



Metodología de diseño e implementación de soluciones voIP

Design Methodology and Implement VoIP Solutions

Wilson A. Bulla B.*

Rafael A. Fino S.**

Fecha de envío: septiembre del 2010

Fecha de recepción: octubre del 2010

Fecha de aceptación: enero del 2012

Resumen

El presente documento ilustra metodológicamente el diseño y la implementación de una solución VoIP, la cual integra la planta análoga (PBX) con el módulo de PBX del Elastix (IP-PBX), por medio de un Gateway de VoIP. Con el producto de esta investigación, desarrollada por el grupo INTEGRA, se permite el uso de nuevos servicios enfocados en el óptimo uso de las redes (telefonía y datos) usando servicios adicionales, como son: servidor de fax, servidor de mensajería instantánea, control y reporte detallado de llamadas, grabaciones y servicios adicionales como la recepción de fax y buzón de mensajes al correo electrónico como archivos adjuntos.

Palabras clave:

Elastix, IP-PBX, módulo de PBX, módulo de VoIP.

Key words:

Elastix, IP-PBX, PBX module, VoIP Module.

Abstract

This paper outlines the implementation of the VoIP solution for the company Coltempora, by the research group INTEGRA, which integrates the analog telephone system (PBX) with Elastix PBX module (IPPBX) via a VoIP. Allowing the use of new services focused on the optimal use of networks (telephony and data) using additional services such as: Fax Server, Server, instant messaging, monitoring and detailed report of calls, recordings and additional services such as receiving fax and voicemail to email as attachment.

1. Introducción

En la actualidad los operadores de telecomunicaciones han comenzado a ofrecer servicios adicionales para la telefónica convencional, entre los cuales se encuentra el Internet y la televisión digital. Entre tanto, los proveedores de líneas fijas han comenzado a evolucionar en su tecnología de interconexión a usuarios finales, y empresas como Telmex® han hecho realidad el concepto de *tripleplay*, ofreciendo a través de un mismo enlace: voz, datos y video. Todo esto se hace posible gracias a la pila de protocolos TCP/IP. Hoy en día,

* Tecnólogo Eléctrico y especialista Tecnológico en Telecomunicaciones. Lugar de trabajo: Coltempora S.A. Correo electrónico: wbullab@gmail.com

** Ingeniero Electrónico y especialista en Telemática. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: rafael.fino@gmail.com

el operador se ve en la necesidad de brindar una mayor calidad en el servicio; calidad que muchas veces se ve compensada con un aumento en el ancho de banda.

Basado en los fundamentos básicos de telefonía IP, plantas telefónicas, redes y las nuevas tendencias en PBX, este artículo define una metodología para realizar una implementación de Elastix¹ en dos fases: levantamiento de información y evaluación de la tecnología necesaria, y el diseño esquemático de integración progresiva del sistema. De esta manera, con el producto de la investigación y su implementación, el cliente, además de obtener una solución efectiva, recibe beneficios con módulos que le permiten tener mayor control y seguridad sobre el flujo de llamadas y centralización de fax, aun estando fuera de su oficina. Cuando se realiza el análisis de costo-beneficio, con esta implementación el cliente obtiene la recuperación de la inversión inicial en un periodo muy corto.

Por otra parte, el artículo se estructura así: antecedentes o estado del arte VoIP y los protocolos; fases de la investigación: análisis previo (proveedores, esquema de red, necesidades del proveedor de servicios); diseño de la solución; normatividad de referencia; ambiente de pruebas; análisis de resultados, y conclusiones.

2. Antecedentes

La VOIP surgió de una necesidad de usuarios que estaban en la búsqueda del aprovechamiento de las redes de computadores que poco a poco fueron emergiendo. Así mismo, buscaba poder paquetizar la voz y enviarla por un medio, de una manera tal que aprovechara al máximo el recurso de interconexión, como lo es el Internet.

Después de conceptualizar la idea, se definieron patrones y parámetros en los cuales se pudiera tener un orden basado en la pila de protocolos TCP/IP (5 capas) e ISO (7 capas).

El primer protocolo en el cual se desarrolló este tipo de implementaciones fue el H.323, que definía la unificación de puertos de voz, códecs, señalización, entre otros parámetros. Luego fueron emergiendo protocolos como SIP, que son más simples en su funcionamiento, pero muy eficaces en la forma de trabajar detrás de un NAT. A su vez, se desprendieron otros protocolos propietarios como el IAX, que es nativo de Asterisk. Cada uno de estos, y otros más, ha venido evolucionado hacia la practicidad y facilidad de implementación.

Actualmente existen diversas empresas que ofrecen soluciones de servicios de telefonía IP, entre las que podemos encontrar: Cisco®, con Call Manager; Avaya®, con Multi-voice; 3Com® IP-PBX, entre otros. Estas empresas normalmente trabajan con estándares y protocolos propietarios, aspecto que dificulta su interacción con soluciones de otros fabricantes.

También existen implementaciones con protocolos abiertos, entre las cuales se destacan: OpenPBX, Brekeke, Trixbox, Asterisk y su evolución Elastix, siendo esta última la que busca integrar varias opciones de mensajería (correo, IM, fax), más la telefonía a nivel de PBX con herramientas de CDR, grabación de llamadas, entre otras.

Elastix, en particular, fue creado (y actualmente es mantenido) por la compañía ecuatoriana PaloSanto Solutions. Por otro lado, fue liberado por primera vez en marzo del 2006, pero no se trataba de una distribución, sino

¹ Elastix es una distribución libre de Servidor de Comunicaciones Unificadas que integra en un solo paquete: VoIP PBX, fax, mensajería instantánea, correo electrónico y colaboración.

más bien de una interfaz para mostrar registros de detalles de llamadas para Asterisk. Sin embargo, fue solo a finales de diciembre del 2006 cuando fue lanzada como una distribución que contenía muchas herramientas interesantes, administrables bajo una misma interfaz web, la cual llamó la atención por su usabilidad [1].

En este documento, se propone una nueva arquitectura de redes de telefonía IP combinando una alta disponibilidad mediante la implementación de extensiones remotas, así como servicios adicionales: un servidor de fax, un servicio de chat empresarial, entre otros.

Cabe destacar el caso de las extensiones remotas, pues se requiere una conexión a Internet de banda ancha con QoS (calidad de servicio) para que la calidad de voz sea aceptable, o usar estrategias de códecs de bajo consumo y ampliar el ancho de banda.

A continuación se describen los protocolos.

2.1. Protocolo de señalización

De acuerdo con la UIT en su recomendación H.323 [2], el protocolo de señalización es el encargado de los mensajes y procesos utilizados para establecer una comunicación, solicitar cambios de tasa de bits en las llamadas, conocer el estado de los puntos extremos y desconectar las llamadas.

2.1.1. SIP (Session Initiation Protocol)

A diferencia de H.323, SIP tiene su origen en la comunidad IP, específicamente en la IETF (Internet Engineering Task Force), y no en las telecomunicaciones (UIT). Su estándar está definido en [3] y con algunas aclaraciones en [4].

2.1.2. Protocolo T.38

Se describe como el protocolo por el cual se pueden enviar y recibir fax sobre una red de datos, ya que no utiliza un códec de voz para transmitir los fax; por el contrario, ha sido desarrollado para permitir específicamente la transmisión de fax y módem sobre redes IP. Los adaptadores que soportan T38 transmiten los fax como imágenes (consumiendo la mitad de ancho de banda que con G.711 Ley A [5]) y gestionan el *jitter* y las pérdidas de paquetes para aislar la máquina de este tipo de inconvenientes.

2.2. Códecs

Códec viene de las palabras codificador-decodificador, y describe una implementación basada en *software* y *hardware* para la correcta transmisión de datos, [6]. Se enunciarán únicamente los códecs de voz.

2.2.1. UIT G.711 PCM

Tiene una transmisión alta (64 Kbps). Desarrollado por la UIT, es el códec nativo de las redes digitales telefónicas modernas y fue estandarizado en 1988; también es llamado PCM y su tasa de muestreo es de 8000 muestras por segundo, lo que da un ancho de banda total para voz de 4000 Hz. Cada muestra es codificada en 8 bits; por lo tanto, la tasa de transmisión total es de 64 Kbps [5].

2.2.2. UIT G.729 CS-ACELP

Este comprime la señal en periodos de 10 milisegundos y no puede transportar tonos como DTMF o fax. Es usado principalmente en aplicaciones VoIP por utilizar una poca tasa de bits (8 Kbps).

Existen extensiones de la norma que permiten tasas de 6,4 y 11,8 Kbps para empeorar

o mejorar la calidad de voz, respectivamente. Idealmente presenta un MOS de 3,8. Por otra parte, las aplicaciones que requieren este códec deben tener una licencia; sin embargo, existen implementaciones gratuitas para uso no comercial [7].

3. Análisis previo

Con el fin de conocer el estado inicial de la topología de la red del cliente, se realizó un análisis previo sobre proveedores (telefonía y datos) y estructura física de la red. Además, se definieron las principales necesidades del cliente, para buscar así que la solución estuviera acorde con estas.

3.1. Proveedores

Se identifica que el principal proveedor de telefonía y de uno de los canales de Internet es ETB (empresa estatal de telecomunicaciones de Bogotá, Colombia). Dentro del canal se encontraron dos direcciones IP públicas, una de las cuales tiene un redireccionamiento uno a uno a la IP privada 192.168.0.122, tal como lo indica la tabla 1.

Por otra parte, cuentan con un canal primario de telefonía, el cual consta de treinta líneas digitales que están interconectadas a la planta LG, a través de una interfaz RJ45.

3.2. Esquema de red

La siguiente topología, mostrada en la figura 1, se reconstruye a partir de la información que suministró el servidor DHCP que se encuentra configurado en el módem ADSL de ETB (marca Huawei®), con el cual se define un rango de direcciones 192.168.0.XX, siendo el módem como *default gateway* 192.168.0.1. Cuando se consultó con el soporte técnico de ETB, se identificó una dirección IP pública de rango 190.26.91.196 y se encontró que esta tenía el redireccionamiento de puertos completos, o sea un NAT uno a uno.

3.3. Necesidades del proveedor de servicios

Entre las principales necesidades de estos proveedores se encuentran las siguientes:

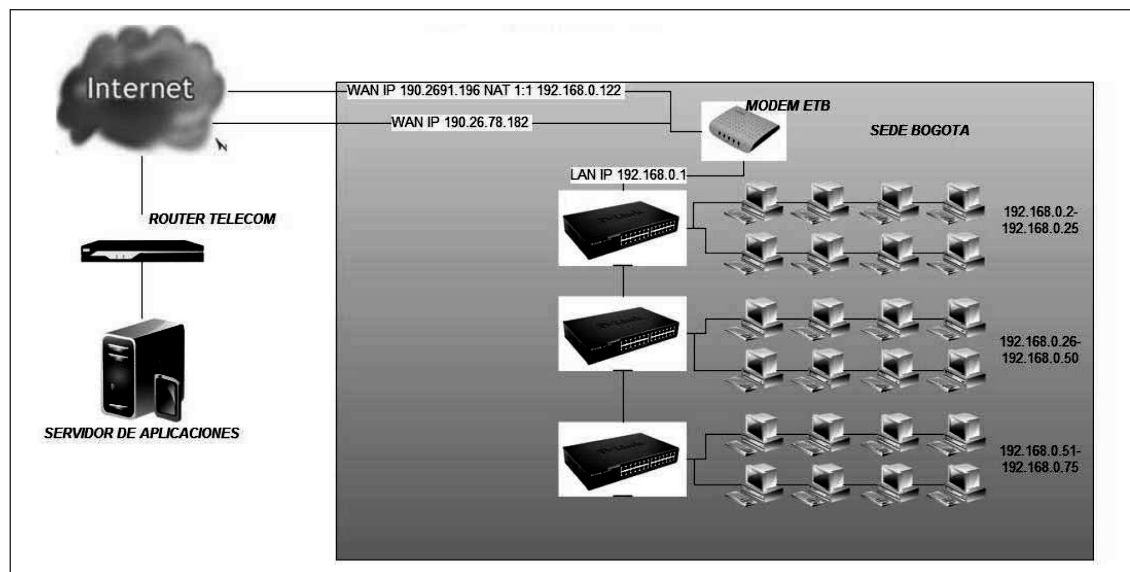
- Comunicación con sus sedes remotas a bajo costo.

Tabla 1. Proveedores de servicios de telecomunicaciones para el mercado observado

Internet	Ancho de banda	Tipo	IP disponibles
ETB	8 Megas	ADSL	190.26.78.182 (Modem)
			190.26.91.196 (Nat 1:1 a la IP 192.168.0.122)
Telefónica	1 Mega	ADSL	
Telefonía	Tipo	Interface	Capacidad de puertos
ETB	PRI	Digital RJ-45	30

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Esquema inicial de la red del proveedor analizado



Fuente: elaboración propia.

- Escalabilidad en el crecimiento de extensiones.
- Integración de nueva tecnología IP-PBX con sistemas de PBX convencionales.
- Posibilidades de extensiones móviles.
- Enviar por medio de correo electrónico los buzones de voz.
- Administrador de recepción de fax.
- Posibilidades de un servidor de chat empresarial.
- Grabación de las llamadas.
- Detalle de llamadas realizadas y recibidas.
- Posibilidades de generación de grupos de extensiones por departamento.
- Restricción por medio de códigos a las diferentes troncales (líneas) interconectadas a la planta.

- Recuperación de inversión en implementaciones innovadoras

4. Diseño de la solución

De acuerdo con la información recolectada, se aprovechó el direccionamiento IP privado y el NAT con la dirección IP pública, para asignarla al Elastix y poder tener los servicios publicados en la web. A continuación se describirá, con mayor detalle, la parametrización y el diseño de la solución.

4.1. Direccionamiento IP

El esquema del direccionamiento IP queda de la siguiente manera:

- WAN IP 190.26.91.196, el cual tiene un NAT uno a uno con la dirección privada 92.168.0.122; esta última será asignada al Elastix.

- LAN IP, el rango de direccionamiento IP que pertenece a la red es desde 192.168.0.2 hasta 192.168.0.254, las cuales son asignadas por DHCP con el cable modem de ETB. A pesar de esta configuración de DHCP, se asignan direcciones IP fijas para los servicios principales.
- La dirección IP en la LAN del modem es la 192.168.0.1. Este equipo cuenta con direcciones IP públicas 190.26.91.196 (mencionada anteriormente), con el direccionamiento NAT, y la otra dirección pública utilizada para los servicios de Internet 190.26.78.182.

4.2. Esquema de red con la solución

El diseño definitivo, mostrado en la figura 2, se define como la integración con la IP pública

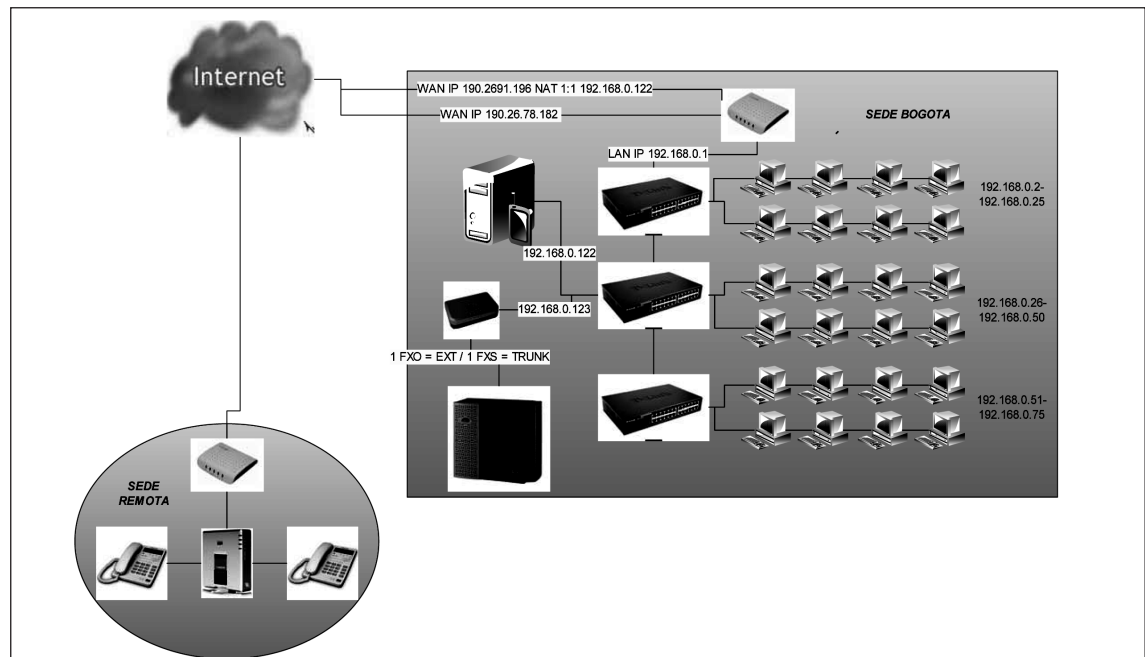
y su posterior interconexión con *softphone* o ATA de sedes remotas. Su instalación se hace de forma progresiva, en la medida en que el cliente cuente con los equipos necesarios para la ampliación de la solución.

4.3. Definición de parámetros de códec y protocolos

Los códecs que se van a implementar son:

- G.711 (Ley A – Ley μ): se usará como una de las alternativas en las llamadas internas, para los equipos que no soporten G.729, como un códec básico para la recepción de fax.
- G.729: se utilizará principalmente para las llamadas de las sedes remotas y como alternativa de las llamadas de la red local.

Figura 2. Diseño definitivo



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Módulo PBX

The screenshot shows the 'Add SIP Extension' configuration page. On the left is a navigation menu with categories like 'Opción', 'Básico', 'Extensiones', 'Códigos de funcionalidades', 'Configuración General', 'Rutas Salientes', 'Troncales', 'Control de Llamadas entrantes', 'Rutas Entrantes', 'Anuncios', 'Sigueme', 'IVR', 'Otros Destinos', 'Colas', 'Grupos de Timbrado', 'Condiciones de Tiempo', 'Opciones Internas & Configuración', 'Conferencias', 'Otras Aplicaciones', 'Música en Espera', and 'Conjuntos de PIN'. The main area is titled 'Add SIP Extension' and contains several sections: 'Add Extension' with fields for 'User Extension', 'Display Name', 'CID Num Alias', and 'SIP Alias'; 'Extension Options' with fields for 'Outbound CID', 'Ring Time' (Default), 'Call Waiting' (Disable), 'Call Screening' (Disable), and 'Emergency CID'; 'Assigned DID/CID' with fields for 'DID Description', 'Add Inbound DID', and 'Add Inbound CID'; and 'Device Options'. On the right, a list of existing extensions is shown, including 'OPERADORA <200>', 'PAP2P1 <201>', 'PAP2P2 <202>', 'barranquilla <203>', 'medelin <204>', 'neiva <205>', 'bucaramanga <205>', 'Torre Central <206>', 'Financiera <209>', 'Wilson <210>', 'Quintum <212>', 'Quintum2 <213>', 'colvatec <214>', 'Carlos Casadiego <236>', 'coopaseo <237>', 'Gerencia <240>', 'Sistemas <241>', and 'FAX <250>'. Three callouts are present: '1' points to the navigation menu, '2' points to the 'Add SIP Extension' form, and '3' points to the extension list.

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se selecciona el protocolo SIP, ya que cumple con las siguientes características:

- Es uno de los protocolos estándares del mercado que permite integrar innumerables equipos, *softphone*, etc.
- Este protocolo es nativo de Elastix.
- Permite a sus clientes abrir camino a través de los *routers* sin necesidad de tener un redireccionamiento de puertos.

4.4. Módulo PBX

En la figura 3 se observan tres bloques:

1. Menú de la configuración del PBX.
2. Módulo de configuración de extensión SIP.
3. Módulo de configuración de extensiones.

5. Normatividad

- Licenciamiento

Elastix es una herramienta empresarial de código abierto distribuida bajo la licencia GPLv2. Se tiene libertad de orientarlo para uso comercial o personal, pero está sujeto a las condiciones descritas en la licencia. Por otra parte, no tiene un costo relacionado con licenciamiento o con funcionalidades. Las versiones disponibles de Elastix son versiones completas sin limitación de uso o características. Así mismo, ni la adición de módulos, ni la de usuarios en una implementación con Elastix tienen un costo relacionado para el implementador, empresa u organizaciones que deseen usarlo [8].

- Aspectos legales de la VoIP en Colombia
Los servicios de valor agregado son aque-

llos que utilizan como soporte de servicios básicos, telemáticos, de difusión o cualquier combinación de estos prestados a través de una red de telecomunicaciones autorizada, y con los que se proporciona al usuario la capacidad completa para el envío o intercambio de información, agregando otras facilidades al servicio soporte o satisfaciendo necesidades específicas de telecomunicaciones.

Para que el servicio de valor agregado se diferencie del servicio básico, es necesario que el usuario de aquel reciba de forma directa alguna facilidad agregada a dicho servicio, de manera que le proporcione beneficios adicionales, independientemente de la tecnología o el terminal utilizado. Así mismo, el operador de servicios de valor agre-

gado podría efectuar procesos lógicos sobre la información que posibiliten una mejora, adición o cambio al contenido de la información, para que así genere un cambio neto de la misma, independientemente del terminal utilizado. Este cambio, a su vez, debe generar un beneficio inmediato y directo recibido por el usuario del servicio [9].

6. Ambiente de pruebas

Después de instalado el Elastix, activados los módulos de fax, chat, PBX, reportes, y configuradas las troncales SIP, las extensiones y el IVR, se procede a hacer un diseño experimental a través de pruebas de interconectividad (mostradas en la tabla 2), a nivel de telefonía y fax, así:

Tabla 2. Pruebas

No.	Descripción prueba	Resultado		Observaciones
		Exitoso	Fallido	
1	Llamadas entre extensiones IP.	OK		Se establece la comunicación a través de dos extensiones creadas en el Elastix, una extensión local y otra remota.
2	Llamadas entre una extensión IP y una línea conectada a la PSTN.	OK		Se establece la comunicación a través de una línea telefónica convencional, conectada al puerto FXO del Quintum.
3	Llamada entre extensión IP-PBX y una extensión PBX.	OK		Se interconecta una de las extensiones de la planta convencional a uno de los puertos FXO del Quintum, con lo cual se logra establecer llamadas entre las extensiones del Elastix y de la planta convencional.
4	Llamada entre extensión IP a una línea convencional a través de la planta antigua.	OK		Se realizan pruebas de marcación a números locales, a través de la planta telefónica convencional utilizando extensiones IP.
5	Envío de fax desde una línea convencional hacia el Elastix a través de la planta antigua.	OK		Se envía un fax a través de una línea convencional. Luego de llegar a la planta telefónica normal, este es redireccionado a la extensión del Elastix, la cual recibe satisfactoriamente el documento.

Fuente: elaboración propia.

7. Conclusiones

- Al diseñar e implementar una solución de VoIP, se ha realizado una integración entre la planta telefónica convencional (PBX) y la solución Elastix (IP-PBX); así mismo, se ha garantizado un mejor uso de las redes y logrado la optimización de los recursos con los que la empresa contaba. El hecho de tener ya dentro de la solución nuevos servicios integrados en diferentes módulos, como sistema, PBX (telefonía), fax, mensajería instantánea y reportes, permite al administrador tener control total, y en tiempo real, sobre cada uno de los módulos antes mencionados y mantener un historial de usuarios (llamadas y fax).
- Después de realizar el análisis sobre la topología de las redes, se determina que generalmente no se utilizan los recursos de red de manera óptima, por ejemplo: direcciones IP públicas sin uso, redes LAN definidas por DHCP, ausencia de control en el direccionamiento IP, o la no activación de servicios en la IP pública activa.
- Una vez verificada la infraestructura instalada y las necesidades del cliente, se define que la mejor solución es realizar una integración de la planta IP-PBX con la planta convencional para no perder la infraestructura existente, pero a su vez implementar la solución Elastix. Esta última brinda mayores beneficios al integrar cada una de las sedes actuales, sin necesidad de adquirir equipos adicionales, que impactarían críticamente los costos.
- Se utiliza, para la instalación inicial, *softphone* X-Lite (ver <http://www.counterpath.com/x-lite-download.html>) y Linksys PAP2T, como conversores de telefonía analógica a IP. Como protocolo se utilizó SIP, uno de los más versátiles, ya que en su puerto de señalización define el camino o direccionamiento IP que deben seguir los paquetes de voz, esto con el fin de poder ser utilizado detrás de un *router*, sin hacer un redireccionamiento de puertos. Para el caso de los códecs se usaron el G.711 (Ley A y Ley U) y G.729, siendo este último el utilizado para la comunicación externa a la red LAN, puesto que es muy liviano y de mínimo consumo de ancho de banda.
- La implementación de esta solución debe hacerse de manera gradual, con el fin de realizar las pruebas necesarias en cada una de sus etapas y así poder mostrar su correcto funcionamiento. Al ir avanzando en la implementación, es pertinente que el cliente de la aprobación para generar los nuevos cambios (configuración de red) o compra de *hardware*. Por tal motivo al terminar la instalación del Elastix, ya deben haberse realizado todas las pruebas por parte del cliente, de manera que lo reciba a satisfacción.
- Para crear una sensibilización frente a la nueva arquitectura y tecnología se deben realizar inducciones al administrador del sistema sobre los módulos que se usan y sobre las herramientas adicionales con las que cuenta el Elastix, que pueden ser utilizadas en desarrollos futuros. Una alternativa para esto es hacer acompañamiento al administrador en sitio y de manera virtual, para verificar y apoyar los cambios o consultas. Al realizar lo anterior, el administrador de la solución podrá generar extensiones IP, sin verse en la necesidad de adquirir nuevo *hardware* o depender de la empresa encargada de la planta telefónica.

Reconocimientos

Los autores reconocen al grupo de investigación Integra y a la empresa Coltempora, su disposición para la investigación y el análisis de necesidades y, como consecuencia de esto, el permitir la implementación de los productos de esta investigación.

Referencias

- [1] Elastix Company, “Acerca de nosotros”. Elastix Company. [En línea]. Disponible en <http://www.elastix.org/es/compania/acerca-de-nosotros.html>.
- [2] Sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT. UIT-T H.323. Serie H: Sistemas Audiovisuales y Multimedios, Infraestructura de los servicios audiovisuales – Sistemas y equipos terminales para los servicios audiovisuales. Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes. Recomendación UIT-T H.323. Fecha: 2003. [En línea]. Disponible en <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323-200011-S/es>
- [3] IETF, “SIP: Session Initiation Protocol”. [En línea]. Disponible en <http://datatracker.ietf.org/doc/rfc2543>.
- [4] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, et al. (2002) “SIP: Session Initiation Protocol”. [En línea]. Disponible en <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>.
- [5] Sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT, UIT-T G.711. Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital equipos terminales modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales. Recomendación UIT-T G.711. Fecha: 1988. [En línea]. Disponible en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-198811-I/es>
- [6] Wikipedia, La enciclopedia libre. “Código”, Wikipedia, la enciclopedia libre. [En línea]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Código>.
- [7] Sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT, UIT-T G.729. Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada Recomendación UIT-T G.729. Fecha: 1996. Disponible [En línea] <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.729-199603-S/>.
- [8] GNU Operating System, “GNU General Public License, versión 2”, GNU Operating System. [En línea]. Disponible en <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html>.
- [9] A. A. Guzmán C, “Aspectos legales Voz sobre IP en Colombia”. [En línea] Disponible en <http://www.ewnesslaw.com/documents/AspectoslegalesVozsobreIP.pdf>.