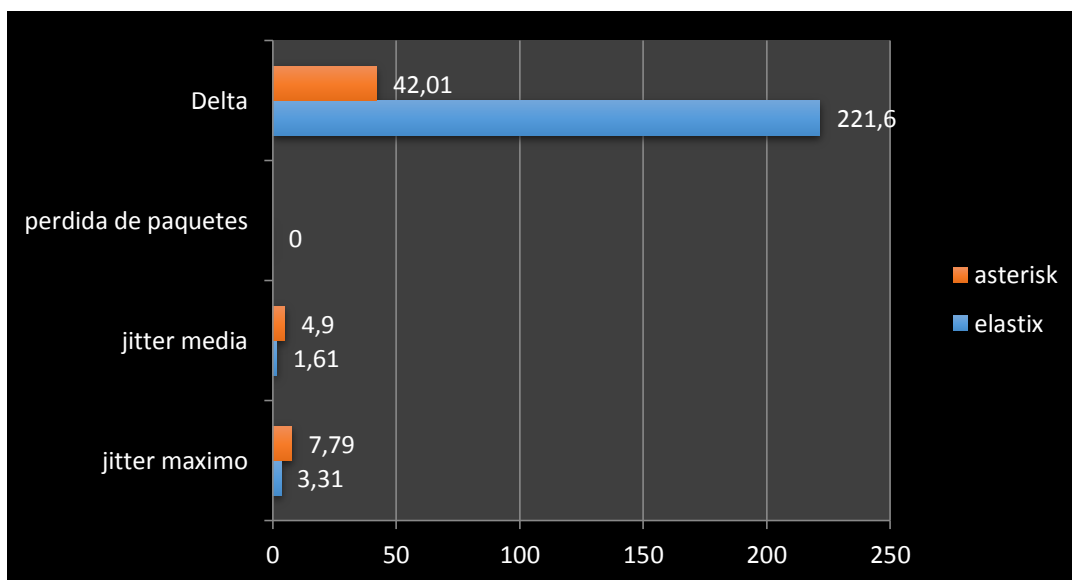


Figura 3. 20: Análisis de plataformas en el lado receptor

.En la Tabla 3.4 hacemos un análisis comparativo de cada parámetro de calidad de servicio de ambas plataformas tanto en emisor como en receptor

Retardo	Asterisk y Elastix muestran una latencia menor a 50 lo que equivale a que la comunicación es excelente, pero en el receptor las cosas varían porque mientras el retardo en Asterisk es menor a 50 lo cual es bueno en Elastix el delta está en el rango que comprende de 150 a 300
---------	--

	<p>haciendo a la comunicación aceptable, pero no es algo recomendable</p>
Perdida de paquetes	<p>En este ámbito es excelente en todos los sentidos, ya que no existen pérdidas</p>
Jitter media	<p>En esta sección las comunicaciones son excelentes porque son menores a 10ms tanto en emisor como en receptor</p>
Jitter maximo	<p>Asterisk en el emisor tiene un jitter máximo bueno, mientras Elastix si tiene una excelente comunicación, y desde el punto de vista del receptor es excelente la comunicación</p>

Tabla 3. 4: Análisis comparativo de la calidad de servicio

Con esto podemos concluir que Asterisk maneja de mejor forma la calidad de servicio que Elastix ya que el delta (retardo) en Elastix es muy grande.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Analizando los resultados obtenidos en el emisor, tanto para Asterisk y Elastix, se puede observar que presentan similitudes en el tiempo de Retardo, en 41,2 ms para Asterisk y 41,3 ms para Elastix. Lo que indica que ambas plataformas pueden ser utilizadas sin existir una diferencia realmente significativa.
2. Los resultados obtenidos durante la fase de prueba demuestran que en el receptor existe un Retardo de 42,01 ms para Asterisk y 221,6 ms para Elastix, marcando una gran diferencia de rendimiento a favor de Asterisk. Por lo tanto sería la plataforma mas recomendada para los sistemas de comunicación PBX de VoIP.
3. El desempeño de las plataformas Asterisk y Elastix utilizadas para la administración de las PBX de VoIP tienen la apertura para actualizarse con nuevas versiones lanzadas al mercado, siendo esta una de las principales características que marca su preferencia ante el usuario.

Recomendaciones

1. Recomendamos usar Asterisk y Elastix ya que son los programas utilizados en el mercado de las PBX de VoIP por su estabilidad y tiempo de respuesta basándose en la calidad de la comunicación.
2. Linphone es una aplicación de VoIP que presta muchas ventajas comparado con X-LITE, ya que posee una multiplataforma, soporta múltiples protocolos y es gratuita por ende se recomienda su uso.

3. Se recomienda utilizar Elastix para usuarios principiantes por las facilidades que brinda en cuanto a instalación y manejo al ser un sistemas unificado completo que brinda una interfaz web de fácil administración para los usuarios.
4. Uno de los requisitos importantes para empezar a administrar una plataforma Asterisk es que se debe tener un nivel de conocimientos intermedios en el sistema Unix.
5. Si se requiere implementar una infraestructura IPv6 es importante que los equipos y software tengan el requerimiento lógico para soportar IPv6.
6. Wireshark es un gran analizador de tráfico de red que ofrece muchas ventajas en relación a PRTG Network Monitor ya que Wireshark es gratuito, multiplataforma, y proporciona análisis específico para tráfico de VoIP.
7. Se debe realizar la implementación de la nueva tecnología de comunicación con equipos reales que permitan obtener un análisis completo de características como el etiquetado, manipulación del ancho de banda y suspensión del eco.

BIBLIOGRAFÍA

Paginas Webs

[1].Adaptador ATA. Ciudad Wireless Imagen del producto. Dlink DVG-5121SP Dlink Adaptador VoIP ATA 2 FXS portsrouters obtenido de: <http://www.ciudadwireless.com>

[2].Cisco. (2013, Febreo 5)CCNA Voice Calidad de servicio. Obtenido de http://www.forumtech.net/cisco/voice_1/voice1/otros/cap12-14.pdf.

[3].Cisco. (2013, Febreo 5)CCNA Voice Calidad de servicio. Obtenido de http://www.forumtech.net/cisco/voice_1/voice1/otros/cap12-14.pdf.

[4].Cisco. (2013, Febreo 5)CCNA Voice Calidad de servicio. Obtenido de http://www.forumtech.net/cisco/voice_1/voice1/otros/cap12-14.pdf

[5].Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6, ventajas. Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/13/cisco-ccna-todo-Sobre-ipv6-las-ventajas/>

[6].Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6, Espacio de direccionamiento. Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/13/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-espacio-de-direccionamiento/>

[7].Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6, Prefijo y notación. Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/14/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-prefijos-notacion/>

[8].Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6, Prefijo y notación.

Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/14/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-prefijos-notacion/>

[9]. Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6,Tipos de direcciones. Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/16/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-tipos-de-direcciones/>

[10].Blog, Eugenio Duarte. (2013, Abril 13). Todo sobre IPv6,Tipos de direcciones. Obtenido de <http://blog.capacityacademy.com/2013/04/16/cisco-ccna-todo-sobre-ipv6-tipos-de-direcciones/>

[11] Larry Petterson y Bruce Davie. "End-to-end protocol" en Fifth Edition Computer Network a System Aproach. EE.UU: Morgan Kaufman, 2011, p.447-456.

[12].Software Callcenter. (2011 Marzo). ¿Qué es una IP PBX? Obtenido de <http://www.softwarecallcenter.net/2011/03/%C2%BFque-es-un-ip-pbx/>

[13] Joaquin Andreu Gomez,"Centralita IP" en Servicio en Red. Madrid: Editex, 2010,p.269-275

[14]ElastixTech.(2013,Agosto 12).Caracteristicasde Elastix obtenido de: <http://elastixtech.com/curso-basico-de-elastix/caracteristicas-de-elastix/>

[15]ElastixTech.(2013,Agosto 12).Caracteristicasde Elastix obtenido de: <http://elastixtech.com/curso-basico-de-elastix/caracteristicas-de-elastix/>

Imágenes

[1]. Adaptador ATA. Ciudad Wireless Imagen del producto. Dlink DVG-5121SP Dlink Adaptador VoIP ATA 2 FXS portsrouters obtenido de: <http://www.ciudadwireless.com>

[2] Teléfono IP inalámbrico. Teléfono Ip Inalambrico Dp715 Grandstream, Asterisk, Voipred. Imagen obtenida de: <http://articulo.mercadolibre.com.co/>

[3]. Softphone.comunication IP comunicator. Imagen de producto obtenido de: http://soporte.fen.uchile.cl/mw/index.php/Configuracion_de_Software_Ip_Communicator

[4]. Elastix freedomcommunicate.(2015). Información del producto Obtenido de <http://www.elastix.org/index.php/es/informacion-del-producto/informacion.html>

ANEXOS

ANEXO 1

Instalación de Asterisk

Paso 1.- Elegir la versión que se usara

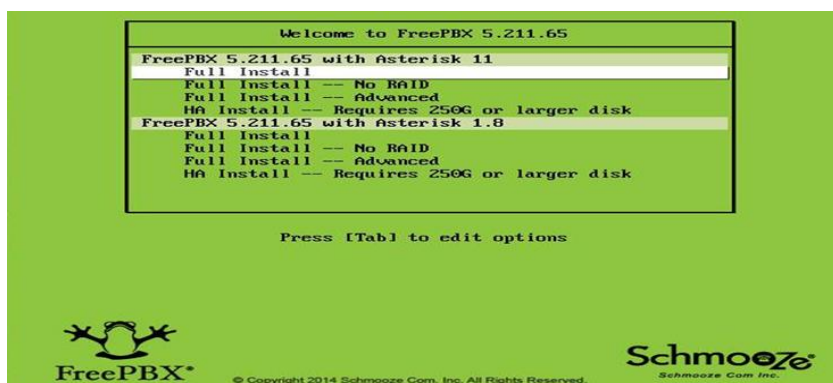


Figura 1: Escoger la version

Paso 2.- Habilitar la dirección IPv6 y la configuración manual.

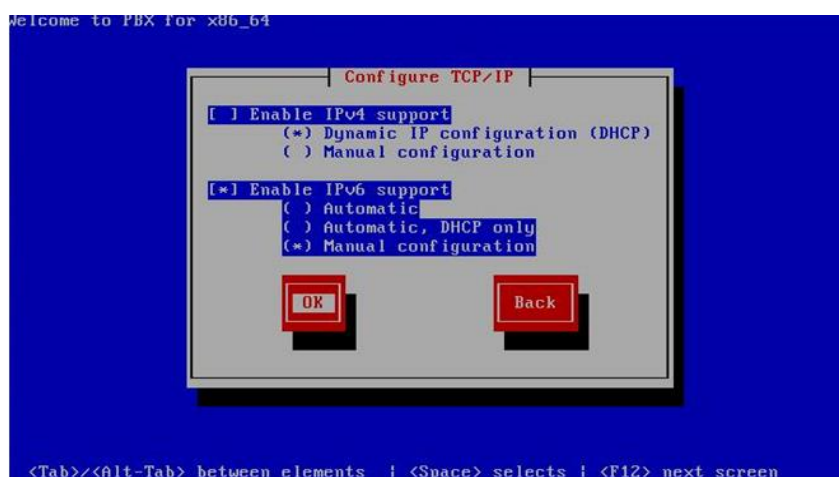


Figura 2: Escoger el tipo de direccionamiento

Paso 3.- Configurar los parámetros de direccionamiento.

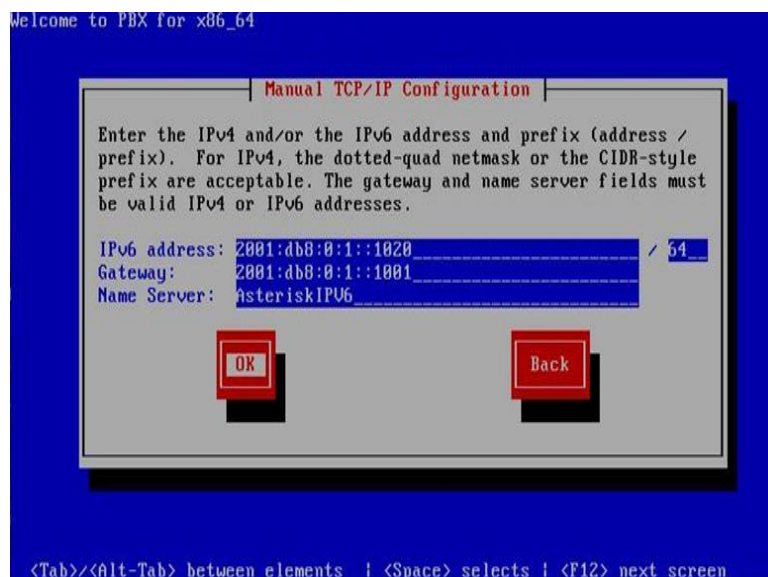


Figura 3: Configuración de los parámetros de red

Paso 4.- Configurar la zona horaria.

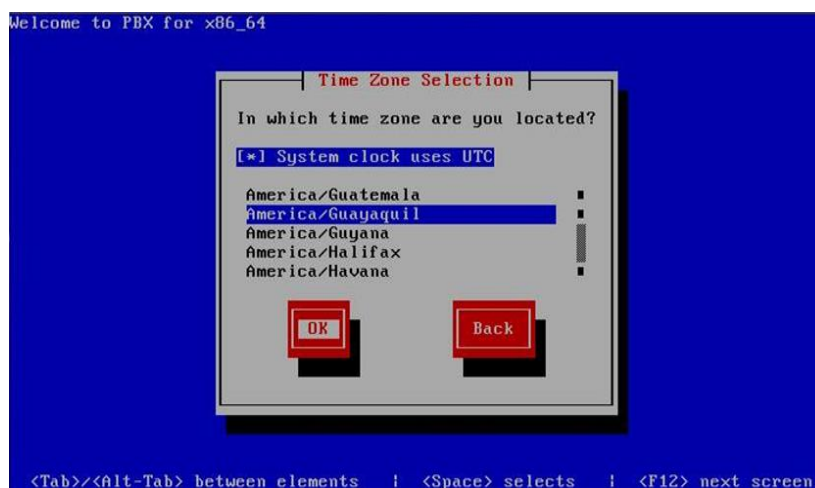


Figura 4: Escoger la zona horaria

Paso 5.- Configurar la contraseña.



Figura 5: Configurar la contraseña

ANEXO 2

Instalación de Elastix

Paso 1.- Se procederá a instalar Elastix, en primer lugar se iniciará el asistente que permitirá crear una máquina virtual en ella se definirá todas las características que tendrá el dispositivo virtualizado tal como memoria el nombre del equipo que en este caso será Elastix, el tipo de Sistema Operativo que en nuestro caso será Elastix; además de la versión de 32 bits.



Figura 6: Pantalla de configuración de parámetros

Paso 2.-Una vez que ya se eligió la cantidad de memoria, además de crear la imagen de disco virtual se procederá a abrir nuestra máquina virtual y cargar la imagen que contiene el Sistema Operativo Elastix. Debería aparecer la pantalla de bienvenida de Elastix.



Figura 7: Pantalla de imagen de bienvenida

Paso 3.- Luego de escoger el tipo de idioma que se usara en el proceso de instalación para el proceso de instalación.

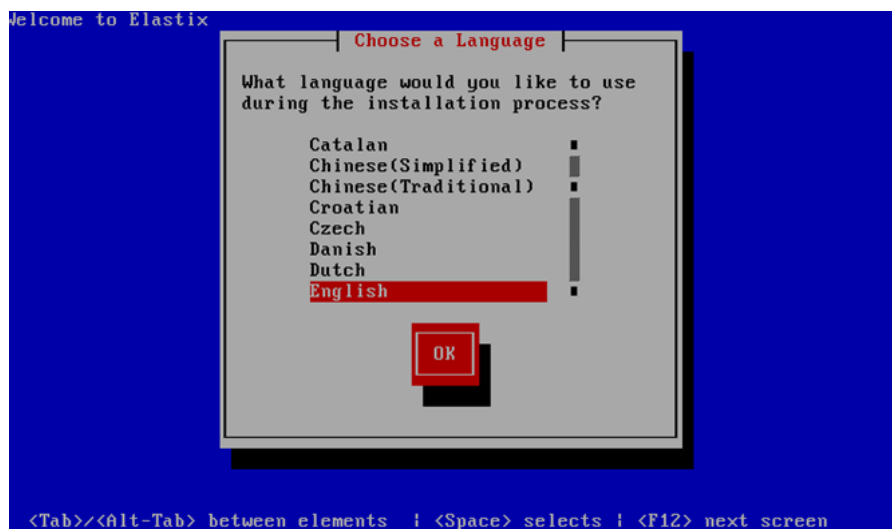


Figura 8: Pantalla para escoger el idioma

Paso 4.- Se elige el tipo de idioma que usara nuestro teclado.

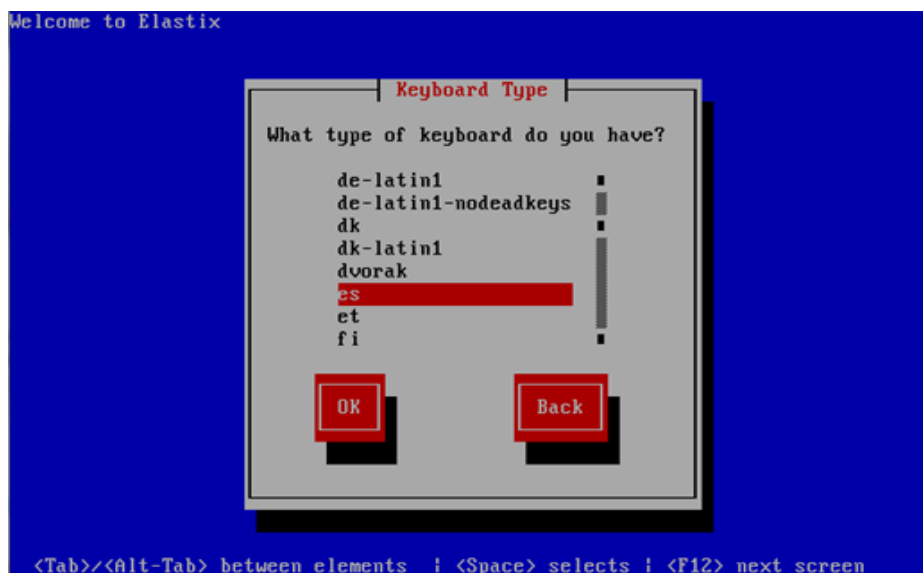


Figura 9: Pantalla para escoger el idioma del teclado

Paso 5.-Elegir el tipo de partición a usar

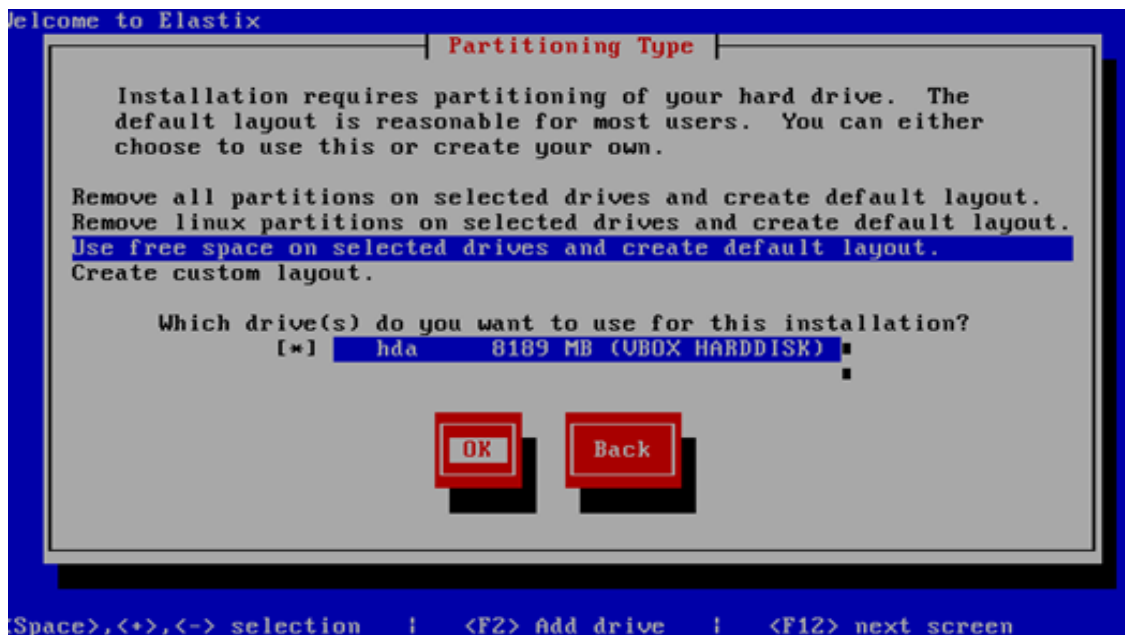


Figura 10: Pantalla de particiones de disco

Paso 6.- Luego de esto de haber definido el tipo de particionamiento se empieza a configurar las interfaces de red ponemos que si a la pregunta sobre si deseamos configurar la interface de red etho.

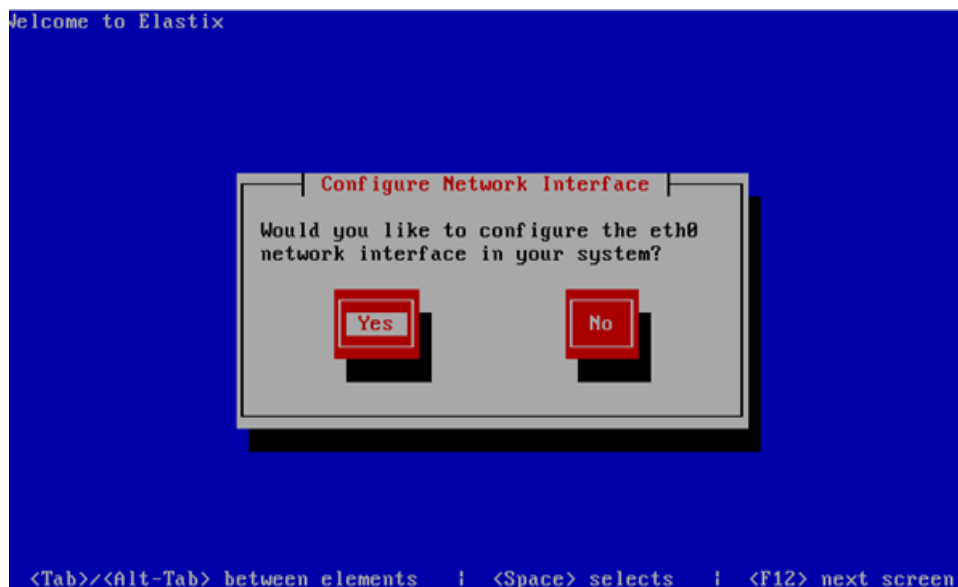


Figura 11: Pantalla para definir interfaces

Paso 7.-Luego de aceptar que se configura la interfaz de red, elegiremos la versión de direccionamiento que usará, estos pueden ser IPv4 o IPv6 en este caso se utilizara el último de los mencionados.

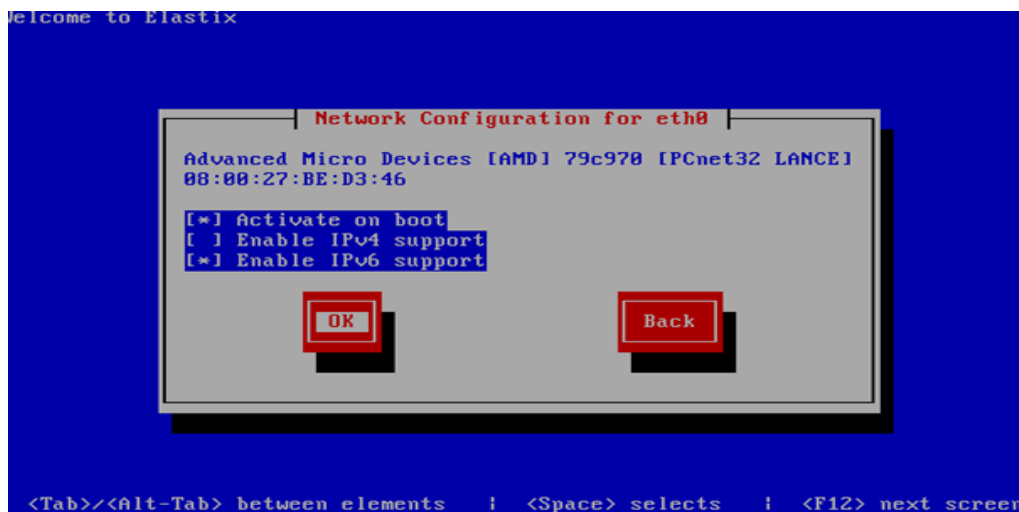


Figura 12: configurar las interfaces de red

Paso 8.-Luego de eso se presentara las opciones de como recibir una ip. Estos puede ser a través de:

- ❖ Descubrimiento automático de vecino
- ❖ Configuración dinámica con DHCP
- ❖ Configuración manual

Para este proyecto se usara la última opción (configuración manual), se configurara la dirección IP.

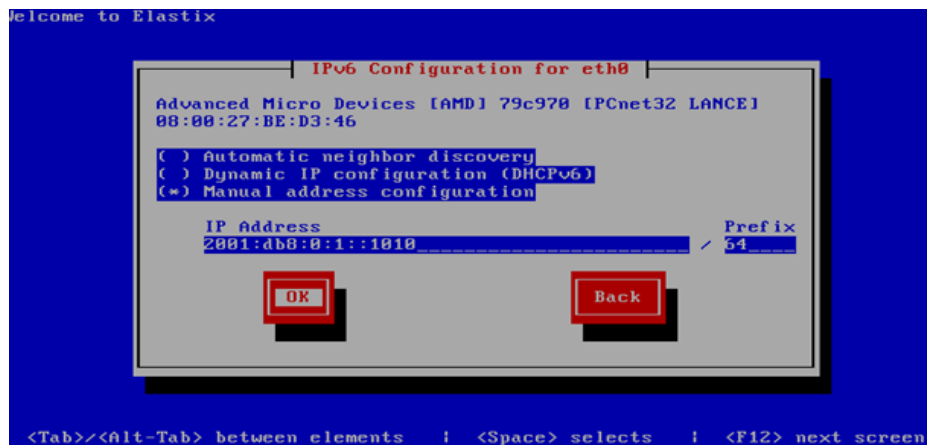


Figura 13: Configurando la IP

Paso 9.- Definir direcciones tanto para Gateway como para dns

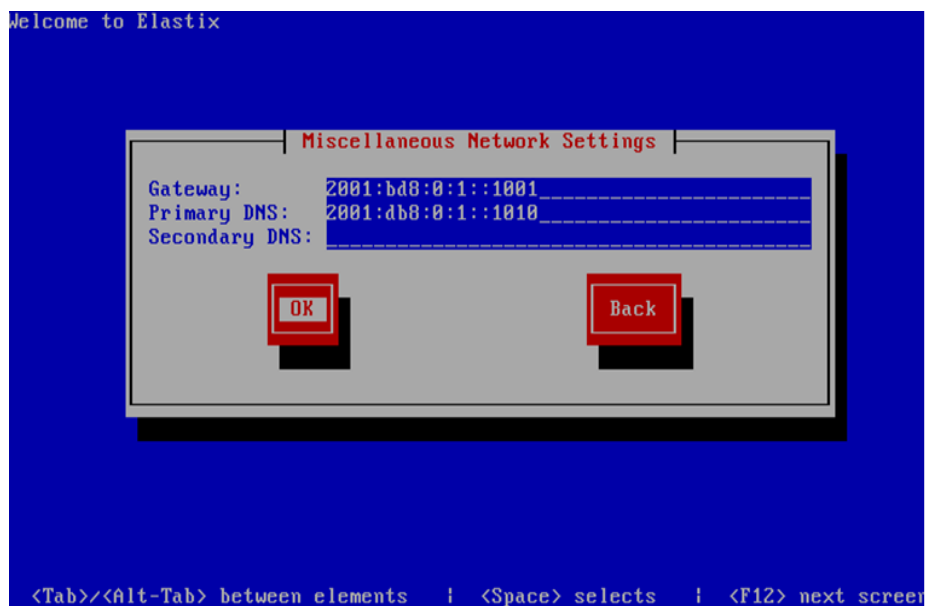


Figura 14: configurando el Gateway

Paso 10.- Se seleccionara el nombre del host (hostname), y lo colocará de forma manual.

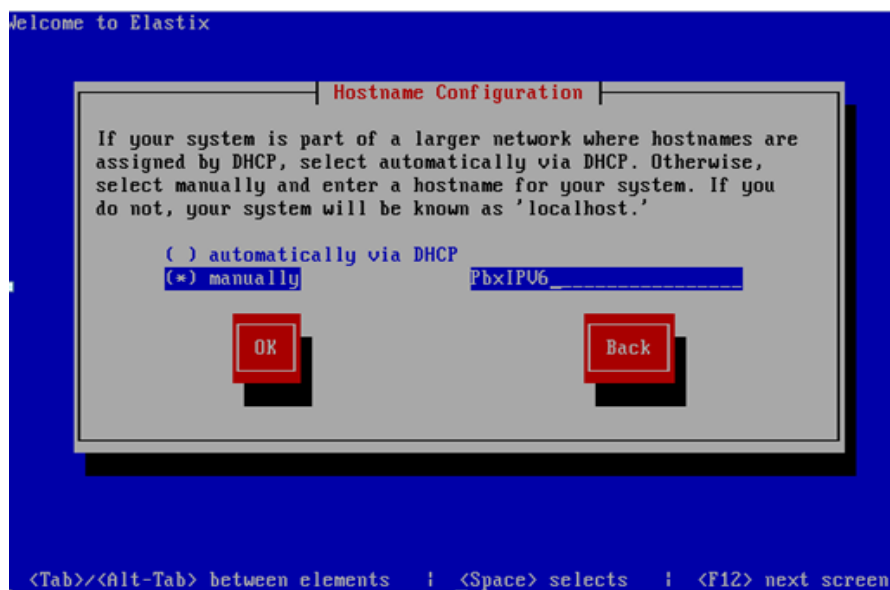


Figura 15: Elegir el nombre de host

Paso 11.- Selecciona la zona horaria.

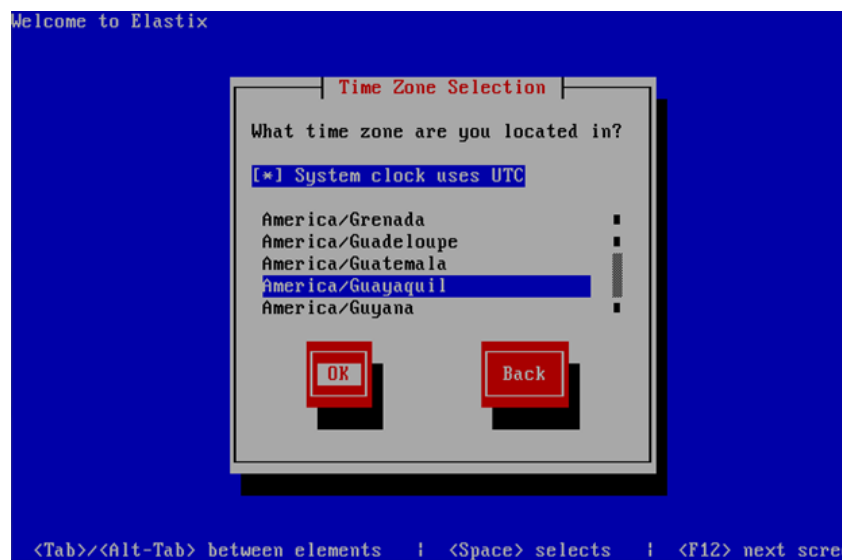


Figura 16: elegir la zona horaria

Paso 12.-Ahora colocar nuestro password de ingreso

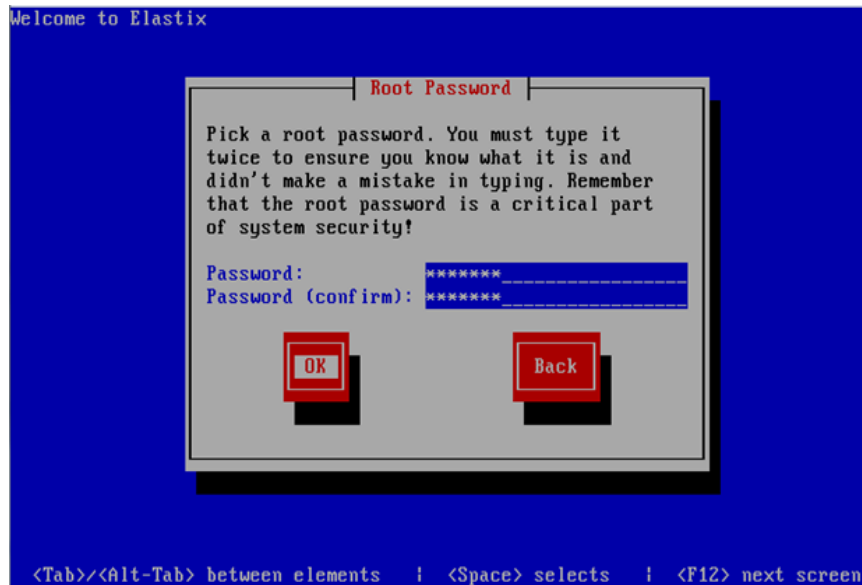


Figura 17: configurar la contraseña

Paso13.- automáticamente se empezara la instalación de los paquetes de Elastix.

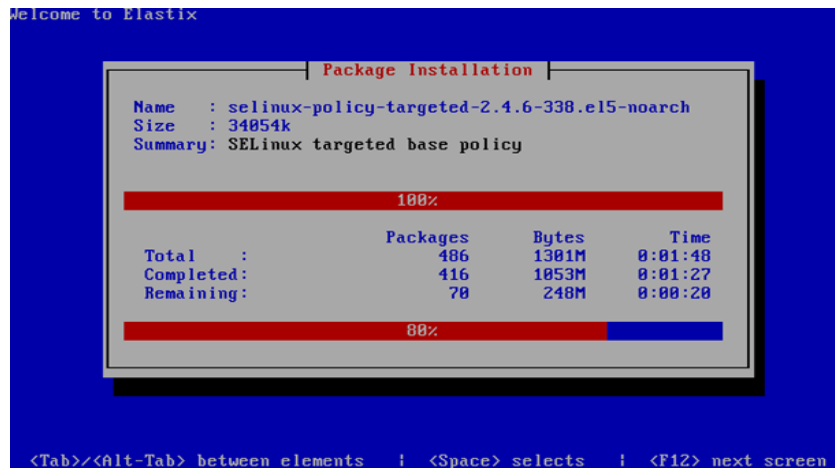


Figura 18: Instalación de paquetes

Paso 14.- Se escribe la contraseña de Mysql y de administrador de PBX.

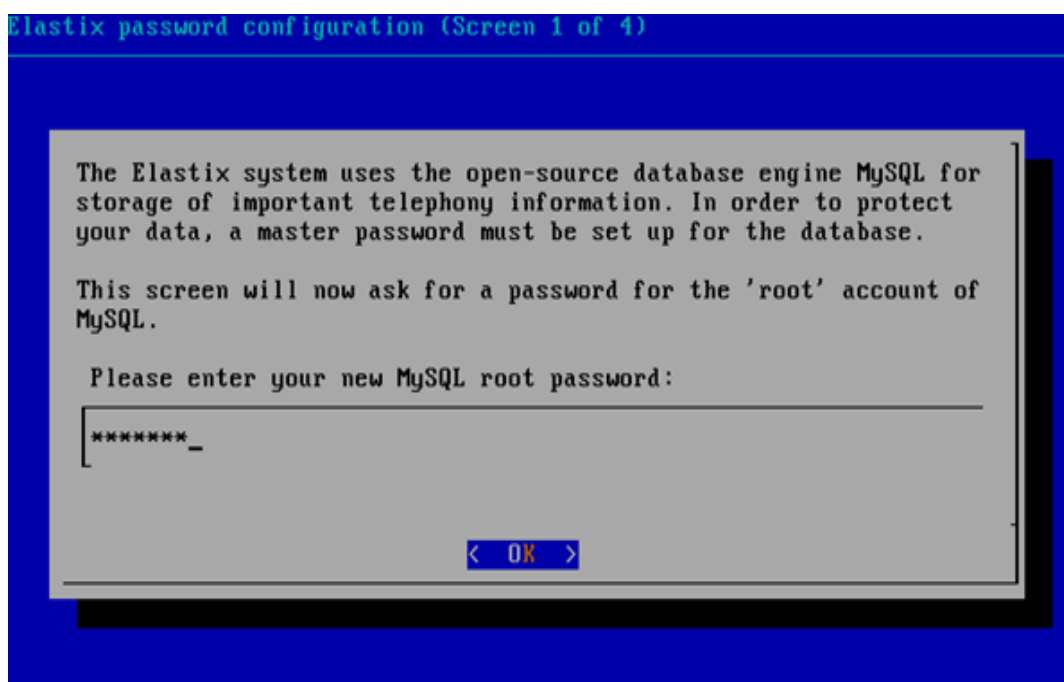


Figura 19: Contraseña de la base de datos MySQL

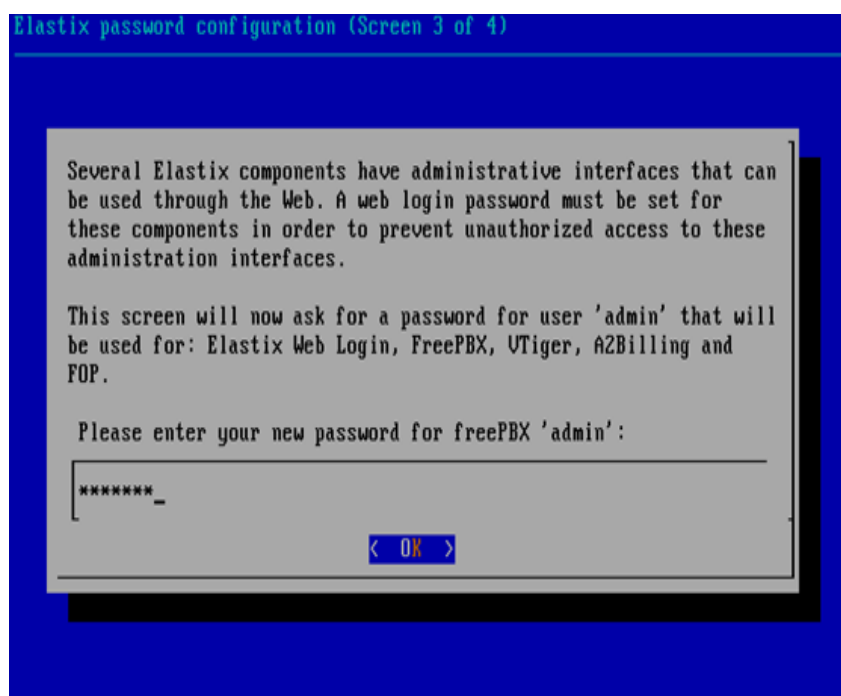


Figura 20: Contraseña de administrador

Paso 15. -Finalmente saldrá una pantalla de ingreso.

```
CentOS release 5.9 (Final)
Kernel 2.6.18-348.6.1.el5 on an i686

PbxIPU6 login: root
Password: _
```

Figura 21: Pantalla de bienvenida

ANEXO 3

Configuración de Elastix

Paso 1.- En una maquina cliente ingresar al servidor colocando la dirección ip que configuramos en el Elastix.

Paso 2.- Aceptar el certificado de seguridad para poder acceder al servidor desde un cliente.

Paso 3.- Saldrá la pantalla en donde se pedirá escribir el usuario y contraseña.



Figura 22: Credenciales del servidor Elastix

Paso 4.- Una vez que ingresamos nos saldrá la pantalla de Elastix y nos dirigiremos a la pestañas pbx.

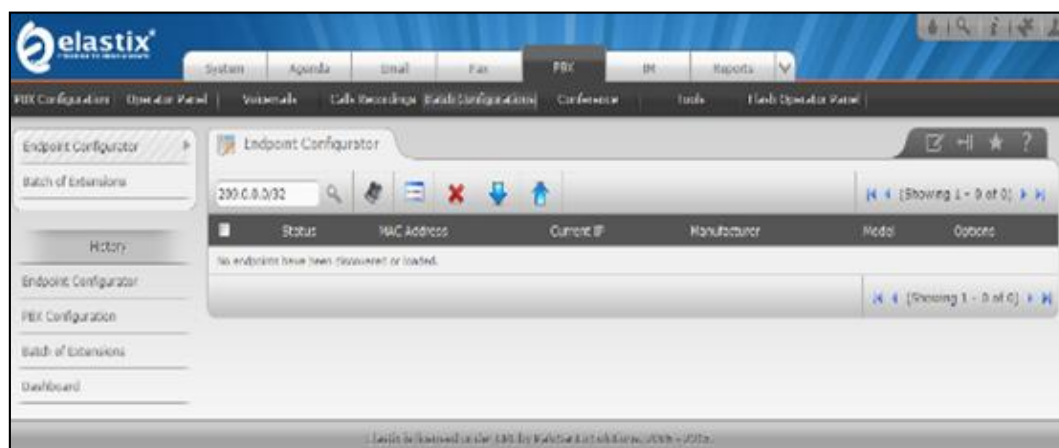


Figura 23: Pantalla principal de Elastix

Paso 5.- En la parte izquierda hay algunas pestañas se dirige a la pestaña Batch of extensión, en donde buscaremos el archivo en donde está guardada nuestra extensión.



Figura 24: Búsqueda de la extensión

Paso 6.- Finalmente agregar una extensión.

Display Name: avalla

User Extension: 2828

Call Waiting: DISABLED

Secret: User123

Tech: sip

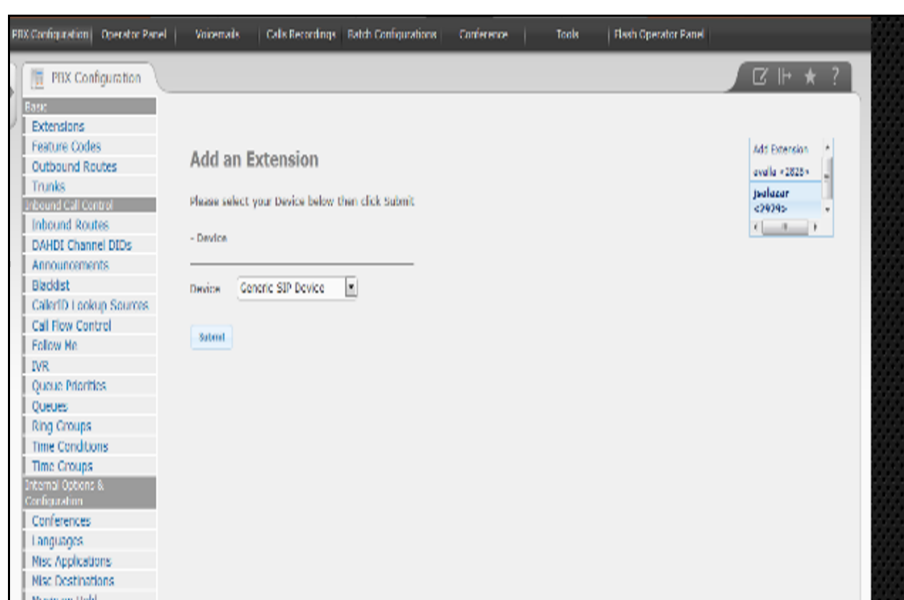


Figura 25: Agregar una extensión

Paso 7.- Acceder a la opción preferencias en el menú Options del programa Linephone.

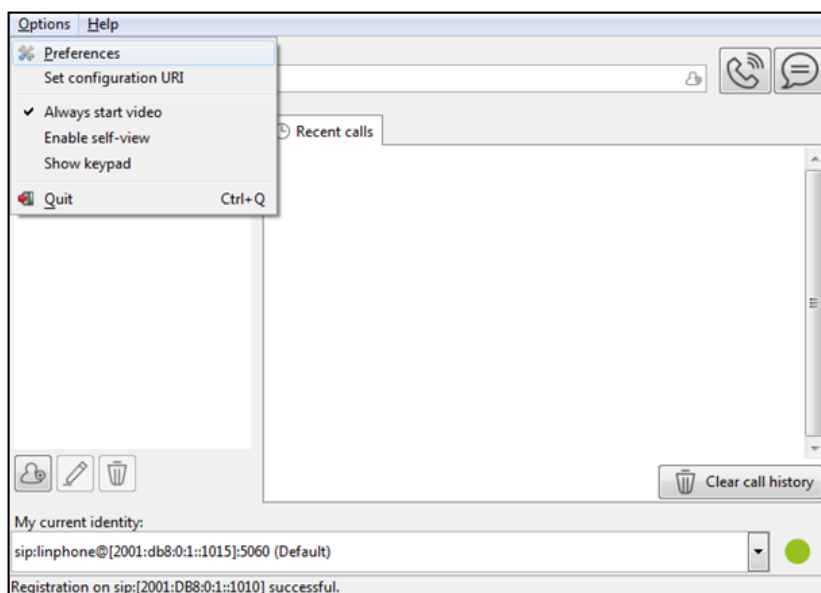


Figura 26: Configuración de Linephone

Paso 8.- Agregar una nueva cuenta y dirigirse a ADD.

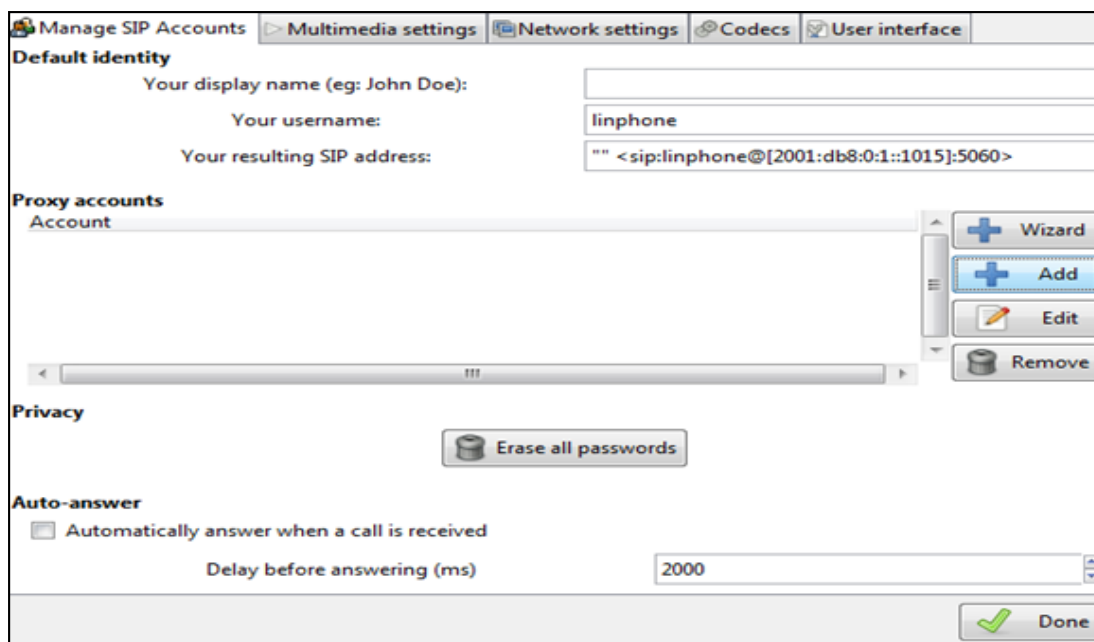


Figura 27: Agregar una cuenta en Linephone

Paso 9.- Configurar la cuenta SIP.

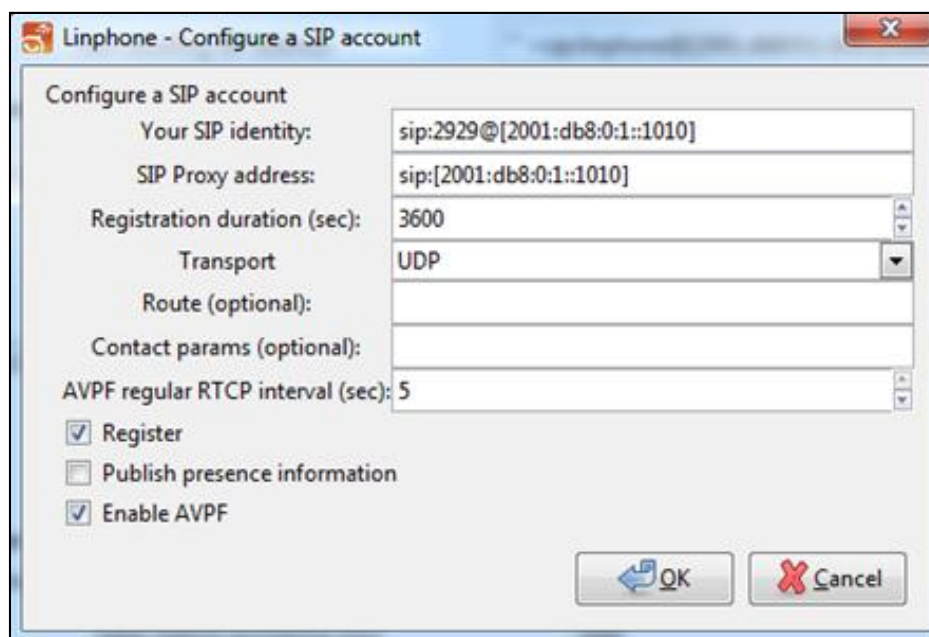


Figura 28: Registrar una cuenta SIP en Linephone

Paso 10.- Colocar nuestro userID y password

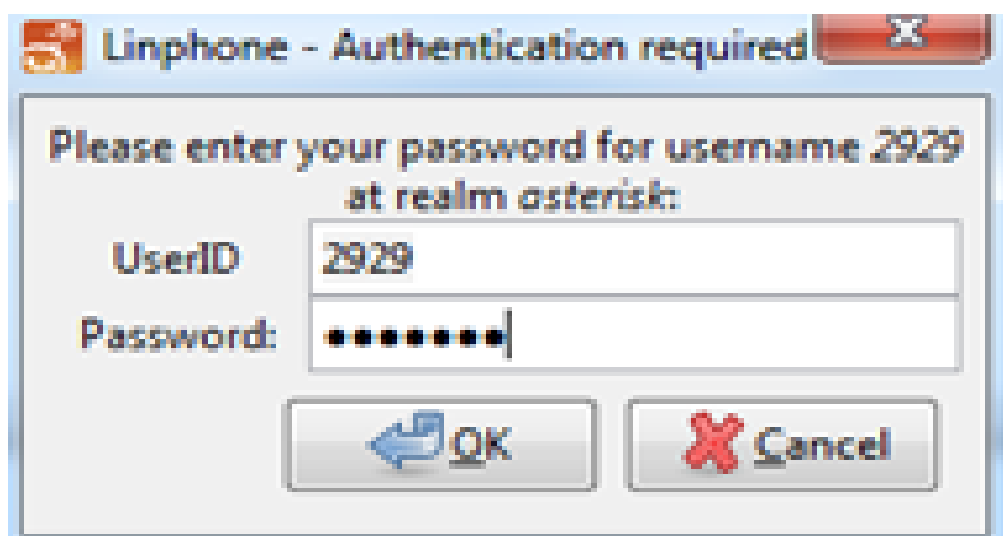


Figura 29: Credenciales para autenticarse en Elastix

.Paso 11.- Establecer la llamada entre clientes de Elastix.

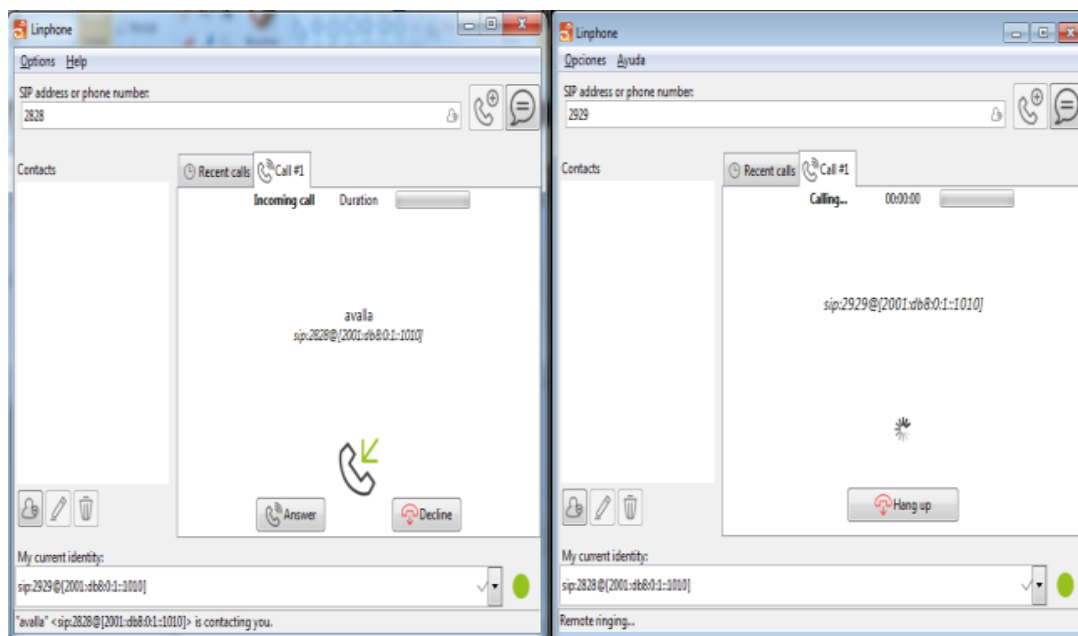


Figura 30: Llamada entre clientes de Elastix

ANEXO 4

Configuración de Asterisk

Paso1.- Ingresar al archivo de configuración **sip.conf** ubicado en ruta:

/etc/Asterisk/sip.conf

```

-----
Do NOT edit this file as it is auto-generated by FreePBX. All modifications to
this file must be done via the web gui. There are alternative files to make
custom modifications, details at: http://freepbx.org/configuration_files
-----
[general]
bindaddr=::

; These files will all be included in the [general] context
include sip_general_additional.conf

; sip_general_custom.conf is the proper file location for placing any sip general
options that you might need set. For example: enable and force the sip jitterb
If these settings are desired they should be set the sip_general_custom.conf fi

jbenable=yes
jbforce=yes

; It is also the proper place to add the lines needed for sip nat'ing when going
[ Wrote 58 lines ]
root@localhost ~]# _

```

Figura 31: Archivo de configuración de Asterisk

Paso 2.- Configurar estos parámetros para agregar las cuentas SIP

```

[3838]
type=friend
secret=User123
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=avlpbx

[3939]
type=friend
secret=User123
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=avlpbx
-
^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^U Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell

```

Figura 32: Agregar cuentas SIP en Asterisk

ANEXO 5**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1. 1: CRECIMIENTO DE LOS USUARIOS IPV6	2
FIGURA 1. 2: CABECERA DE IPV6	12
FIGURA 1. 3: SUITE DE PROTOCOLOS USADOS EN VOIP.....	19
FIGURA 1. 4: TELÉFONO IP.....	38
FIGURA 1. 5: ADAPTADOR DE TELÉFONO ANALÓGICO.....	38
FIGURA 1. 6: TELÉFONO IP INALÁMBRICO	39
FIGURA 1. 7: SOFTPHONE	39
FIGURA 3. 1: AMBIENTE DE TRABAJO	44
FIGURA 3. 2: CONFIGURACIÓN DEL JITTER	46
FIGURA 3. 3: TRÁFICO CAPTURADO EN EL EMISOR CON ELASTIX.....	46
FIGURA 3. 4: TRÁFICO CAPTURADO EN EL RECEPTOR CON ELASTIX	47
FIGURA 3. 5: FLUJO DE TRÁFICO CON ELASTIX	47
FIGURA 3. 6: LISTADO DE LLAMADAS CON ELASTIX	48
FIGURA 3. 7: COMUNICACIÓN ENTRE CLIENTE-SERVIDOR CON ELASTIX.....	48
FIGURA 3. 8: FLUJO RTP EMISOR CON ELASTIX.....	49
FIGURA 3. 9: ANÁLISIS DEL FLUJO RTP EMISOR CON ELASTIX	49
FIGURA 3. 10: FLUJO RTP RECEPTOR CON ELASTIX.....	50
FIGURA 3. 11: ANÁLISIS DEL FLUJO RTP RECEPTOR CON ELASTIX.....	50
FIGURA 3. 12: TRÁFICO CAPTURADO EN EL EMISOR CON ASTERISK	52
FIGURA 3. 13: TRÁFICO CAPTURADO EN EL RECEPTOR CON ASTERISK	52
FIGURA 3. 14: FLUJO DE TRÁFICO CON ASTERISK	53
FIGURA 3. 15: LISTADO DE LLAMADAS CON ASTERISK.....	53

FIGURA 3. 16: COMUNICACIÓN ENTRE CLIENTE-SERVIDOR CON ASTERISK	54
FIGURA 3. 17: ANÁLISIS DEL FLUJO RTP EMISOR CON ASTERISK	55
FIGURA 3. 18: ANÁLISIS DEL FLUJO RTP RECEPTOR CON ASTERISK	55
FIGURA 3. 19: ANÁLISIS DE PLATAFORMAS EN EL LADO EMISOR	57
FIGURA 3. 20: ANÁLISIS DE PLATAFORMAS EN EL LADO RECEPTOR	58

ANEXO 6

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3. 1: CLASIFICACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL UMBRAL ACEPTADOS NORMA ITU-T P800	45
TABLA 3. 2: PARAMETROS DE QOS DE ELASTIX.....	51
TABLA 3. 3: PARAMETROS DE QOS DE ASTERISK	56
TABLA 3. 4: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE SERVICIO.....	59

ANEXO 7

GLOSARIO

IP-PBX	Central Privada para Internet
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
QoS	Quality of Service (Calidad de Servicio)
Codec	Transforma los datos a un tipo de señal
SIP	Session Internet Protocol
MCU	Multipoint Control Unit (Unidad de control multipunto)
RTP	Real-Time Transport Protocol (Protocolo de transporte en tiempo real)
RTCP	RTP Control Protocol
RSVP	Resource Reservation Protocol (Protocolo de Reservacion de protocolo)
E1/T1	Enlaces troncales digitlaes (E1-32 canales) (T1-24 canales)
ECCP	Elastix Call Control Protocol (Protocolo de control de llamada Elastix)
VoIP	Voice Over Internet Protocol (Voz sobre protocolo de Internet)
GPL	General Public License (Licencia

	Publica General)
GSM	Global System for Mobile Communication (Sistema Global para comunicación móvil)
ILBC	Internet Low Bit rate Codec (Alta tasa de bit en internet)
IETF	Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)
OSI	Open System Interconnection (Sistema abierto de Interconexión)

ANEXO 8

