

# LABORATORIO DE VOZ SOBRE IP (VOIP) Y SU IMPLEMENTACIÓN EN LAS REDES AVANZADAS UTILIZANDO CÓDIGO ABIERTO.

## Wilfredo Antonio Bolaños

Licenciado en Computación Administrativa Empresarial  
Docente Investigador

## Ronald Edgardo Rivas

Licenciado en Computación Administrativa Empresarial  
Docente Investigador

## René Alfredo Mendoza

Licenciado en Sistemas Informáticos Administrativos  
Docente Investigador

## RESUMEN

Este proyecto se desarrolló con recursos del Fondo de Investigación de El Salvador (FIES) del Ministerio de Educación de la República de El Salvador y con el aporte de la empresa de telecomunicaciones SALNET y de la Universidad Católica de El Salvador.

El proyecto incluyó la identificación de la mejor alternativa de software para una plataforma de Voz sobre IP (VoIP), la cual incluye sistemas operativos, software de ruteo, servidor proxy IP, software de virtualización, firewall y softphone utilizando código abierto en cada uno de ellos.

Así también se incluyó un estudio sobre la mejor opción de software de código abierto para ruteo y su integración con equipos de ruteo CISCO.

El proyecto realizó experimentación con diversos equipos y dispositivos de Voz IP para luego implementar la plataforma de Voz sobre IP con el software y hardware seleccionado.

El Laboratorio de Voz sobre IP instalado consta de 2 routers CISCO, 2 routers utilizando código abierto, Servidores Proxy IP, Firewalls, teléfonos IP, Teléfonos Wireless, teléfonos análogos, softphones y switches de red.

Se han realizado pruebas exitosas de Voz sobre IP (VoIP), utilizando las redes avanzadas, con Universidades miembros de RAICES y con RNP (NREN de Brasil). Actualmente se está implementando en las Universidades miembros de RAICES y se está enlazando con el servidor Proxy SIP de CLARA (Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas).

**Palabras Clave:** VoIP, Voz sobre IP, RAICES, Redes Avanzadas, Internet2, Telefonía

## Introducción

Este proyecto es el resultado de la investigación denominada “Plataforma de Voz IP (VoIP) en las redes avanzadas utilizando código abierto”, el cual fue desarrollado por la Universidad

Católica de El Salvador con financiamiento del FIES (Fondo de Investigación de Educación Superior) del Ministerio de Educación de El Salvador en un 75%, la Universidad Católica de El Salvador en un 19% y un 6 % de cooperación de la empresa de telecomunicaciones SALNET.

La investigación incluyó la identificación de la mejor alternativa de software para sistemas operativos, servidor proxy IP, software de virtualización, firewall y softphone. Así también se incluyó un estudio sobre la utilización de software para ruteo. Además se realizó experimentación con diversos equipos y dispositivos de Voz IP para luego implementar la plataforma de Voz sobre IP con el software y hardware seleccionado.

La investigación generó un manual de la plataforma de Voz sobre IP (VoIP) para aplicarse en dos productos resultantes de la investigación que son: Plataforma de Voz sobre en un ambiente de Laboratorio y un Servidor de Voz sobre IP en las redes avanzadas.

## **1. Descripción de la Plataforma de Voz sobre IP**

Voz sobre IP es un grupo de recursos tecnológicos que hacen posible transmitir comunicaciones de voz sobre una red de datos basada en el estándar IP.

Entre los protocolos utilizados en VoIP se tienen SIP, H.323, Minet, IAX, IAX2 y otros.

En el proyecto se ha utilizado el protocolo SIP (Session Initiation Protocol/ Protocolo de iniciación de sesión), el cual es un protocolo simple de señalización y control utilizado para telefonía y Video -conferencia sobre las redes IP. Fue creado por el IETF MMUSIC Working Group.

SIP es un protocolo de señalización para establecer las llamadas y conferencias en redes IP, utilizando el puerto 5060 tanto en UDP como TCP. El RFC de SIP fue originalmente publicado en febrero 1996: RFC2543 y actualmente se tiene el RFC 3261 de fecha Junio 2002.

SIP es utilizado con otros protocolos IETF para construir arquitecturas multimedia completas. Entre estos protocolos están: RTSP (Real Time Streaming protocol), RTP (Real Time Transport Protocol-RFC3550), MEGACO (Gateway Control protocol) y SDP (Session Description Protocol).

SIP es un protocolo de control (señalización) de la capa de aplicación, para crear, modificar y terminar sesiones entre varios participantes. Las sesiones incluyen llamadas telefónicas por la red, multimedia, conferencias multimedia.

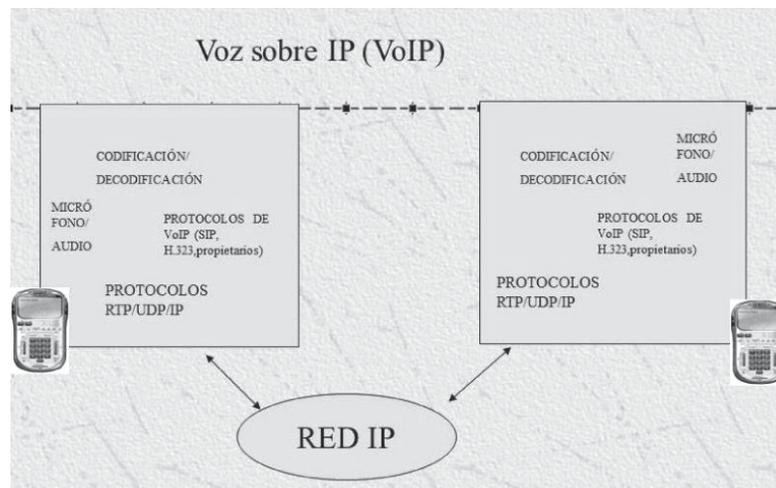
La sesión se considera como el intercambio de datos entre varios participantes. Los agentes de usuarios (user agent), envían solicitudes de registro, invitación a sesiones y otras solicitudes. El SIP también sufre de NAT o restricciones firewall.

**Codificador/Decodificador.** En VoIP el CODEC del transmisor convierte la señal analógica de Voz en una señal digital, luego, en el extremo receptor se realiza la tarea inversa para reproducir la señal «original».

Se utiliza la codificación estándar PCM (Pulse Code Modulation-Modulación por codificación de pulsos). Entre los códecs más utilizados se tienen los estándares ITU:

- G.711 (PCM de frecuencias de voz), del cual se tienen dos leyes de codificación: la G.711u y la G.711a. G.711u (estándar ITU para E.U., de complejidad baja, con flujo de datos de 64 Kbps. y MOS (Mean opinion Score) de 4.0 y el G.711a (Estándar ITU para Europa y México, 64 Kbps. y MOS 4.0).
- G.723.1 (5.3 Kbps, MOS 3.9).

- G.729 (8 Kbps, MOS 3.7).
- El MOS (Pulse Code Modulation-Modulación por codificación de pulsos), es un método de determinación subjetiva de la calidad de voz y está definido en ITU-T P.800, en donde 5=excelente; 4=buena, 3=regular, 2=mediocre, 1=mala).
- En el proceso SIP el cliente (user agent) envía solicitud al servidor Proxy invocando un método en él, se determina la dirección URI del cliente al que se llama, retornando la información al cliente que inició la llamada y luego el servidor enruta la llamada (encaminamiento de la señalización, autenticación y autorización, interpreta las solicitudes (métodos register, invite, ack, cancel, bye) y encamina el mensaje).



**Fig. 1** Esquema de tecnología de Voz sobre IP (VoIP)

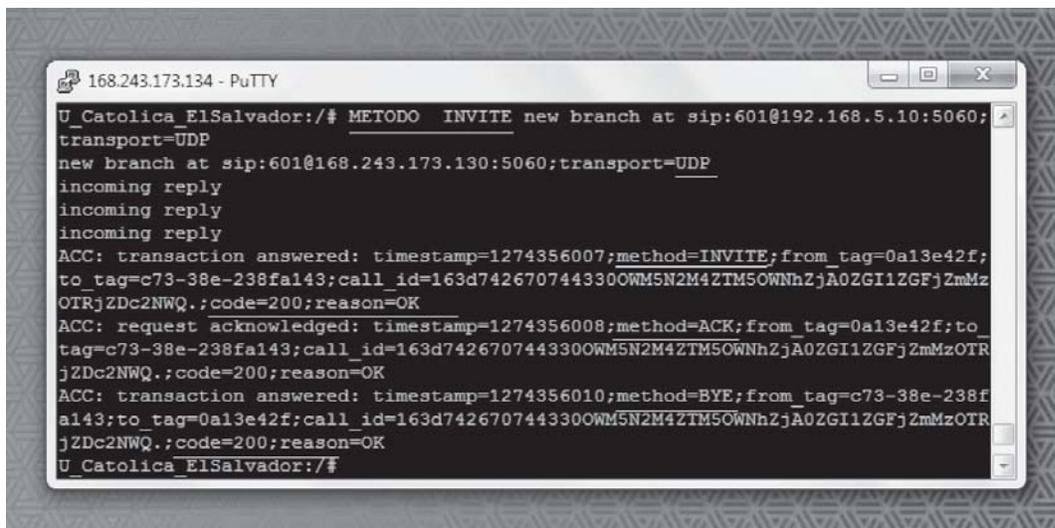


Fig. 2 Flujo de mensajes SIP en una llamada VoIP.

## 2. Ventajas de la Tecnología Voz Sobre IP

La plataforma de Voz sobre IP (VoIP) ofrece muchas ventajas utilizando las redes informáticas existentes utilizando el protocolo IP, entre las que se mencionan:

- La alternativa de utilizar una plataforma de VoIP de código abierto o software libre genera a las empresas alto desempeño de las aplicaciones con menores costos de implementación, ya que se utiliza software con licenciamiento GPL (Licencia Pública General), la cual permite descargar, instalar y modificar el software de forma libre y gratuita.
- Aprovechamiento de las redes avanzadas utilizadas por los miembros de RAICES.
- Utilización de este servicio (VoIP) de

parte de las comunidades académicas, científicas e investigadores como herramienta valiosa para la comunicación e integración de las mismas.

- Desarrollo y despliegue de la tecnología de VoIP en las redes académicas avanzadas salvadoreñas, así como su posible integración con las de CLARA u otras.
- Integración a redes de datos existentes en las instituciones o empresas.
- Estabilidad, seguridad y buen desempeño de la plataforma.
- Bajos costos de implementación y despliegue.
- Uso de estándares de comunicación y voz.

- Independencia de la capa física y de enlace de las redes de datos.

En una plataforma de telefonía tradicional existen altos costos de implementación ya que son desarrolladas utilizando sistemas propietarios. Éstas no permiten la integración y escalabilidad requeridas actualmente por las empresas, las cuales, en su mayoría, cuentan con una infraestructura de red.

Existen en el mercado plataformas de Voz Sobre IP con licenciamiento propietarios, lo que genera grandes costos en concepto de licenciamiento de los servidores y de acceso de parte de los clientes así como de soporte a los mismos. Estos sistemas, debido a los protocolos propietarios que utilizan, no permiten la integración de aplicaciones y dispositivos que no han sido desarrollados o implementados por los fabricantes de la plataforma.

La plataforma de Voz sobre IP, al utilizar código abierto, permite la completa integración con aplicaciones y dispositivos utilizando los estándares de VoIP.

### 3. Objetivos Específicos de la Investigación

La plataforma de VoIP que se implementó es resultado de una investigación aplicada sobre hardware y software libre para VoIP, el cual a través de diversas pruebas y configuraciones, ha permitido seleccionar la mejor alternativa tanto para servidores como para clientes que permitan el funcionamiento efectivo de la

plataforma.

El objetivo general de la investigación ha sido implementar una plataforma de Voz sobre IP (VoIP) en las redes avanzadas utilizando código abierto.

Los objetivos específicos alcanzados por medio de la investigación son:

- Identificar la mejor alternativa de software libre para VoIP tanto para servidores como para clientes.
- Experimentar los diferentes equipos y dispositivos a utilizar en la plataforma de VoIP.
- Desarrollar con el hardware y software seleccionado, la configuración adecuada que permita el funcionamiento efectivo de la plataforma.

### 4. Productos resultantes

Como producto resultante de esta investigación se implementaron un Servidor de Voz sobre IP en las redes avanzadas (RAICES: Red Avanzada de Investigación, Ciencia y Educación Salvadoreña) y una plataforma de Voz sobre en un ambiente de Laboratorio utilizando código abierto:

#### 4.1. Plataforma de Voz sobre en un ambiente de Laboratorio

Para la implementación del Laboratorio de Voz sobre IP (VoIP) se realizó experimentación con diferentes equipos y dispositivos y con diferentes software de código abierto que permitieran un funcionamiento efectivo de la plataforma.

Referente al ruteo de las redes en el Laboratorio se buscó una alternativa de código abierto que fuera compatible con enrutadores CISCO, por lo que luego se analizó que diversas distribuciones de GNU/Linux proveen la capacidad de usar los tradicionales demonios de ruteo y puerta de enlace pero implican configuraciones engorrosas y capacidades limitadas, por lo que se analizaron alternativas de software de código abierto diseñado específicamente para ruteo verificaron diversos software entre los que se mencionan: quagga, xorp, openbgpd, xebra, fresco, open-router Project y Vyatta, comprobando que todos estos proyectos de ruteo tienen sus ventajas y desventajas, algunos han permitido que otros proyectos continúen, otros son obsoletos, otros mantienen un desarrollo agresivo hasta contar con appliances, etc. Luego del respectivo análisis se determina que Quagga es la mejor solución a la implementación de Router al proyecto de VoIP por las siguientes razones:

- Quagga, por ser Open Source, es de libre distribución, por lo que no tiene un valor comercial o una licencia que exija cierto

pago. Igualmente, Vyatta y XORP son Open Source, con lo que gozan de los mismos derechos con que cuenta Quagga, con la diferencia que éstos se incorporan a productos comerciales, por lo que llevan implícito cierto pago por soporte y por el appliances que acompañan.

- Por tener una interface o tipo de sistema parecido a Cisco IOS, lo hace manejable y alcanzable por todas las personas que han usado, entrenado o aprendido el sistema operativo de Cisco, logrando un gran alcance de usuarios.
- El Cisco IOS es poco alcanzable por muchos usuarios, debido a que su costo es muy alto. No es instalable pero si configurable, por lo que presenta ese beneficio que para otros es desventaja por el hecho que la instalación provee una manera personalizable de acomodar las características del router a diferentes necesidades.

Quagga al igual que los enrutadores CISCO, maneja las características básicas como Static Routing, los protocolos RIP y OSPF y aunque Quagga no tiene implementado Firewall y NAT, estas no son desventajas por el hecho que las distribuciones Linux donde éste se ejecute, pueden implementar ambas características si se desean.

Referente al servidor Proxy VoIP se utilizó Openser, software de código abierto con licenciamiento GPL, basado en el protocolo SIP. Tiene sus orígenes en el proyecto SER

(SIP Express Router) y actualmente ha sido continuado por el Proyecto Kamailio. Openser tienen entre sus funciones principales recibir y procesar mensajes SIP, Gateway hacia servidores de aplicaciones, soporte modular y de métodos de autenticación, autorización y accounting.

Para los clientes SIP se recomienda la utilización de X-Lite y Linphone a nivel de software y sobre teléfonos IP (hardware), de los cuales existen diversas marcas, se utilizaron modelos Linksys (ahora Cisco Small Business) y MITEL sin ningún inconveniente, así también se utilizaron Adaptadores ATA Linksys para incorporar teléfonos convencionales análogos. Todos estos clientes VoIP, los cuales soportan el protocolo SIP, no presentaron ningún inconveniente.

Se implementó el Laboratorio de Voz sobre IP (VoIP) para realizar las diversas pruebas de la tecnología de VoIP así como para desarrollar un recurso Didáctico y demostrativo para las comunidades académicas salvadoreñas. Este laboratorio sirvió de base para implementar el Servidor VoIP en las redes Avanzadas (RAICES).

El Laboratorio consiste en 4 redes con sus respectivos equipos de ruteo, servidor Proxy IP, teléfonos IP, softphone y/o ATA (Adaptadores telefónicos Análogos).

Para el ruteo de 2 redes se utilizó el software de código abierto Quagga instalado sobre GNU/Linux Debian Lenny. Para el ruteo de las otras 2 redes se adquirieron router CISCO 2960.

En las redes que utilizan el software Quagga como router, se configuró un firewall utilizando GNU/Linux Debian e IPTABLES, el cual realizaba el proceso de NAT y se habilitaron los puertos de SIP y mediaproxy.

Cabe mencionar que el laboratorio se configuró según especificaciones reales utilizadas en RAICES referentes al direccionamiento IP y al protocolo de ruteo (OSPF).

Se utilizó el software VirtualBox para instalar de forma virtualizada el Servidor Proxy VoIP Openser y el GNU/Linux Firewall.

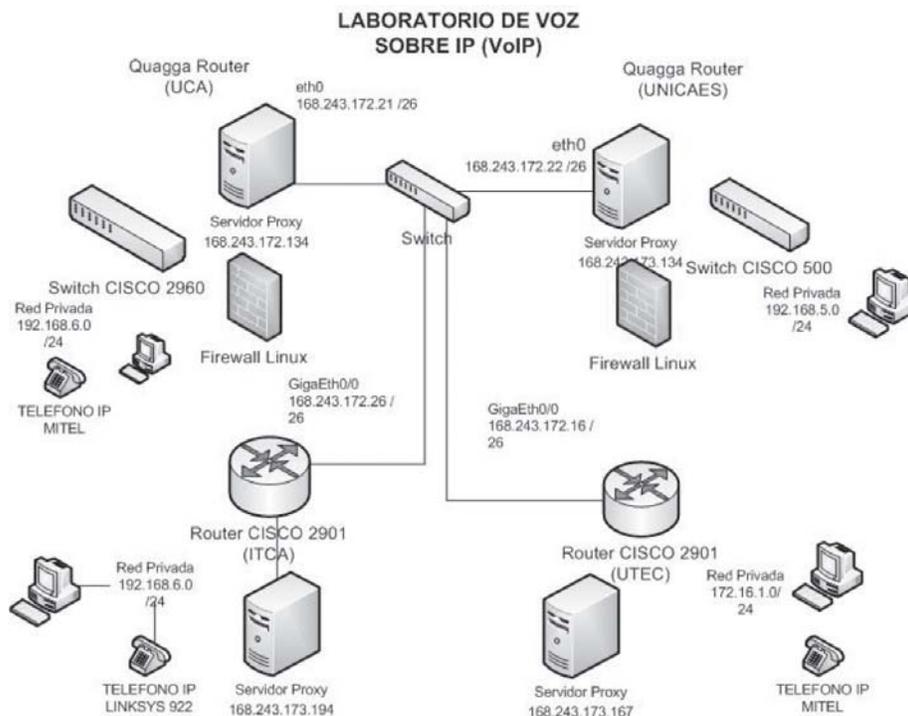


Fig. 3 Laboratorio de Voz sobre IP (VoIP) instalado.

Tabla 1. Componentes del Laboratorio de Voz sobre IP

PLATAFORMA DE VoIP EN LABORATORIO	
Routers	4 routers con el siguiente detalle: 2 routers CISCO 2960, 2 routers software QUAGGA instalado en GNU/Linux Debian Lenny Protocolo de enrutamiento: OSPF
SERVIDOR PROXY IP	Sistema Operativo: GNU/Linux Debian Lenny Software Proxy: Openser Software para proxy de media: mediaproxy
Software de virtualización	VitualBox
Softphone	X-Lite Versión 3, Linphone para Windows, Linphone para GNU/Linux
Teléfonos IP	Linksys SPA922, CISCO WIP-310, MITEL 5304, MITL 5312
Firewall	IPTABLES en GNU/Linux Debian Lenny
Adaptadores analógicos	Linksys ATA PAP2T
Switches	CISCO Catalyst Express 520, 24 10/100 Ports (4 ports Poe), Cisco Catalyst 2960 24 10/100 Poe Ports

**Servidor de Voz sobre IP en las redes avanzadas (RAICES)**

Se utilizó un sistema operativo de código abierto GNU/Linux Debian Lenny en donde se implementó un servidor Proxy VoIP utilizando el software de código abierto Openser, el cual integrado con el proxy de media MediaProxy, controlan y administran los usuarios, llamadas y ruteos de las llamadas.

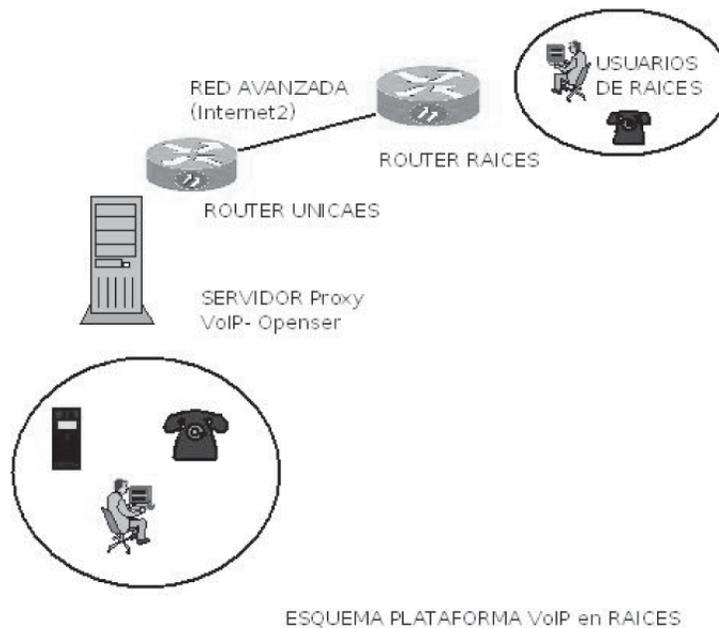
El servidor Proxy VoIP Openser se instaló utilizando el software de virtualización VirtualBox.

Luego utilizando la Red Avanzada Salvadoreña implementada por RAICES se desplegaron usuarios en las Universidades miembros, los cuales se autentican en el servidor proxy instalado.

Previamente se desarrollaron pruebas exitosas en el Laboratorio de VoIP instalado, en las Universidades miembros de RAICES utilizando las redes avanzadas y con RNP (NREN de Brasil).

Actualmente se está implementando este servidor Proxy en las Universidades miembros de RAICES y se está enlazando con el servidor Proxy SIP de CLARA lo que permitirá la comunicación VoIP con todas las NREN's de Latinoamerica que se incorporen a este servicio.

Como clientes SIP se utilizaron diversos teléfonos VoIP, adaptadores telefónicos y softphone sobre la plataforma Windows y GNU/Linux.



**Fig. 4** Diagrama del Servidor de VoIP en la red Avanzada (RAICES).

**Tabla 2.** Componente de Servidor de Voz sobre IP en las redes avanzadas (RAICES)

SERVIDOR DE VoIP EN RAICES	
Routers	En Universidad Católica de El Salvador: ROUTER CISCO 2800 Protocolo de enrutamiento: OSPF
SERVIDOR PROXY IP	Sistema Operativo: GNU/Linux Debian Lenny Software Proxy: Openser Software para proxy de media: mediaproxy
Software de virtualización	VitualBox
Softphone	X-Lite Versión 3 Liphone para Windows Liphone para GNU/Linux
Teléfonos IP	Linksys SPA922 MITEL 5304 MITL 5312 Teléfono Wireless CISCO WIP310
Firewall	IPTABLES en GNU/Linux Debian Lenny

**REFERENCIAS**

Servidor Proxy de VoIP,  
<http://www.kamailio.org/>

Software de Ruteo GNU/GPL,  
<http://www.quagga.net/>

Softphone X-Lite,  
<http://www.counterpath.com/x-lite.html>

Softphone Liphone,  
<http://www.liphone.org/>

SIP: Session Initiation Protocol, RFC 3261,  
<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc3261/>

G.711: PCM de frecuencias de Voz,  
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711/en>

