

## PRUEBAS DE ESCENARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA VOZ SOBRE IP EN CUBA

Ing. Yoan Larry Cecilio Nuñez<sup>1</sup>, Ing. Aileen Forte Moreno<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup>Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA, Calle 19 esquina B, Plaza de la Revolución,  
La Habana, Cuba.

<sup>1</sup>e-mail: yoanlarry.cecilio@etecsa.cu

<sup>2</sup>e-mail: aileen.forte@etecsa.cu

### RESUMEN

La necesidad de brindar el servicio de voz sobre IP en la red actual de ETECSA y el no contar con la definición de los escenarios de pruebas que permitan analizar y posteriormente establecer requerimientos técnicos, motivaron la realización de este trabajo. En el mismo se define inicialmente un diagrama para las pruebas que se llevaron a cabo, así como los principales elementos que serán utilizados en las mismas. Con la ayuda de un software para trazar la señalización de las llamadas, se realizaron un grupo de pruebas utilizando terminales multimedia fijos y móviles. Los resultados obtenidos nos permitieron arribar a conclusiones en lo que respecta al intercambio de mensajes de registro y control, así como el comportamiento del sistema en temas de facturación y calidad básica de la voz. Lo logrado con el trabajo nos lleva a afirmar que es posible desplegar la voz sobre IP en el país garantizando la seguridad del servicio en diferentes configuraciones.

**PALABRAS CLAVES:** VoIP, servicios, trazado, escenarios, prueba.

## TESTS OF SCENARIOS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE VOICE ON IP IN CUBA.

### ABSTRACT

The need to provide the voice over IP service in ETECSA's current network and the lack of definition of the test scenarios that allow analyzing and later establishing technical requirements, motivated this work. In it, a diagram is initially defined for the tests that were carried out, as well as the main elements that will be used in them. With the help of a software to trace the signaling of calls, a group of tests were carried out using fixed and mobile multimedia terminals. The results obtained allowed us to reach conclusions regarding the exchange of registration and control messages, as well as the behavior of the system in terms of billing and basic voice quality. What has been achieved with the work leads us to affirm that it is possible to deploy voice over IP in the country, guaranteeing the security of the service in different configurations.

**INDEX TERMS:** VoIP, service, trace, terminal, test.

### 1. INTRODUCCIÓN

La voz sobre IP (VoIP) [1] es uno de los términos que más se utilizan en nuestros días, tanto por lo novedoso como por la gran flexibilidad que brinda a los clientes y a las empresas que comercializan ese servicio. Su implementación conlleva al establecimiento de escenarios de pruebas que garanticen una adecuada calidad en la comunicación, optimización de los recursos de red que serán utilizados, así como un entorno seguro de red.

Esta tecnología ha ido ganado campo por los costos bajos en su administración, implementación y mantenimiento. Por este motivo pequeñas empresas y grandes (con sucursales) se ven en la necesidad de adquirir estas herramientas para un mejor desarrollo y desempeño de sus comunicaciones. Según estimaciones de la Consultora Market Research Future, se espera que el mercado global de telefonía IP crezca a una tasa anual de aproximadamente el 9% durante el 2017-2023. [7]

En Cuba dicho servicio no se brinda aún por parte de ETECSA y debido a que ya se cuenta con todas las condiciones técnicas, es importante para la empresa darse a la tarea de definir los escenarios que más se ajustan a las condiciones actuales de la red. La segunda etapa, que marca la continuación futura de este proyecto, consiste en ajustar los detalles para la final comercialización de la VoIP.

El objetivo general fue el de realizar las pruebas de campo del servicio de VoIP, teniendo en cuenta un grupo de escenarios previamente establecidos, que permitan contar con los datos necesarios para poder ajustar todos los detalles técnicos para entregar un nuevo servicio a los clientes. Por supuesto que dicho objetivo general llevó a establecer otros específicos, como definir el topológico de pruebas, estudiar las aplicaciones de VoIP y revisar las pizarras virtuales existentes. Teniendo en cuenta esos objetivos se seleccionan, según sea el caso, los elementos que más se ajusta al entorno de Cuba, lo que permite establecer un protocolo básico de pruebas que garantice, con sus implementación, el despliegue del servicio. Como último aspecto se encuentra el obtener resultados que avalen técnicamente la efectividad de la VoIP en el entorno cubano.

Es importante señalar, en lo que respecta a la calidad de la voz, que el objetivo no fue el analizar de manera detallada la misma (teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la UIT para definir la calidad de servicio (QoS) [2] tales como el jitter, latencia, pérdida de paquetes entre otros) dicho estudio será parte de un posterior trabajo en el proceso de implementación en la red del servicio. Para esta etapa nos centramos solamente en comprobar que el audio era aceptable, o sea que no se entrecortaba, no tenía eco, no se percibían demoras o vacíos en la llamada.

## 2. DEFINICIÓN DE LA TOPOLOGÍA Y PRUEBAS DE ESCENARIOS.

El definir correctamente el esquema general de las pruebas es un punto en que se debe tener mucho cuidado, pues un mal diseño inicial puede redundar en resultados incorrectos o incluso en resultados correctos pero que no posean todos los detalles que se necesitan para obtener conclusiones completas. La fig. 1 describe de manera general, en un diagrama en bloques, los elementos de red que participarán en los diferentes escenarios de prueba, a los cuales nos vamos a referir con más detalles cuando abordemos cada una de las mismas.

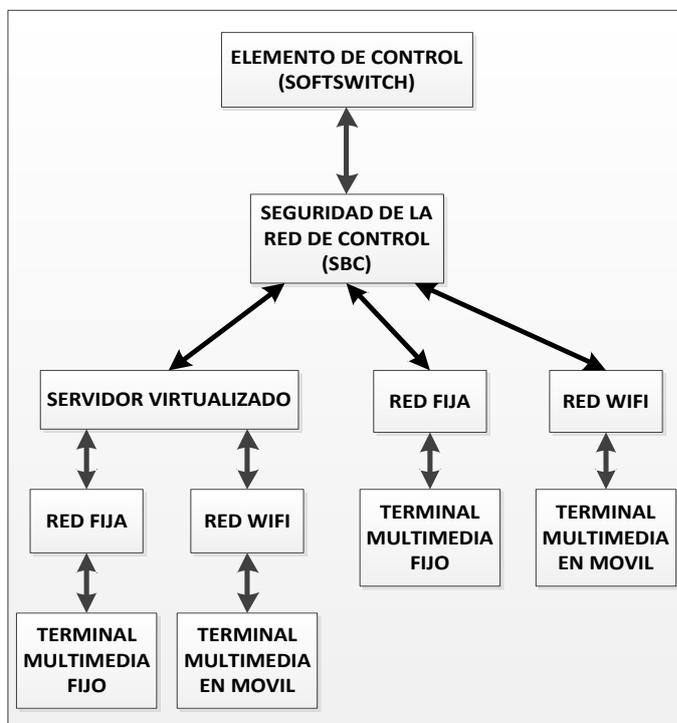


Figura 1: Escenarios generales para pruebas.

## Elementos de red utilizados.

Toda red de VoIP debe tener presente un grupo de elementos obligatorios para que sea funcional, así como otros opcionales que garantizan su operatividad. Lo anterior lleva a pensar que para implementar en una red real este tipo de servicio, no basta solo con tener un elemento de control y una red de transporte que garantice el funcionamiento, se necesita de elementos de seguridad que garanticen la integridad de los datos y minimice la posibilidad de ataques informáticos. Los aspectos antes mencionados se tendrán en cuenta en el momento de proponer las soluciones finales para brindar el servicio. A continuación definimos los elementos que se utilizaron en las pruebas:

- **Elemento de Control:** Softswitch del proveedor Huawei.
- **Seguridad de la red de control:** Controlador de borde de Sesión (SBC) del proveedor Huawei.
- **Servidor virtualizado:** *Sunfire X4170*.
- **Terminal multimedia fijo:** *3CXPhone*.
- **Terminal multimedia en Móvil:** *Sipdroid*.

Para lograr la conectividad utilizamos una red local, que garantiza el acceso a cada uno de los elementos que participaron en la prueba, y en todos los casos, las configuraciones se orientaron a lograr escenarios que fueran generalizables en el futuro.

## VoIP utilizando un servidor virtualizado.

La virtualización de red [3] puede ser definida como: una tecnología que posibilita la creación de particiones de red aisladas lógicamente sobre redes físicas compartidas. Esto incluye la agregación de múltiples recursos de un proveedor como un solo recurso. El virtualizar un servidor permite simular un escenario similar al que se puede encontrar en un centro de datos, lo que cumple con el objetivo de realizar pruebas que brinden datos que sean útiles para la posterior implementación del servicio en la red de ETECSA. Inicialmente se definieron los software a utilizar que incluye el hipervisor, el sistema operativo de la máquina virtual, el tipo de pizarra virtual a instalar sobre este y la aplicación de VoIP que se va a utilizar tanto en el terminal fijo como en el móvil:

- **Hipervisor:** *VMware EXSI 6.5*.
- **Sistema operativo:** *Centos 7*.
- **Pizarra virtual:** *Asterisk*.
- **Aplicación de VoIP:**
  - **Terminal Fijo:** *3CXPhone*.
  - **Terminal Móvil:** *Sipdroid*.

Ya con los elementos anteriores definidos se enciende el Servidor y se instala el hipervisor EXCI 6.5 el cual garantiza el poder establecer varias máquinas virtuales compartiendo los recursos de hardware, para la prueba específicamente se configura *4 G de RAM* y *80 G de memoria interna*. En este punto se define también la dirección IP que va a permitir la gestión remota del mismo desde cualquier punto de la red así como la posibilidad de interactuar de manera no presencial con el Sistema Operativo *Centos 7* Este además, de ser basado en Software libre, garantiza total compatibilidad con la pizarra virtual que será instalada sobre él. En el proceso de definición de datos se establece la dirección IP que será utilizada por los terminales de los clientes como Servidor de Registro y Proxy.

Posteriormente se procede a la instalación de la pizarra *Asterisk* [4], así como a la configuración de los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento Este último aspecto es muy importante, pues en este escenario, la conectividad de los terminales se realiza a través de la mencionada pizarra, y cualquier error en el proceso de definición de datos redundaría en un resultado final negativo. Después de instalada correctamente la pizarra, se procede a realizar todas las configuraciones necesarias para que la misma pueda conectarse al elemento de control. Este va a permitir el acceso a la tándem nacional, y por consiguiente, llamar a cualquier destino de la red dependiendo de la configuración del terminal multimedia. Dicho terminal no es más que la representación lógica en el elemento de control del servicio de VoIP.

La configuración de la pizarra incluye el establecimiento con el SBC de un Grupo de Tronco SIP por el cual se envía o recibe el tráfico de voz hacia la misma y se establecen políticas de Ancho de Banda que garanticen una adecuada Calidad de Servicio en la comunicación. El uso del SBC es uno de los puntos más importantes en la implementación de cualquier servicio de VoIP, ya que el mismo se soporta sobre las redes privadas de los clientes, y garantizar la seguridad de la red del proveedor de servicio es trascendental para evitar ataques externos y por consiguiente la vitalidad de esta. Dicho elemento de seguridad tiene entre sus funciones principales el ocultar el topológico de la red a la que se accede (la dirección IP o el rango de estas que conoce el cliente, es diferente al de la red real del proveedor), así como la protección de la misma de ataques externos. El SBC a su vez se enlaza con el elemento de control mediante otro Grupo de Tronco SIP. Solamente queda instalar la aplicación en cada uno de los terminales y garantizar el acceso de los mismos a la pizarra mediante la red de transporte, la misma funcionará como *Servidor Proxy* para todo lo que refiere al registro y *Servidor de Encaminamiento* de las llamadas. Como ya habíamos visto en la Fig. 1, la prueba se divide en dos partes, el acceso a través de la red fija y de la wifi.

### Acceso a través de la Red Fija.

La posición de red que utilizamos está localizada, con el objetivo de lograr simplicidad, en el mismo segmento que utilizamos para la pizarra, lo cual garantiza el acceso directamente a la misma, por supuesto que en un escenario real se debe garantizar el acceso remoto. Como ya había definido, la aplicación que se instala es el *3CXPhone*, en la Fig. 2 se muestra la interface gráfica de la misma.



Figura 2: Terminal multimedia *3CXPhone*.

Configurar el terminal multimedia requiere de un grupo de datos previamente definido en la PBX virtual pues, como ya mencionamos, la misma constituye el *Servidor Proxy* y *Servidor de Encaminamiento* para la aplicación. De manera general se necesita la dirección IP del Servidor (las funciones de registro y encaminamiento se unifican en este caso) el número que se le asigna al cliente, así como el identificador del mismo unido a una contraseña. Se debe tener claro que en este escenario, donde la pizarra se encuentra como “intermediaria”, la numeración que se asigna no tiene que necesariamente pertenecer a la red donde se encuentra el elemento de control, pues la misma puede ser manipulada por la pizarra. En una red tradicional se busca que estas coincidan para no hacer más complejo el proceso de análisis. La Fig. 3 muestra la interfaz que brinda el terminal seleccionado.

Figura 3: Configuración del Terminal Multimedia.

Ya configurado el terminal este se registra de manera automática en la pizarra (Fig.4) y ya está en condiciones de probar el acceso del mismo a la red. Para esto establecimos un conjunto de pruebas de llamadas el cual se define a continuación:



Figura 4: Proceso de Registro del terminal multimedia a través de la pizarra.

- *Llamada interna a la pizarra.* Para lograr esta prueba se configura un segundo terminal multimedia, de manera que se pueda llamar entre ellos lo que garantiza la comunicación interna incluso sin la conexión al elemento de control.
- *Llamada externa (local, nacional, móvil e internacional).* Esta prueba necesita de la configuración de los permisos de entrada y salida del Terminal Multimedia en la pizarra, pues como ya vimos, esta es la que

controla el registro y encaminamiento del Terminal. Se realiza llamada en salida del terminal y en entrada desde la red pública.

**Llamada interna a la pizarra.**

Creadas ya las condiciones de configuración en la pizarra, se efectúa la llamada y se utiliza el Wireshark [5] como software para monitorear el correcto funcionamiento a nivel de señalización. La Fig. 5 muestra el intercambio de mensajes al realizar una llamada donde solamente la pizarra participa (no se envía información al elemento de control a través del SBC). La otra variante sería establecer que la pizarra siempre utilice la vía del SBC-Softswitch, pero la configuración anterior es la recomendada para optimizar ancho de banda y a su vez disminuir el procesamiento en el elemento de seguridad. Se comprobó además que el audio se aprecia calidad adecuada y que la pizarra es capaz de facturar correctamente la llamada. Todo lo anterior demuestra que el servicio de VoIP utilizando la conectividad a través de la pizarra utilizando un terminal multimedia funciona correctamente.

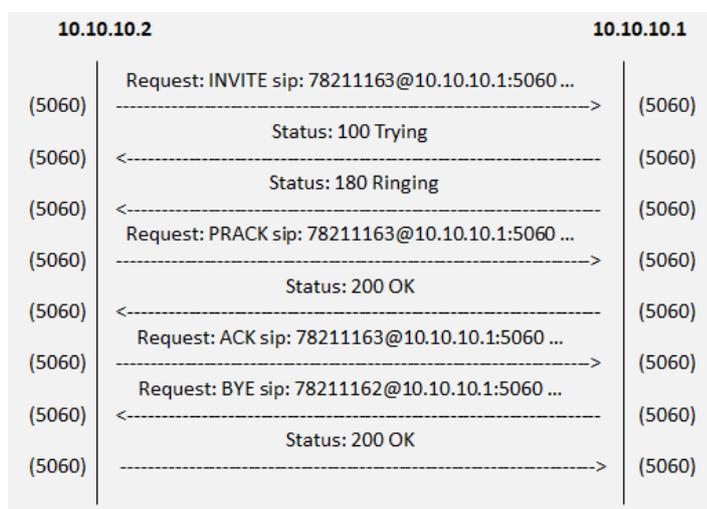


Figura 5: Llamada exitosa a través de la pizarra.

**Llamada externa a la pizarra.**

Para efectuar una llamada externa a la pizarra se necesita, como ya expresamos anteriormente, una configuración en la pizarra que garantice la entrada/salida de las llamadas, así como la correcta configuración del camino hacia el elemento de control de la red (Softswitch) a través del elemento de seguridad (SBC). En el caso de este tipo de llamadas, la demostración del correcto funcionamiento es un poco más complicada debido a que en la misma se necesita de la pizarra para el proceso de registro del terminal, el SBC para lograr la seguridad y el Softswitch para permitir el acceso a la red. En la Tabla 1 se muestran las direcciones IP de los elementos que participan en la comunicación, en la cual no se incluye el de la pizarra virtual pues en la configuración de la misma se define que se mantenga el IP del terminal multimedia y no el de esta (en este caso 10.10.10.1).

Tabla 1: Direcciones IP de los elementos que participan en el trazado.

IP	ELEMENTO
10.10.10.2	TERMINAL MULTIMEDIA
10.10.10.3	SBC LADO ACCESO
10.10.20.3	SBC LADO CORE
10.10.20.1	SOFTSWITCH

La demostración de la efectividad de la prueba a nivel de señalización se realizó con el software propio del SBC de Huawei debido a que este se encuentra en una posición intermedia en el escenario (la pizarra se conecta por la interfaz que mira al cliente, conocido también como “lado” acceso y el Softswitch por la que mira a la red nacional o “lado” Core). La fig. 6 muestra el flujo de mensajes para la prueba.

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	Message Interface Type	Message Type
10.10.10.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	INVITE
10.10.10.3	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	100 TRYING
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	INVITE
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	100 TRYING
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	183 SESSION PROGRESS
10.10.10.2	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGRESS
10.10.10.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	PRACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	PRACK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.3	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	180 RINGING
10.10.10.1	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	180 RINGING
10.10.10.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	PRACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	PRACK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.3	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK
10.10.10.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	ACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	ACK
10.10.10.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	BYE
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	BYE
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.1	5060	10.10.10.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK

Figura 6: Llamada exitosa hacia la red nacional. Terminal conectado a la pizarra.

En este escenario se comprueba que el audio posee la calidad adecuada, aspecto este muy importante por tenerse un elemento de seguridad que controla los paquetes RTP (Real Time Protocol) y que en caso de errores afectaría directamente dicha calidad. Igualmente se chequea la correcta facturación de la llamada en la pizarra. Todo lo anterior demuestra que la conectividad en salida a la red nacional, utilizando un terminal multimedia conectado a la pizarra funciona correctamente a nivel de señalización de control y registro.

### Acceso a través de la Red Wifi.

La diferencia entre este escenario y el anterior viene dada por el acceso a la pizarra virtual y el tipo de terminal en el que se instalan los clientes multimedia. Para lograr este utilizamos como simulador de la red Wifi un AP (Access Point) que permite el encaminamiento del tráfico hacia la red donde se encuentra la pizarra (además de asignar por DHCP una dirección IP del rango definido para la prueba) y como terminal multimedia instalamos en un teléfono móvil el Sipdroid. Se debe aclarar que el acceso a este tipo de red puede efectuarse igualmente desde un terminal fijo con acceso a la wifi y que igualmente tenga instalado el 3CXPhone, lo cual nos llevaría al escenario *Acceso a través de la Red Fija* con una transmisión diferente. La interfaz gráfica de la aplicación móvil utilizada se muestra en la Fig.7.

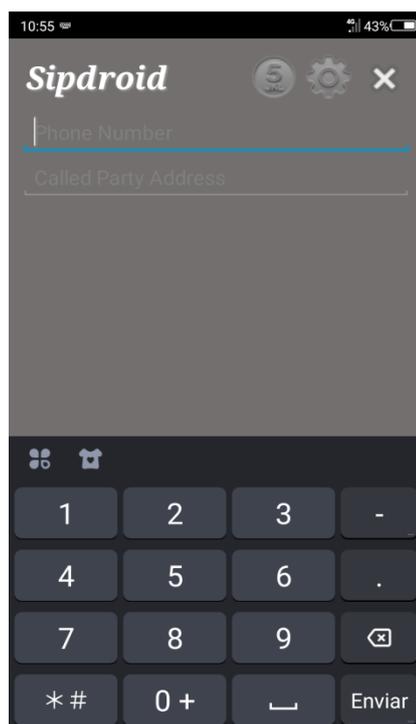


Figura 7: Terminal multimedia Sipdroid.

Los datos necesarios para configurar el terminal, al igual que vimos en el caso anterior son la dirección IP del Servidor, el número que se le asigna al cliente, así como el identificador del mismo unido a una contraseña. En la Fig. 8 se muestra la interfaz y los datos necesarios.

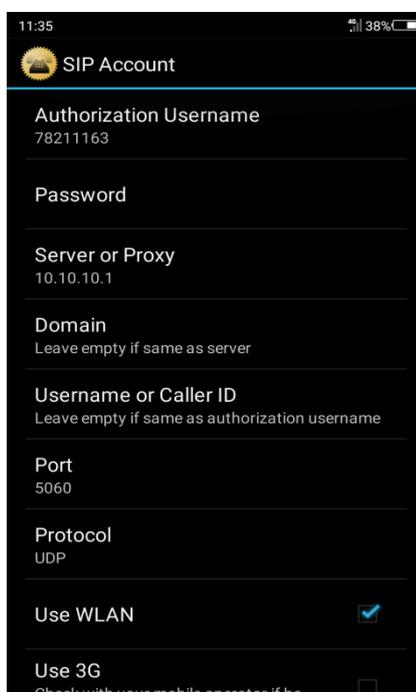


Figura 8: Configuración del Terminal Multimedia.

Después que el terminal se registra (el trazado es el mismo que se muestra en la Fig. 4) se procede a probar los dos escenarios ya definidos con anterioridad. En esta configuración se estableció que el IP del terminal sea asignado por

el AP mediante DHCP, en un rango previamente definido que no es significativo en este caso, ya que el mismo no se tiene en cuenta en el momento del registro en la pizarra que es elemento que controla el estado del terminal.

- *Llamada interna a la pizarra.*
- *Llamada externa (local, nacional, móvil e internacional).*

**Llamada interna a la pizarra.**

En este escenario los resultados obtenidos son similares a los del punto anterior con el mismo nombre, debido a que en el mismo solo cambia la forma en que el terminal accede a la pizarra para registrarse. Por lo que la Fig. 5 representa el comportamiento de la llamada con la única diferencia que el IP del terminal cambió a 10.10.10.200 que se encontraba en el rango asignado por el AP conectado a la pizarra. Al analizar la cabecera y el campo SDP en los mensajes SIP no se observa ningún parámetro diferente con respecto a los de un terminal multimedia fijo. Lo más significativo en esta prueba radica en que se comprobó una calidad adecuada la calidad del audio a través de la red wifi, incluso establecimos una situación con varios terminales conectados a la misma vez sin afectaciones siempre que se mantuvo como condición tener un ancho de banda superior a 256Kb/s. Se chequeó además la correcta facturación de la llamada.

**Llamada externa a la pizarra.**

Al igual que en el caso de igual nombre anterior, se garantizó en la pizarra la configuración para el proceso de registro del terminal y del encaminamiento de la llamada, así como la definición en el SBC para lograr la seguridad y el Softswitch para permitir el acceso a la red. El establecimiento de la llamada sigue el flujo mostrado en la Fig. 6, con la única diferencia que el IP del dispositivo se asigna por DHCP de igual forma que en el punto anterior (10.10.10.200). Los resultados con respecto a la voz fueron positivos en lo que refiere a la calidad del audio siempre que se garantizó un ancho banda superior a 256Kb/s. Se confirmó que el mecanismo para la facturación fue efectivo.

**VoIP utilizando terminal multimedia directamente a través de la red fija.**

Las pruebas con este escenario necesitaron de una configuración, a nivel de encaminamientos en los equipos de transporte, que garantizara el acceso desde el punto de pruebas de la red hasta el elemento de seguridad (encargado de enviar dicho tráfico hacia el elemento de control). Dicha configuración es uno de los aspectos a tener en cuenta en el momento de establecer las políticas para implementar el servicio comercialmente. El terminal multimedia para este caso va a utilizar como elemento de registro el SBC de manera que los mensajes para este proceso se envían directamente.

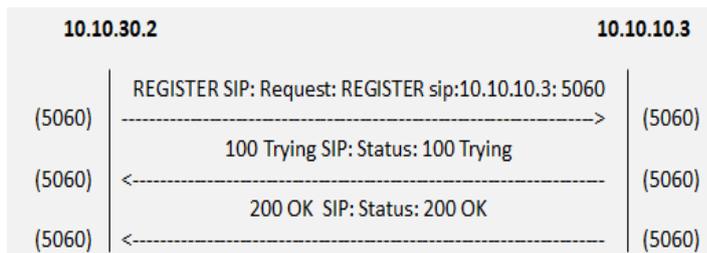


Figura 9: Proceso de Registro del terminal multimedia directo al SBC.

Al efectuar la llamada, se puede observar en el flujo de mensajes (trazado) que no hay diferencias en el proceso de registro, esto se debe a que al ser la pizarra el elemento que realiza esta función. La dirección IP que envía esta sigue siendo la del terminal, aun cuando el intercambio es entre esta y el SBC. En este caso varía el IP del terminal, como ya vimos en el proceso de registro anterior. Al establecer la llamada (Fig. 10) se comprobó que el audio tenía una calidad adecuada lo cual además confirma la correcta configuración del elemento de control en lo que respecta al manejo del tráfico RTP al estar conectado directamente el terminal. Igualmente se comprobó que el elemento de control de la llamada (Softswitch) efectuó correctamente la facturación de la misma.

Source Address	Source Port	Destination Address	Destination Port	Message Interface Type	Message Type
10.10.30.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	INVITE
10.10.10.3	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	100 TRYING
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	INVITE
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	100 TRYING
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	183 SESSION PROGRESS
10.10.30.2	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	183 SESSION PROGRESS
10.10.30.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	PRACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	PRACK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.3	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	180 RINGING
10.10.10.1	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	180 RINGING
10.10.30.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	PRACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	PRACK
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.3	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK
10.10.30.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	ACK
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	ACK
10.10.30.2	5060	10.10.10.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	BYE
10.10.20.3	5060	10.10.20.1	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	BYE
10.10.20.1	5060	10.10.20.3	5060	>TRACE_SIPC_UP	200 OK
10.10.10.1	5060	10.10.30.2	5060	<TRACE_SIPC_DOWN	200 OK

Figura 10: Llamada exitosa hacia la red nacional. Terminal conectado directo al SBC.

**VoIP utilizando terminal multimedia directamente a través de la red wifi.**

La configuración de este escenario es más compleja, debido a que el AP al que se conecta el terminal multimedia móvil debe tener la característica de encaminar el tráfico hacia el SBC a través de la red de transporte. Dicho AP además tiene la funcionalidad de asignar por DHCP una dirección IP del rango, con acceso al mencionado elemento de seguridad. Otro aspecto que varía, al igual que en el punto anterior, es que el elemento de registro que será definido como servidor proxy tiene la dirección IP del SBC (su funcionalidad de ocultar la topología de la red pública lo impone).

El proceso de registro del terminal así como el flujo de mensajes de señalización al efectuar la llamada no difiere del que se mostró en la Fig. 9, incluyendo el cuerpo y el campo SDP de los mensajes. La calidad de la voz que se obtiene es la adecuada teniendo siempre que se garantice en el enlace 256Kb/s, además de comprobarse en el elemento de Control que se almacena correctamente la facturación.

**3. CONCLUSIONES.**

Con el análisis de los resultados en los diferentes escenarios, podemos llegar a conclusiones interesantes:

- Los escenarios definidos, así como las configuraciones realizadas en los mismos nos confirman que el servicio de VoIP puede implementarse en diferentes escenarios dependiendo de las características del cliente.
- Se establecieron configuraciones básicas para el hipervisor, pizarra virtual, SBC, Softswitch y terminales multimedia (fijo o móvil) que garantizaron el funcionamiento del servicio y que sientan bases para la futura implementación..
- En el proceso de pruebas, se establecieron un conjunto de pasos y se colectaron un grupo de datos, que servirán como guía para oficializar un procedimiento de instalación del nuevo servicio de VoIP.

Todo lo anterior nos permite afirmar que técnicamente es viable la implementación del servicio de VoIP en la red de ETECSA. Teniendo igualmente en cuenta los resultados obtenidos, recomendamos darle continuidad a las pruebas, centrándolas en la medición de los principales parámetros que validan una adecuada calidad de servicio, variando el ancho de banda del enlace y los diferentes codec de audio. Dicha continuidad forma parte de la segunda etapa de este proyecto, cuyo objetivo final es implementar la VoIP como servicio para los clientes.

## REFERENCIAS

- [1] T. Wallingford, «Switching to VoIP: A Solutions Manual for Network Professionals», O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 2006.
- [2] N. Vogel, T. Fisher y B. Schulties, «Lifewire,» 02 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.lifewire.com/measure-voice-quality-3426718>.
- [3] S. d. E. ITU-T, «Recommendation ITU-TY.3011: Framework of network virtualization for future networks» Ginebra, 2012.
- [4] N. Younas Rana, «Designing and Optimization of VoIP PBX Infrastructure», Department of computer science and technology University of Bedfordshire, 2013.
- [5] Wireshark Foundation, «Wireshark,» [En línea]. Available: <https://www.wireshark.org/>.
- [6] «Telecom and VoIP Summit: Telecom sector business model is outdated », mar. 23, 2020 Available :<https://www.channelconnect.nl/specials/telecom-voip-2020/telecom-en-voip-summit-businessmodel-telecomsector-is-verouderd-5/> (accedido: may. 30, 2020).
- [7] «Mercado de telefonía IP: tendencias, desafíos y más». Available: <https://www.centralip.cl/mercado-telefonía-ip-2019-2023/> (accedido: sep. 20, 2020).
- [8] A. Behl y K. Behl, «An Analysis of Security Implications in Session Initiation Protocol (SIP)», en 2013 7th Asia Modelling Symposium, Hong Kong, jul. 2013, pp. 275-280, doi: 10.1109/AMS.2013.48.
- [9] «VoIP Supply» [En línea]. Available: <https://www.voipsupply.com/digium-1a4b00f>. (accedido: abr. 20, 2020).
- [10] L. M. Lazo, «WIFI ETECSA “Evolución Tecnológica”», presentado en Informática 2016, XVI Convención y Feria Internacional, La Habana, Cuba, 2016.
- [11] Palosanto Solutions, «Avanzada7.com,» [En línea]. Available: [https://www.avanzada7.com/download/1747\\_Elastix\\_User\\_Manual\\_Spanish\\_0.9-alpha.pdf](https://www.avanzada7.com/download/1747_Elastix_User_Manual_Spanish_0.9-alpha.pdf). (accedido: ene. 20, 2020).
- [12] H. M. Chong and H. S. Matthews, “Comparative analysis of traditional telephone and voice-over-internet protocol (voip) systems,” in IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2004. Conference Record. 2004. IEEE, 2004, pp. 106–111.
- [13] H.-T. Wu, M.-H. Yang, and K.-W. Ke, “The design of qos provisioning mechanisms for wireless networks,” in Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2010 8th IEEE International Conference on. IEEE, 2010, pp. 756–759.
- [14] F. Anjum, M. Elaoud, D. Famolari, A. Ghosh, R. Vaidyanathan, A. Dutta, P. Agrawal, T. Kodama, and Y. Katsube, “Voice performance in wlan networks-an experimental study,” in GLOBECOM'03. IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE Cat. No. 03CH37489), vol. 6. IEEE, 2003, pp. 3504–3508.

## SOBRE LOS AUTORES

**Yoan Larry Cecilio Nuñez.** Ingeniero en Telecomunicaciones. En la actualidad es Especialista B en telemática. Departamento de Soporte Especializado en la Vicepresidencia de Operaciones de la Red (VPOR) en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA) Es profesor Instructor de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE). Número de ORCID 0000-0002-2850-0379.

**Aileen Forte Moreno,** Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica. En la actualidad es Especialista A en Informática. Departamento de Plataformas en Vicepresidencia de Operaciones de la Red (VPOR) en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA (ETECSA). Es profesora Instructora de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE). Su número de ORCID es 0000-0003-2877-7084

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores en relación al contenido del artículo aquí reflejado, aunque dos pertenecen a ETECSA y otro a la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Tampoco existe conflicto de intereses entre los autores y las instituciones a las que están afiliados, ni con ninguna otra institución.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

### **Yoan Larry Cecilio Nuñez:**

Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

### **Aileen Forte Moreno:**

Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

Ambos autores contribuyeron con las ideas que se plasman en el artículo.

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de hacer disponible gratuitamente investigación al público. Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License. Se permite la copia y distribución de sus manuscritos por cualquier medio, siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores y no se haga uso comercial de las obras.

