

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE COMPUTACIÓN  
PROGRAMA DE MAESTRÍA**



**Diseño e implementación del plan piloto de un sistema de comunicación VoIP usando tecnologías de código abierto**

**Proyecto para optar al grado de Maestría Profesional  
con énfasis en telemática.**

**Estudiante  
Luis Diego Boza Monge 9713809**

**Profesor  
Luis Carlos Loaiza Canet**

**Cartago, Costa Rica  
Junio, 2016**

## **APROBACIÓN DEL PROYECTO FINAL**

**Diseño e implementación del plan piloto de un sistema de comunicación VoIP usando tecnologías de código abierto**

TRIBUNAL EXAMINADOR

---

Luis Carlos Loaiza Canet  
Profesor Asesor

---

Dr. Roberto Cortés Morales  
Coordinador del Programa de Maestría

## **Dedicatoria**

A Dios y a la Virgen,  
por darme la sabiduría y fuerza necesaria  
para salir adelante.

A mi madre,  
por ser mi gran inspiración en la vida  
y a Natalia González,  
por su amor, apoyo y paciencia

## **Agradecimientos**

Deseo agradecer al Instituto Tecnológico de Costa Rica, en especial al Departamento de Maestría en Computación por todos estos años compartidos. Al profesor, Luis Carlos Loaiza, por sus valiosos comentarios y asesoría durante este proceso. Además, al Dr. Roberto Cortés, por el apoyo para concluir el programa de maestría. Finalmente, a la empresa Casagri S.A. por toda la colaboración en el presente proyecto.

## **Epígrafe**

“La buena comunicación estimula tanto como el café y quita el sueño en igual medida”

--- Morrow Lindbergh

## Resumen

El presente proyecto surge a raíz de los problemas de una empresa específica con su sistema de telefonía análoga. Dicho sistema es obsoleto tecnológicamente hablando; presenta fallas en su desempeño y costos significativos de mantenimiento y de expansión en servicios.

Este proyecto es importante para concluir el plan de estudios en maestría profesional con énfasis en telemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede en Cartago.

Uno de los propósitos principales de este proyecto es diseñar e implementar un plan piloto de un sistema de comunicación IP. Segundo, probarlo para validar la motivación de Casagri S.A de migrar y actualizarse hacia una PBX de telefonía IP. Dicha PBX es un servidor Linux con Asterisk, software PBX de código abierto. Con ello, se quiere valorar si la problemática actual de la empresa, en términos de comunicaciones, se podría solventar con una migración completa hacia la nueva plataforma IP.

El proyecto enmarca solo una muestra de empleados, un sistema piloto pero funcional, brindando comunicación confiable, eficiente y con bajo costo de inversión inicial.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: El capítulo 1, contiene la descripción general; antecedentes, definición del problema, la justificación y los objetivos. El capítulo 2, detalla el marco teórico, temas relacionados con comunicaciones sobre VoIP, Asterisk y protocolos. El capítulo 3, presenta la metodología, recolección y procesamiento de información. El capítulo 4, describe el análisis e interpretación de los resultados. El capítulo 5 señala las conclusiones, al mismo tiempo las recomendaciones del proyecto y de una futura migración. El capítulo 6, presenta los anexos de la propuesta. Finalmente, el capítulo 7, es la referencia bibliográfica que sustenta al marco teórico.

Palabras clave: telefonía, sistema de comunicación, PBX, telefonía IP, VoIP, Asterisk, código abierto.

## Índice General

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
1.1.	Descripción General.....	12
1.2.	Antecedentes.....	12
1.2.1.	Descripción de la Empresa.....	13
1.2.2.	Descripción del Problema.....	13
1.2.3.	Trabajos Similares.....	15
1.3.	Definición del Problema.....	16
1.4.	Justificación.....	18
1.4.1.	Impacto.....	18
1.4.2.	Innovación.....	18
1.5.	Objetivos.....	19
1.5.1.	Objetivo General.....	19
1.5.2.	Objetivo Específicos.....	19
1.5.3.	Alcance.....	20
1.5.4.	Entregables.....	21
<b>Capítulo 2</b>	<b>Marco Teórico .....</b>	<b>22</b>
2.1.	Antecedentes.....	22
2.2.	Marco Conceptual.....	23
2.2.1.	PSTN.....	23
2.2.2.	PBX.....	23
2.2.3.	VoIP.....	24
2.2.4.	Telefonía IP.....	24
2.2.4.1.	Problemas comunes en un canal VoIP.....	24
2.2.4.2.	Protocolos de señalización.....	25
2.2.4.3.	Protocolos de Transporte.....	27
2.2.4.4.	Códecs.....	27
2.2.5.	Asterisk.....	28
2.2.5.1.	Ventajas.....	29
2.2.5.2.	Términos.....	30
2.2.5.3.	Servicios.....	30
2.2.5.4.	AsteriskNOW.....	32
2.2.6.	Dispositivos IP o terminales IP.....	32
<b>Capítulo 3</b>	<b>Desarrollo Metodológico.....</b>	<b>33</b>
3.1.	Análisis de la infraestructura actual.....	33

- 3.1.1. Estado actual..... 33
  - 3.1.1.1. Lista de los problemas actuales..... 33
  - 3.1.1.2. Plan de numeración actual. .... 35
- 3.1.2. Diagrama de infraestructura de PBX actual. .... 37
- 3.2. Direccionamiento IP propuesto..... 40
- 3.3. Diseño de la implementación del plan piloto..... 41
  - 3.3.1. Diagrama de la infraestructura del plan piloto. .... 41
    - 3.3.1.1. Diagrama físico del sistema propuesto ..... 44
    - 3.3.1.2. Diagrama general sistema propuesto ..... 45
  - 3.3.2. Listado de servicios a implementados ..... 46
    - 3.3.2.1. Conferencias..... 46
    - 3.3.2.2. Reportes en línea. .... 47
    - 3.3.2.3. Movilidad de extensiones..... 48
    - 3.3.2.4. Usar troncal VoIP en llamadas internacionales. .... 48
    - 3.3.2.5. Usar troncal VoIP para recibir llamadas locales..... 48
  - 3.3.3. Diseño del nuevo plan de numeración. .... 48
- 3.4. Instalación y configuración. .... 51
  - 3.4.1. Instalación de la PBX IP..... 51
  - 3.4.2. Configuración de las clientes SIP..... 57
  - 3.4.3. Configuración de las troncales VoIP..... 58
- 3.5. Costos económicos..... 62
  - 3.5.1. Costos del plan piloto ..... 62
  - 3.5.2. Costos mensuales del sistema actual ..... 62
  - 3.5.3. Costos mensuales potenciales del nuevo sistema..... 63
  - 3.5.4. Costos potenciales de una futura implementación completa . 64
- 3.6. Encuesta de satisfacción y aplicación protocolo de pruebas ..... 64
  - 3.6.1. Encuesta satisfacción..... 64
    - 3.6.1.1. Resultado de la encuesta aplicada..... 64
  - 3.6.2. Protocolo de Pruebas ..... 67

**Capítulo 4    Análisis de Resultados ..... 68**

**Capítulo 5    Conclusiones ..... 75**

- 5.1. Conclusiones generales ..... 75
- 5.2. Limitaciones del Proyecto..... 76
- 5.3. Trabajos Pendientes. .... 76
- 5.4. Recomendaciones hacia una futura implementación completa .. 77



<b>Capítulo 6</b>	<b>Apéndices y anexos.....</b>	<b>78</b>
6.1.	Configuración de teléfonos SIPs.....	78
6.1.1.	Softphone Zoiper .....	78
6.1.2.	Grandstream Budge Tone 100 & Grandstream GPX2020.....	78
6.1.3.	Linksys SPA841 .....	80
6.2.	Detalle de la encuesta de satisfacción .....	81
<b>Capítulo 7</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>82</b>

## Índice de figuras

Fig. 1.	Diagrama general de componentes del sistema actual.....	16
Fig. 2.	Diagrama general de componentes del plan piloto de la PBX IP. ...	17
Fig. 3.	PBX Siemens actual. ....	38
Fig. 4.	Rack y cuarto físico de la PBX Siemens actual. ....	38
Fig. 5.	Distribuidor de la PBX Siemens .....	38
Fig. 6.	Diagrama actual general.....	39
Fig. 7.	Diagrama actual en detalle la PBX actual.....	40
Fig. 8.	Teléfonos IP utilizados para el plan piloto. ....	41
Fig. 9.	Teléfono Grandstream: Budge Tone 100.....	42
Fig. 10.	Teléfono Linksys SPA841. ....	42
Fig. 11.	Teléfono Grandstream GPX2020.....	42
Fig. 12.	Servidor Asterisk. Intel Core i5 .....	43
Fig. 13.	Router y WiFi Huawei HG8247 .....	43
Fig. 14.	Diagrama físico del sistema propuesto .....	44
Fig. 15.	Diagrama sistema propuesto. ....	45
Fig. 16.	Detalle del diagrama del sistema propuesto PBX IP. ....	46
Fig. 17.	Configuración del número de conferencia.....	47
Fig. 18.	Filtro de los reportes de CDRS. ....	47
Fig. 19.	Resultado de un reporte de llamadas o CDRs (Call detail records).47	
Fig. 20.	Instalación inicial de AsteriskNOW. ....	51
Fig. 21.	Configuración de la red.....	52
Fig. 22.	Configuración de parámetros varios. Zona horaria.....	52
Fig. 23.	Configuración de usuario root.....	52
Fig. 24.	Instalación de los paquetes correspondiente. ....	53
Fig. 25.	Instalación de AsteriskNOW finalizada.....	53
Fig. 26.	Configuración personalizada de Asterisk usando FreePBX.....	54
Fig. 27.	Configuración inicial de FreePBX.....	54
Fig. 28.	Configuración zona horaria.....	54
Fig. 29.	Tipo de procesador x86/x64.....	55
Fig. 30.	Servidor PBX IP.....	55
Fig. 31.	Descarga del códec 729.....	55
Fig. 32.	Localización del Códec 729.....	56
Fig. 33.	Configurando los códecs SIP. ....	56
Fig. 34.	Códec uLaw, aLaw, gsm y G729.....	57
Fig. 35.	Agregar extensión SIP.....	57
Fig. 36.	Extensiones SIP.....	58
Fig. 37.	Configurando troncal VoIPBuster. ....	58

Fig. 38.	Proveedor SIP “Call my way”.	59
Fig. 39.	Proveedor SIP “VoIP Buster”.	59
Fig. 40.	Configurando ruta de VoIP Buster. Plan de marcación.	60
Fig. 41.	Configuración del peer VoIPBuster.	61
Fig. 42.	Configuración del registro de troncal de VoIPBuster.	61
Fig. 43.	Comparación gastos mensuales.	70
Fig. 44.	Porcentaje de completitud.	71
Fig. 45.	Gráfico de la satisfacción general.	71
Fig. 46.	Calidad percibida del sonido.	72
Fig. 47.	Calidad general percibida.	73
Fig. 48.	Características usadas por los usuarios	73
Fig. 49.	Configuración Zoiper SIP.	78
Fig. 50.	Configuración Grandstream Budge Tone 100.	79
Fig. 51.	Configuración Grandstream Budge Tone 100 SIP.	79
Fig. 52.	Configuración Linksys SPA 841. SIP Parámetros.	80
Fig. 53.	Configuración Linksys SPA 841	80

### Índice de tablas

Tabla I	Objetivos específicos y entregables.	21
Tabla II	Plan de numeración actual y extensiones	35
Tabla III	Direccionamiento IP.	41
Tabla IV	Características del servidor Asterisk.	43
Tabla V	Plan de numeración nuevo	49
Tabla VI	Plan numeración. Conferencias.	51
Tabla VII	Costos económicos de la implementación plan piloto.	62
Tabla VIII	Costos mensuales del sistema actual.	63
Tabla IX	Costos mensuales potenciales del nuevo sistema	63
Tabla X	Costos potenciales de una futura implementación completa.	64
Tabla XI	Resultado encuesta. Parte I. Preguntas 1 a 3.	65
Tabla XII	Resultado de la encuesta. Parte 2. Pregunta 4a.	66
Tabla XIII	Resultado encuesta. Parte 3. Pregunta 4b.	66
Tabla XIV	Protocolo de pruebas aplicadas	67
Tabla XV	Comparación gasto mensual nuevo sistema vs sistema actual.	69

## Capítulo 1 Introducción

### 1.1. Descripción General.

A nivel empresarial, con el fin de satisfacer: la atención telefónica al cliente (nuevos y actuales), la iteración constante entre empleados (locales y remotos) y el contacto con proveedores; se debe poder contar con un sistema de comunicaciones tecnológicamente actualizado. Dicho sistema debe proveer de medios de comunicación que no solo sean claros y eficaces, sino que sean escalables en virtud del crecimiento empresarial, con bajos costos económicos y de tiempo. La empresa Casagri S.A., es una empresa de Costa Rica dedicada tanto a la venta, como a la distribución de agroquímicos y productos agrícolas. Dicha empresa, desde 2 años atrás, ha venido experimentando problemas con su PBX análoga: poca escalabilidad, baja funcionalidad, además de considerables costos económicos de mantenimiento. Es aquí, donde este proyecto viene a dar una posible alternativa para solventar parte de la problemática del sistema de comunicaciones actual. Con ello, probar una PBX IP como plan piloto para una futura migración. El proyecto usa tecnologías de software de código abierto en la empresa en particular.

Por medio de entrevistas con el cliente y a usuarios, se analiza el estado actual del sistema, se verifica en el campo y de ahí se definen los requerimientos mínimos, enmarcando los alcances. El proyecto incluye una fase de análisis y diseño. Luego la implementación del plan piloto en sí. Para Casagri S.A. el plan piloto debe proyectar una mejora en telecomunicaciones: escalable, más herramientas, nuevos dispositivos, más funcionalidades y menos costos. En el ámbito académico se demostrará que las tecnologías de código abierto en VoIP se pueden implementar perfectamente a nivel empresarial, con bajo costo inicial, siguiendo principios de eficiencia y con mejoras en funcionalidad.

### 1.2. Antecedentes.

Entre los motivos que despertaron el interés en este proyecto están: la existencia de un proceso de selección dentro de la empresa, para tener una alternativa sobre la sustitución de su sistema de telefonía análogo.

Actualmente, debido a lo obsoleto y a las carencias del sistema a nivel de funcionalidad y los costos considerables que existen al momento de hacer algún mantenimiento, la empresa ha decidido analizar la viabilidad de migrar el sistema actual. Se aborda a una solución de código abierto, en donde no solo se

evalúa lo ya existente y costos, sino se implementan los beneficios de las tecnologías modernas, en términos de funcionalidad.

### 1.2.1. Descripción de la Empresa.

Casagri S.A., es una empresa líder como distribuidor y representante de marcas mundiales en la actividad agropecuaria en Costa Rica. La empresa fue fundada en 1961. Casagri S.A., por sus siglas “Casa del agricultor”, tiene sus oficinas centrales en el sector de la Lima, Occidental, Cartago. Posee varias sucursales entre las que se encuentran: la sucursal de Alajuela, Guanacaste y de la zona sur en Palmar Norte.

La central telefónica actual, PBX análoga, es marca Siemens, modelo Hipath 3750. La PBX gestiona alrededor de 65 extensiones con dos enlaces primarios ISDN en las oficinas centrales. Las sucursales disponen de números de abonado de la red PSTN, proveedor Kolbi, sin disponer de una central o extensión. Las sucursales no están integradas directamente a la central. Existen varios proveedores de internet dentro la empresa: ADSL (Kolbi Empresarial) 5/2 Mbps y FiberToHome (JASEC) 10/4 Mbps. Casagri posee alrededor de 60 vendedores que gestionan sus comunicaciones fuera de la central usando sus teléfonos celulares. Son trabajadores remotos a la casa matriz que andan recorriendo todo el país. La información, alcances y requerimientos, se obtuvo mediante entrevistas. Las entrevistas fueron realizadas a la gerencia, especialmente con la gerencia de finanzas: Silvia Garófalo Moya y la gerencia de ventas: Oscar Garófalo Moya. El sitio web de Casagri S.A. es: <http://casagri.co.cr/>.

### 1.2.2. Descripción del Problema.

El sistema actual de comunicaciones posee varios problemas:

- Considerables costos económicos mensuales por mantenimiento.
- Lentitud en el tiempo de ejecución de ampliaciones y/o mantenimiento.
- Problemas de escalabilidad debido a la obsolescencia del equipo.
- Poca integración con servicios para llamadas VoIP internacionales.
- Bajo uso por parte de los empleados, lo cual incurre en costos de medios alternativos de comunicación como llamadas celulares.
- Existe alta dependencia a terceras empresas para efectuar los mantenimientos y/o actualizaciones.
- El plan de numeración es desordenado.

- Costo económico considerable en volumen de llamadas internacionales, a móviles y entre sucursales.
- Ausencia de funcionalidades avanzadas en la PBX como conferencias, IVR.
- Carencia de informes detallados en tiempo real sobre el uso de los servicios.

En detalle, crear nuevas extensiones requiere de ampliación de hardware costoso, comprar nuevas tarjetas, realizar una nueva programación de las extensiones y requiere contratos con otras empresas para realizarlo. La escalabilidad está casi a un punto nulo, difícil de ampliar el sistema PBX actual. No solo costos económicos existen, también es la penalización en el tiempo. Lentitud al realizar el mínimo mantenimiento o actualización. Debido al hardware del sistema actual, intentar integrarlo con otras plataformas de comunicación se vuelve una tarea difícil. Imposible habilitarlo con VoIP, por ejemplo. No se puede tener comunicación con otras plataformas: mensajerías de texto, plataformas de video, Skype, Google Hangouts.

Las llamadas telefónicas entre sucursales utilizan los recursos de la PSTN. Se infringe en gastos de intercomunicación entre sucursales. Hay pagos elevados a los proveedores de telefonía fija y celular. Especialmente la comunicación que se debe dar entre y con los vendedores. Los usuarios que disponen de teléfonos móviles “inteligentes” lo utilizan de forma totalmente independiente al sistema de comunicación actual de Casagri S.A. Esto se refleja en poca utilidad del actual sistema por parte de los empleados remotos que bien podrían estar integrados.

Existe poco aprovechamiento de las funcionalidades definidas para un sistema PBX como: desvío de llamadas, grabación de audio, registro de llamadas, conferencias, reportes en línea, contestadora automatizada IVR, comunicación o participación remota no presencial de los usuarios, mensajería de texto, servicios automatizados de voz como lo son: consulta del clima de la zona, consulta del tiempo y hasta consultas del inventario de productos.

En el caso de la comunicación con los proveedores internacionales, las llamadas se dan mediante el proveedor PSTN y no mediante un proveedor de VoIP. A diferencia de un proveedor VoIP, mediante PSTN se generan costos más altos en llamadas internacionales. Cuando los empleados visitan a los proveedores en otros países, la comunicación también se da mediante la PSTN y no mediante servicios de VoIP. Dichos empleados están solo comunicados por sus números de celular usando roaming internacional o mediante el número de hotel donde residen, haciendo difícil y costoso localizarlos, de cierta manera. El esquema actual permite poca movilidad para los usuarios.

Otra problemática importante, presente, es el actual plan de numeración. Posee múltiples rangos de números poco relacionados, producto del crecimiento que se le ha dado a la PBX actual con iteraciones sin planeamiento o control. Hay dificultad en la obtención de reportes en línea. Eso evita poder dimensionar mejoras en nuevos servicios y poseer un mejor control de gastos.

### 1.2.3. Trabajos Similares.

Existen múltiples trabajos que muestran migraciones de universidades y empresas de sus PBX análogas a softswitch o PBX IP. Muchas empresas han optado por productos y soluciones con marcas del mercado, las cuales hacen que sean soluciones con altos costos. Otros, han propuesto usar plataformas de código abierto como Asterisk junto con GNU/Linux para resolver problemáticas similares a la expuesta. Entre los trabajos mencionados están:

- Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería Maestría en Telemática. Desarrollo tesis de grado en telemática. Diseño de una red voz sobre IP para el hospital provincial general Isidro Ayora Loja. Autor Ing. Mario Enrique Cueva. 2010.
- Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Maestría de Telecomunicaciones. Trabajo de grado para optar al título de magister. Diseño e implementación de una aplicación para la distribución de las llamadas en múltiples servidores Asterisk manejando el ACD para call center bajo Linux. Autor: Ing., Oscar Andrés Rocha Reina. 2009.
- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Sistema de posgrado. Maestría en telecomunicaciones. Fundamentación de factibilidad y conveniencia en el diseño de una propuesta de un Sistema de comunicación, basada en una solución tecnológica Open Source para la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo. Autor: Javier Hernán López Zambrano. 2014.
- Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Proyecto Final Carrera de Ingeniería Telecomunicaciones Especialidad Sistemas Electrónicos. Autor: Javier Barberan Plaza. Implantación de un sistema VoIP basado en Asterisk. 2009.

El bajo costo de implementación inicial, el soporte mediante la comunidad de código abierto permite una alta escalabilidad, modificación, configuración e integración con plataformas nuevas y existentes.

### 1.3. Definición del Problema.

Debido a la problemática del sistema de comunicación actual de la empresa en: escalabilidad, integridad, servicios, eficiencia y costos, se busca una solución posible, mediante el diseño e implementación del sistema de comunicación en plan piloto. Se prueba una posible solución, para luego ser implementada como definitiva si da respuestas favorables a la mayoría de problemas.

El diseño y la implementación del plan piloto busca no solo generar un panorama a Casagri S.A., sino permitir dimensionar en el tiempo y en costos económicos, una futura migración a esta nueva plataforma.

La implementación del plan piloto beneficiará a todos los empleados: gerencia, oficinistas, recepción, ventas, sucursales, bodegas y despacho. El beneficio se extiende también al equipo de distribución. Mediante el proyecto, se hará más integrado el proceso de comunicación, los empleados podrán utilizar sus teléfonos inteligentes como clientes del sistema, ser móviles, tener números de conferencias, sistema de recordatorios, contestadora automatizada.

Los empleados que participan en el plan piloto, tendrán la oportunidad de comparar ambas plataformas. A su vez, la gerencia podría evaluar la situación de costos en la implementación. Al ejecutar ambas plataformas en paralelo se podría evaluar de una manera comparativa.

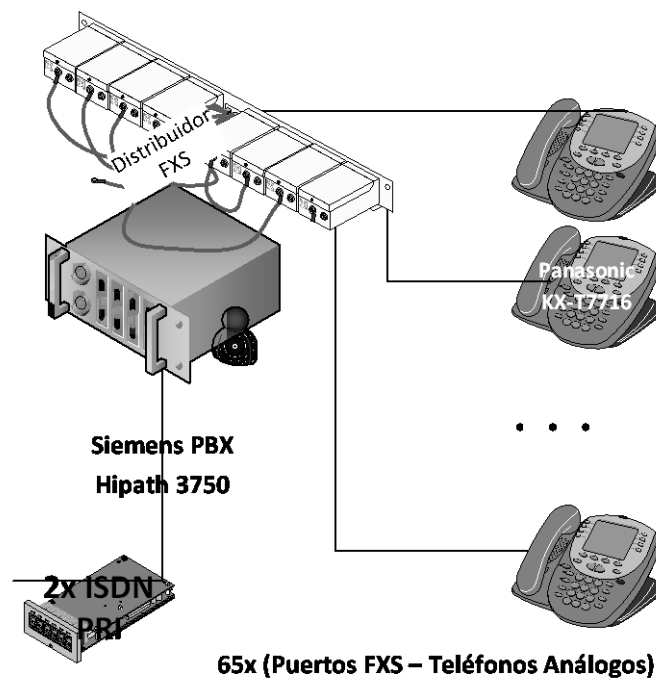


Fig. 1. Diagrama general de componentes del sistema actual.



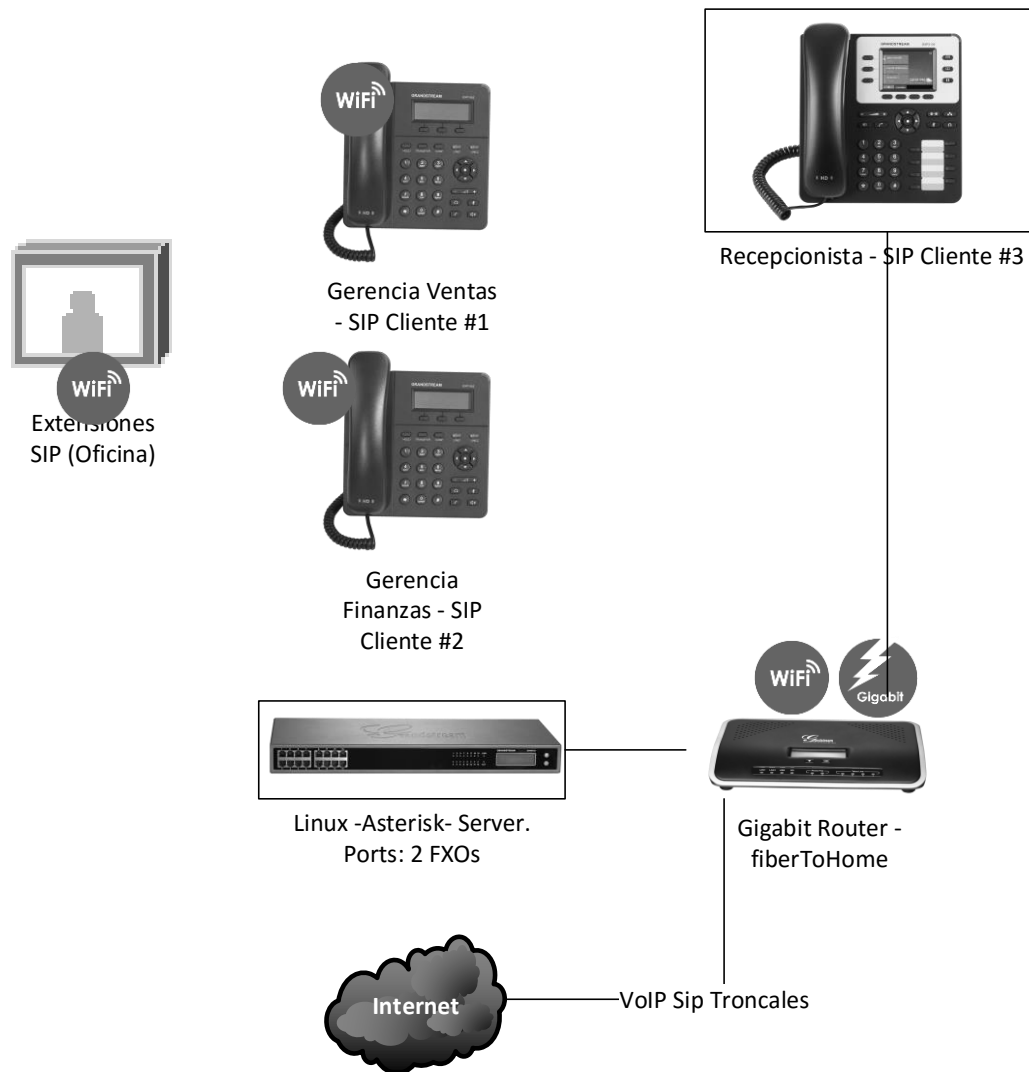


Fig. 2. Diagrama general de componentes del plan piloto de la PBX IP.

La figura 2, explica como seria implementado el proyecto. Contando con un único servidor Linux, ejecutando la plataforma de Asterisk y sus casi más de 30 extensiones configuradas con el protocolo SIP.

Las extensiones son configuradas en “teléfonos inteligentes” del personal, y para el plan piloto se usan 3 teléfonos de oficina IP. Todo el nuevo modelo está implementado sobre una red IP, conectada internamente dentro de la empresa, mediante un protocolo inalámbrico, con un punto de salida de internet en fibra óptica de ancho de 10/4 Mbps (10 Mbps de bajada y 4 Mbps de subida).

## 1.4. Justificación.

La justificación se divide en: impacto e innovación.

### 1.4.1. Impacto.

Como un beneficio social, se espera que los empleados de Casagri S.A. se involucren más en el uso de la plataforma de comunicaciones de la empresa. Entre más empleados lo utilicen, más factible es la comunicación. Y mejor aún, si existe la posibilidad de conectarse a un sistema que sea ampliamente usado por todo el personal: tanto el personal en sitio, como el personal que labora remotamente.

Toda la organización, Casagri S.A., culturalmente, se verá impactada ante la manera como se venían comunicando antes. Existirá una mejora en escalabilidad, facilidad de configurar nuevos servicios. Posibilidad de comunicarse mediante “teléfonos inteligentes” de cada empleado si se desea, permitiendo incrementar la disponibilidad.

Este proyecto pretende demostrar a Casagri S.A. que: es una solución de comunicaciones de código abierto, es adecuada, flexible, eficaz y escalable.

Con la implementación del plan piloto y los servicios, se espera dimensionar el impacto económico en ahorro recurrente, el cual se daría al migrar a la nueva plataforma con los nuevos servicios.

### 1.4.2. Innovación.

Aparte de la innovación de migrar de una PBX análoga a una PBX IP, de crear una red VoIP, a su vez introduce entre las principales novedades la conectividad móvil a la empresa Casagri S.A. Permite, mediante dispositivos conectados a la red TCP/IP, con el protocolo SIP, interconectar a la empresa. Dicha conectividad se puede dar sin necesidad de estar físicamente en el mismo edificio donde reside la PBX IP. Las extensiones de la PBX IP son portables y móviles. Se pueden tener extensiones para los vendedores, así como para las sucursales de la empresa.

Una innovación es la no necesidad, de comprar hardware nuevo para cada extensión. Se pueden utilizar los teléfonos celulares “inteligentes” de cada empleado quienes se interconectan a su vez, mediante un cliente que usa protocolo SIP.

Al utilizar una plataforma de código abierto, Asterisk sobre GNU/Linux, los costos en instalación y mantenimiento son bajos comparando mantenimiento de hardware especializado. Dado que mediante la tecnología VoIP, se pueden hacer llamadas menos costosas que si se realizarán por la red PSTN usando

troncales VoIP. Existe con este plan piloto, la posibilidad de contratar proveedores de servicios VoIP, para reducir costos en llamadas internacionales, evitando usar la red PSTN.

Otra innovación, es tener las sucursales interconectadas a un mismo sistema. Mediante la comunicación VoIP entre sucursales, se van a reducir costos operativos de llamadas. Cada sucursal se puede comunicar libremente sin costos extras con la oficina central. Solo necesita acceso a internet. De igual manera, cada vendedor o distribuidor de la empresa.

Existirán nuevas funcionalidades que no existían antes: buzón de voz, salas de conferencias, servicios de recordatorio de reuniones, reportes en línea, directorio telefónico empresarial, grabación de las conversaciones con los clientes/empleados para mejoras del servicio de atención, posibilidad de conexión futura con plataformas como Skype y Google Hangouts, abierto a posibles futuros desarrollos.

Como innovación, se podrá contar con múltiples reportes en línea. Con ello se puede dimensionar, analizar costos por servicios y costos por usuarios de una manera más eficiente.

La nueva arquitectura es escalable y flexible. Se puede escalar en términos de mejoras a las prestaciones del servidor principal como actualización de memoria y procesamiento o con solo migrar a un nuevo hardware convencional. Nuevas extensiones no necesitarán obligatoriamente de nuevo cableado, se propone el uso de una red inalámbrica.

## 1.5. Objetivos.

### 1.5.1. Objetivo General.

- Diseñar e implementar un plan piloto en una red tcp/ip usando tecnologías de código abierto, que permita hacer uso de VoIP para la empresa Casagri S.A, facilitando la comunicación.

### 1.5.2. Objetivo Específicos.

- Analizar la infraestructura actual.
- Generar un plan de direccionamiento IP local para la nueva red VoIP.

- Diseñar la implementación del plan piloto.
- Instalar y configurar red VoIP, PBX IP, servicios, clientes SIP.
- Aplicar un protocolo de pruebas y realizar una encuesta de satisfacción.
- Enmarcar costos iniciales y reducción de costos económicos mensuales.

### 1.5.3. Alcance

- Se diseñará la red VoIP en función del plan piloto. La red VoIP se implementará lo más paralelamente posible a la red actual, usando su propia red inalámbrica.
- Se implementará un direccionamiento IP básico con el fin de lograr implementar la red VoIP.
- Se configurará el servidor VoIP usando GNU/Linux con Asterisk como plataforma. El hardware será provisto por la empresa Casagri S.A. con recomendación del autor de este documento.
- Se diseñará y creará un plan de marcación acorde con las necesidades de la empresa y en función del plan piloto.
- Se configurarán servicios como: número de conferencias, reportes en tiempo real, llamadas internacionales mediante VoIP.
- Se configurarán dos troncales: un proveedor de servicios VoIP para llamadas internacionales y un proveedor VoIP para interconectar la red PSTN mediante protocolo SIP.
- Se configurarán tres teléfonos físicos IP para pruebas, dos para gerencia y otro para secretaría. Ambos teléfonos serán adquiridos y suministrados por Casagri S.A.
- Para pruebas, se configurarán algunos clientes SIP en los teléfonos “inteligentes” del personal y/o computadoras de las oficinas.
- Se realizará un dimensionamiento económico sobre el hardware necesario para una posible implementación final.
- Se generarán algunas recomendaciones para una futura implementación final.
- El plan piloto no incluye redundancia del servidor, ni tolerancia a fallos.
- El plan piloto no tiene que lidiar con asuntos de seguridad de equipos, usuarios o *Active Directory*.
- El plan piloto no incluye la configuración de firewalls, DHCPs, enrutadores. Esta configuración será asumida por el personal de soporte de Casagri S.A. en caso de ser necesario.

- No se configurará una IP pública para la PBX IP, dado los riesgos de seguridad que esto implica, aparte de que la seguridad del equipo no será parte del alcance del proyecto.
- El plan piloto se realiza en un lapso de 5 y 6 meses, desde diseño, implementación, con dos meses de uso en prueba.

#### 1.5.4. Entregables

La siguiente lista de entregables, se presenta con el respectivo objetivo específico que lo fundamenta.

Tabla I OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y ENTREGABLES.

Objetivos específicos	Entregables
Analizar la infraestructura actual.	Documento del estado actual (listado problemas y plan de numeración). Diagramas de la infraestructura de PBX actual.
Generar un plan de direccionamiento IP local para la nueva red VoIP.	Documentación del direccionamiento IP.
Diseñar la implementación del plan piloto.	Diagrama de la infraestructura del plan piloto. Listado de los servicios a implementar. Diseño de un plan de numeración nuevo.
Instalar y configurar red VoIP, PBX IP, servicios, clientes SIP.	Configurar Red TCP/IP. Configuración de la central IP. Configuración de troncales VoIP. Configuración de los clientes SIP.
Aplicar un protocolo de pruebas y realizar una encuesta de satisfacción.	Aplicar protocolo de pruebas. Encuesta de satisfacción de los usuarios.
Enmarcar costos iniciales y reducción de costos económicos mensuales.	Costos plan piloto. Costos mensuales del sistema actual. Costos mensuales potenciales del nuevo sistema. Costos potenciales de una futura implementación completa.

## Capítulo 2 Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

En [9] y [2] se presentan los antecedentes de VoIP. La tecnología VoIP se origina en los años 1995. Este año, se empiezan a desarrollar aplicaciones para transmitir audio, intentando reducir el alto costo en ancho de banda. Un grupo de jóvenes israelíes, pretenden codificar la voz para ser transmitida de un ordenador a otro. Aparece entonces la empresa VocalTec, la primera en comprimir voz en paquetes de datos transmitidos a través de Internet. Este mismo año, se realizó el lanzamiento del primer softphone, “Internet Phone Software”. En un inicio, dado el bajo ancho de banda con el que se disponía para Internet, sucedían caídas de las llamadas, lentitud y transmisiones deficientes, lo que no la catapultó a la fama en ese momento. En marzo de 1997, la compañía MCI de origen estadounidense, desarrolló un proyecto sobre VoIP llamado VAULT. Este consistía en interconectar y combinar redes tradicionales de telefonía (PSTN) con redes de datos. En 1997, aparecen las PBX basadas en software. Es aquí donde aparece Asterisk, con el impulso de Mark Spencer. Más adelante, este impulso se convertiría en la empresa Digium. En 1998, nace PeopleCall, que ofrecía conectar PCs entre usuarios de Microsoft Windows de manera gratuita. En 1999, la empresa Cisco vende sus primeras plataformas corporativas para VoIP, principalmente utilizaban el protocolo de señalización H.323. En el año 2000, Asterisk inicia como código libre (GNU), con una comunidad que empieza a generar un producto estable. En el 2001, Digium adquiere la empresa “Linux-support”. En 2002, aparece el protocolo de señalización SIP y este comienza a desplazar a H.323. En el año 2003, una empresa revolucionaría el mundo de las comunicaciones, Skype. Skype aparece como una aplicación que permite comunicarse por internet con otras personas. El problema con Skype es que tiene un protocolo VoIP propietario y sin intenciones de liberar el código. En el mismo año, la comunidad de Asterisk, debido a los problemas de NAT (Network Address Translation), crean el protocolo IAX. En el 2005, la compañía eBay compra Skype, finalmente en el 2011, Microsoft la compraría por una cantidad considerable de dinero, \$127 millones. En el 2006, Yahoo Instant Messenger ya permitía llamadas. Y a partir de ese año, muchas empresas ofrecen llamadas telefónicas hasta nuestros días, donde por ejemplo la empresa WhatsApp permite llamadas de voz a la vez que mensajería.

En cuanto a soluciones usando protocolos de VoIP abiertos, existen varias implementaciones, entre las cuales destacan: OpenPBX, PBX4Linux, YATE, FreeSwitch y Asterisk, siendo la predominante esta última [4].

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. PSTN

La PSTN (Public Switching Telephone Network) es la red telefónica pública conmutada como se menciona en [12]. Esta red de circuitos conmutados tradicionales, fue diseñada para transmitir la voz en tiempo real. En los inicios, esta red estaba implementada en sistemas analógicos. Básicamente, la red enlaza dos equipos terminales mediante un circuito físico. Se cierra el conmutador cuando se establece una llamada o se ocupa el circuito y se abre o libera al terminar la misma. En PSTN, cada comunicación de voz necesita un circuito o canal dedicado. Más adelante, la PSTN empezó a utilizar medios de comunicación digitales, donde la señalización viajaba separada de la voz, en estándares como E1 o T1. Un E1 tiene 32 canales, en donde cada canal maneja una llamada, explicados por los autores en [6]. A esos canales se le conocen como TS (Time Slot). Dos de esos 32 canales se usan para señalizar los datos, es decir, 30 canales son para voz. Cada canal tiene un ancho de banda de 64Kpbs. El T1 es similar al E1, solo que cuenta con 24 canales y fue un estándar más aceptado por los Estados Unidos. Luego en el año 1988, nace ISDN (Integrated Services Digital Network) para facilitar las comunicaciones digitales sobre cobre. Existen PRI y BRI. Un PRI son 23 canales y 1 de señalización. Un BRI son 2 canales y uno de señalización. Cada canal tipo tiene un ancho de banda de 64 kbps.

### 2.2.2. PBX

Una PBX (Private Branch Exchange), es una pequeña central telefónica de uso doméstico o empresarial, la cual es utilizada como una solución de voz dentro de una organización, explicado en [10]. Las centrales telefónicas PBX, son capaces de: direccionar llamadas, manejar un conjunto de extensiones, utilizar un sistema de contestador automático, conectar más de una línea telefónica pública al sistema, entre otras muchas opciones. Estas se consolidan como una solución ideal de voz para las medianas y grandes empresas. En [12] se comenta que las PBXs tradicionales se caracterizan por ocupar un espacio físico considerable dentro de la empresa, el cual, debe ser continuamente supervisado

y debe tener estrictos controles de mantenimiento; tanto preventivo como correctivo. De igual modo, los equipos pertenecen a la empresa, estos en su mayoría deben ser comprados a un único proveedor debido a su incompatibilidad con otras marcas.

### 2.2.3. VoIP

El término de VoIP (Voice over Internet Protocol) se ha utilizado en la industria para mencionar un grupo de tecnologías que proveen servicios de comunicación basados en Internet [2]. La tecnología VoIP es la transmisión de voz, usando paquetes de redes de datos, empleando un protocolo IP. La señal de voz viaja de forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos, como era antes con la telefonía convencional. Los protocolos que se utilizan para enviar voz sobre la red IP son protocolos de Voz sobre IP [7].

### 2.2.4. Telefonía IP

La Telefonía IP difiere de la Telefonía tradicional porque no usa conmutación de circuitos, sino conmutación de paquetes. Esto significa que la información se digitaliza y se transmite a través de redes de datos o redes IP en forma de paquetes de datos usando protocolo de VoIP. La telefonía IP es el servicio de telefonía que usa tecnologías VoIP [12].

#### 2.2.4.1. Problemas comunes en un canal VoIP

Entre los problemas comunes que surgen y algunos autores mencionan en [5] están:

- Alta latencia: A la latencia también se la llama retardo. Latencia se define técnicamente en VoIP como el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino.
- Jitter: Se define técnicamente, como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes causada por: la congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino.
- Pérdida de paquetes: Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se



produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además, el extravío de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. Sin embargo, la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados, se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

- Eco: Se define como una reflexión retardada de la señal acústica original. El eco es especialmente molesto cuanto mayor es el retardo y mayor es su intensidad, con lo cual se convierte en un problema puesto que los retardos suelen ser mayores que en la red de telefonía tradicional.

#### 2.2.4.2. Protocolos de señalización

Entre los protocolos más comunes desglosados de [3] [9] están:

- H.323: El protocolo H.323 es una recomendación de la ITU (International Telecommunication Union) y define el conjunto de reglas, que tienen que seguirse para proveer sesiones de comunicación audiovisual en red. Suele utilizarse para videoconferencias y es una parte de la serie de protocolos H.32X, los cuales también dirigen las comunicaciones ISDN y SS7. No garantiza una calidad de servicio y el transporte de datos puede o no ser fiable. Fue el primer protocolo que se utilizó para la VoIP y aunque sigue en uso, cada vez se utiliza menos.
- SIP: SIP (Session Initialization Protocol) es un protocolo de señalización, que utiliza el puerto 5060 en TCP (Transmission Control Protocol) y usar UDP (User Datagram Protocol). Su objetivo principal es estandarizar: la iniciación, modificación y finalización de las sesiones interactivas. Es importante tener en cuenta que el protocolo SIP no transporta la voz o el video entre punto y punto, él sólo se encarga de iniciar, modificar y finalizar las sesiones entre dos usuarios. El transporte de los datos es responsabilidad de otro protocolo, RTP (Real Time Protocol). Es un protocolo desarrollado por el IETF (Internet Engineering Task Force). SIP en un principio aportó un conjunto de funciones de procesamiento de llamadas y capacidades presentes en la PSTN. Implementa funciones típicas que hace un teléfono como: llamar, hacer sonar un dispositivo, contestar, etc. El protocolo SIP también hereda muchas características del procesamiento de llamadas SS7. SS7 es el protocolo básico de señalización telefónica definido por la UIT-T en los años 1981. SIP es

reconocido como el protocolo que define a la tecnología VoIP dado que tiene sus raíces en la comunidad IP y no en la industria de telecomunicaciones. La primera versión propuesta para formar un estándar fue SIP 2.0, en 1999, RFC 2543 y luego redefinido en RFC 3261. El protocolo SIP tiene mucha similitud y comparte mucho con el protocolo http. Se encuentra muy bien explicado y detallado en [1]. De hecho, muchos de los códigos de repuesta son iguales. Entre las principales funciones de SIP están:

- SIP permite la traducción del nombre de usuario a la dirección de red.
  - Gestiona las llamadas.
  - Función de negociación, donde los participantes negocian las características soportadas por ambos.
  - SIP permite modificar las características de las sesiones aun cuando se encuentra en proceso la sesión.
- 
- IAX: El protocolo IAX (Inter-Asterisk eXchange protocol), amparado en la RFC-5456, fue diseñado como protocolo de conexiones VoIP entre servidores de Asterisk, aunque actualmente también se utiliza para conexiones entre terminales. Es un protocolo mucho más ligero, simple y compacto que H.323 y que SIP; la señalización no se hace fuera de banda sino la señalización y datos viajan en los mismos paquetes. Esta característica, permite reducir el número de conexiones simultáneas y es la más adecuada para entornos en los que firewalls y NATs pueden dar problemas. El inconveniente más importante, es que IAX2 no es un estándar con lo que no está implementado en muchos dispositivos que están en el mercado. Otro inconveniente, es que, si se utiliza un servidor SIP, la señalización de control pasa siempre por el servidor, pero la información de audio puede viajar extremo a extremo sin tener que pasar necesariamente éste. En IAX, al viajar la señalización y los datos de forma conjunta, todo el tráfico de audio debe pasar obligatoriamente por el servidor IAX, por lo que se produce un aumento en el uso del ancho de banda que deben soportar los servidores IAX, sobre todo cuando hay muchas llamadas simultáneas. La primera versión de IAX se quedó corta en muchos aspectos técnicos, así que apareció una segunda versión, IAX2, que es la actual.

#### 2.2.4.3. Protocolos de Transporte

Los protocolos de transporte de la telefonía IP son los mismos de una red IP. El autor de [6] los detalla muy bien en su libro.

- **TCP (Transmission Control Protocol):** Este es el protocolo de control de transmisión. Es uno de los principales protocolos del modelo TCP/IP. En el nivel de aplicación permite la administración de datos que vienen del nivel bajo del modelo, es decir el protocolo IP. Agrupa los datagramas IP. Es un protocolo orientado a la conexión. Con este protocolo dos máquinas conectadas controlan el estado de la transmisión. El protocolo permite: colocar datagramas en orden cuando vienen del protocolo IP, monitoreo del flujo de datos evitando saturación de la red, mutiplexar los datos y por ultimo iniciar y finalizar la comunicación.
- **UDP (User Datagram Protocol):** Este es un protocolo no orientado a la conexión, propio de la capa de transporte. No proporciona detección de errores.
- **RTP (Real-time Transport Protocol):** Se le conoce como protocolo en tiempo real. El objetivo de RTP es brindar un medio uniforme de transmisión sobre datos que están sujetos a las limitaciones de tiempo real: audio, video. El protocolo RTP, implementa los números de secuencia de paquetes IP, para rearmar la información de la voz o del video. RTP permite identificar el tipo de información transmitida, controlar la llegada de paquetes al destino y agregar controladores temporales, así como números de secuencia a los paquetes.

#### 2.2.4.4. Códecs

La comunicación de la voz es analógica, sin embargo, la red de datos es digital [3]. En [12] y [4] se presentan las explicaciones sobre códec. El proceso de convertir ondas analógicas, a información digital, se hace con un codificador-decodificador (Códec). Existen muchas maneras de transformar una señal de voz analógica, todas ellas basadas en estándares. La mayoría de las conversiones se basan en la modulación codificada, mediante pulsos (PCM) o variaciones. Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el códec comprime la secuencia de datos y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada, puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca

capacidad. Permite tener un mayor número de conexiones de VoIP simultáneamente.

- G.711: Es un estándar ITU-T para audio. Este es utilizado principalmente en telefonía. El estándar fue liberado para su uso en 1972. Fue la primera recomendación de la ITU-T en lo que respecta a codificación de voz. G.711, es un estándar que representa la modulación de códigos de pulsos comprimidos de 8 bit (PCM), muestras para señales de frecuencias de voz, grabadas a una velocidad de 8000 muestras/segundo. G.711 encoder ocupa un ancho de banda de 64 kbps. Existen 2 algoritmos principales que definen el estándar: u-law (usado en Norte América & Japón) y algoritmo a-law (usado en Europa y el resto del mundo). Ambos son logarítmicos, pero el último a-law fue específicamente diseñado para ser más fácilmente procesado por un computador convencional.
- G.729: Es un algoritmo de compresión de data para voz, que comprime el audio de la voz. A diferencia de los 64 Kbps que necesita un stream de audio digital PCM G.711 convencional y sin comprimir, el códec G.729, comprime el audio hasta los 8 Kbps. G.729 se utiliza mayormente en aplicaciones de Voz sobre IP por sus requerimientos de bajo ancho de banda. Entre más compresión se necesita más capacidad de procesamiento, pero menor la calidad del audio.
- GSM: Este es un tipo de códec muy reconocido en el mundo de las telecomunicaciones, dado que se utiliza con mucha regularidad en los canales de líneas móviles o celulares. Sus siglas referencian: Global System for Mobile communications. Su premisa es la cantidad y no la calidad dado que en una conexión full-rate ocupa 13 Kbits/s. Con este códec se puede ahorrar ancho de banda.

Aunque no se configuraron para este proyecto, existen muchos otros códecs como: G.721, G.722, G.723, G.726, Speex, iLBC.

#### 2.2.5. Asterisk

La industria de las telecomunicaciones está siendo impulsada por una fuente de código abierto llamado Asterisk. Uno de los más potentes efectos secundarios causados por la energía de la comunidad Asterisk es: la cooperación que ha generado entre los profesionales de las telecomunicaciones, los profesionales

de redes y profesionales de la tecnología de la información que comparten una pasión por este fenómeno.

Asterisk es un programa de software libre, (bajo licencia GPL) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX) sobre una red IP. Este tipo de PBX, donde se implementan todas las características de una PBX convencional sobre redes IP, además de agregar nuevas funcionalidades se conoce como PBX IP, de acuerdo con [5].

#### 2.2.5.1. Ventajas

Entre las principales ventajas citadas en [9], están:

- **Movilidad:** la Telefonía IP permite que se puede disponer de una extensión en cualquier parte física, siempre y cuando haya internet disponible, además que la seguridad y configuración lo permitan.
- **Disminución de costos en instalación y mantenimiento:** facilidad para obtener proveedores de servicios en internet. Existe una extensa documentación en internet y soporte de la comunidad de código abierto de Asterisk. Además, de bajos costos en hardware no especializado, utilizando hardware computacional convencional y algunos multimedios. Sobre la misma red de datos TCP/IP, conviven los computadores y teléfonos. Dado los múltiples proveedores de VoIP que pueden ser configurables, permite generar ahorro en los costos de las llamadas.
- **Alta escalabilidad:** dado que la arquitectura está basada en simples computadores o servidores, escalar en recursos es sencillo tanto como en dispositivos. Asterisk está orientado a la escalabilidad.
- **Alta compatibilidad:** por ser una plataforma ampliamente aceptada en la comunidad, se ha creado mucho hardware compatible. Existen muchos fabricantes y proveedores que están respaldados por estándares VoIP.
- **Es una tecnología flexible:** por su naturaleza, los servicios son altamente configurables. El medio de acceso es bien amplio, cualquier acceso de internet desde: Wifi, fibra óptica o ADSL.

- Integración: permite integrar voz, datos y si se quiere vídeo en una misma red IP. Además, permite integrar muchos servicios de terceros como Google Hangouts, proveedores SIP, etc.

#### 2.2.5.2. Términos

Alguna terminología común de Asterisk explicada con más detalle en [4] y [5]:

- Extensión: Una extensión en Asterisk es un poco más que una asociación a un dispositivo o terminal IP. Una extensión es un conjunto de secuencias de comando por ejecutar.
- FXS: FXS (Foreign Exchange Station), es la interfaz que permite conectar teléfonos análogos con la PBX. Estas interfaces se les conoce como ATA (Analog Telephony Adapter).
- FXO: FXO (Foreign Exchange Office), también se le conoce como gateway responsable de unir la red IP con la red PSTN.
- SIP Trunks: Es un servicio que conecta sistemas VoIP basados en internet. Básicamente conecta el Asterisk a un proveedor SIP.
- Contexto (context): El plan de marcación se divide en los contextos. Es una división lógica. Un contexto agrupa un grupo de extensiones y un comportamiento específico para ellas dentro del contexto.
- Terminales IP: Son los clientes del Asterisk, los teléfonos IP que soportan protocolos VoIP.

#### 2.2.5.3. Servicios

Entre los servicios ofrecidos por Asterisk están algunos de los mencionados en [4] y [5]:

- Desvíos: permiten la transferencia automática de una llamada entrante hacia un número determinado (interno o externo) cuando se cumplen determinadas condiciones: por ejemplo, si el número está ocupado, si no contesta, etc.

- DND (Do not disturb): opción de no molestar, que podrá ser configurado en Asterisk mediante un código o directamente en el terminal.
- Llamada en espera: se permite a las personas que están atendiendo una llamada, atender otra llamada y dejar la llamada actual en modo de espera.
- Grabación de llamadas: las grabaciones se pueden dar en las conversaciones entre los empleados o agentes para el caso del proyecto. Con el servicio de grabación de llamadas se puede evaluar la calidad de las mismas.
- Operadora Automática (IVR): una operadora automática o IVR es una aplicación de telefonía que permite interactuar con el usuario que realiza la llamada, de forma que éste pueda pulsar opciones previamente anunciadas y acceder de forma automática a los destinos programados.
- Salas de Audio-Conferencias: una sala de audio conferencias es un sistema que permite conectar a múltiples usuarios en una misma conversación telefónica. Los usuarios pueden acceder a la sala desde una extensión interna, o bien desde el exterior (a través de un número directo o bien a través de un IVR). Es un sistema muy útil para hacer reuniones internas (por ejemplo, seguimiento de ventas) o bien con clientes o proveedores.
- Voice mail: servicio integrado con correo electrónico. En caso de que el usuario no pueda atender una llamada, se puede programar que se transfiera a un sistema de buzón de voz. En caso de que se deje un mensaje, se enviará un correo electrónico avisando del mismo al usuario destinatario.
- Retro llamada: si se hace una llamada a una extensión y esta no contesta (por estar ocupado o ausente), se puede activar la función Asterisk de retro llamada. En cuanto el usuario llamado cuelgue, se avisa al que activo la función de retro llamada para que este pueda llamar de nuevo a la extensión inicial.

- Informes detallados de llamadas (CDR): detalle de llamadas realizadas/recibidas por extensión, para imputación de costes departamentales, por cliente o incluso para facturación.

#### 2.2.5.4. AsteriskNOW

AsteriskNOW es una distribución GNU/Linux (CentOS) que lleva pre-instalado Asterisk, FreePBX, Apache, MySQL, entre otros; lo que facilita la instalación, ejecución, configuración y administración de una PBX IP [10].

AsteriskNOW es soportado y respaldado por Digium [12]. El sitio oficial es: <http://www.asterisk.org/downloads/asterisknow>

#### 2.2.6. Dispositivos IP o terminales IP.

Entre los dispositivos más comunes están [3]:

- Softphone o SIP en teléfonos móviles “inteligentes”: Es un dispositivo, que, mediante un software, permite en el sistema operativo, hacer y recibir llamadas usando algunos de los protocolos de VoIP. En lugar de conectar físicamente un teléfono, basta con descargar una aplicación en el teléfono inteligente o en una PC con Windows, Mac OS, Linux, con unos audífonos y micrófono es posible utilizarlo como un teléfono.
- Teléfono IP: Es un teléfono como los conocidos analógicamente. Es un dispositivo hardware, utiliza una red IP para comunicarse. Los más comunes son los que soportan el protocolo SIP.
- Teléfono Análogo con ATA: Es el teléfono común, análogo que usando un dispositivo ATA (Analog Telephone Adapter), permite conectarse a una red IP. Un ATA toma un puerto FXS para conectar el teléfono análogo y tiene una entrada de ethernet para conectarse a la red TCP/IP.



## Capítulo 3 Desarrollo Metodológico

Con el plan piloto, se prueba y demuestra que se pueden solventar algunos de los problemas actuales enfrentados por la empresa, en su sistema PBX.

Las etapas del proyecto abarcadas para concluirlo satisfactoriamente fueron:

- Análisis de requerimientos (Análisis de infraestructura actual).
- Diseñar el plan piloto (Direccionamiento IP, diseño de implementación).
- Implementar la nueva PBX IP.
- Aplicar protocolos de prueba y encuesta de satisfacción.
- Análisis de costos económicos.

Cada fase o etapa del proyecto, se fue desarrollando con base en cada objetivo específico con su respectivo entregable.

### 3.1. Análisis de la infraestructura actual.

Seguidamente, se muestran los resultados del análisis sobre: estado actual del sistema (problemas), plan de numeración actual, estructura física y diagrama lógico actual.

#### 3.1.1. Estado actual.

En el presente proyecto, se ha realizado un análisis inicial sobre el estado actual del sistema de comunicaciones, mediante entrevistas a la gerencia, se ha obtenido la mayor información sobre problemas actuales. Con ello se ha podido deducir los requerimientos mínimos para dimensionar el plan piloto por implementar.

##### 3.1.1.1. Lista de los problemas actuales

- Mal diseño plan de numeración. No existe posibilidad de crecimiento y un buen agrupamiento de extensiones, dado que, actualmente existen sólo dos dígitos por extensión.
- No existen reportes en línea de uso de la central telefónica actual.

- La PBX actual, junto con sus módulos, fuente de poder y distribuidor actual ocupa mucho espacio físico, un cuarto de 2m x 2m, con un bastidor o rack completo.
- Llamadas internacionales costosas, por uso del proveedor de PSTN (Kolbi). Se gasta mensualmente un promedio de \$ 700 USD en llamadas internacionales, 1000 minutos mensuales en promedio.
- Altos costos en llamadas por celular para contactar a los vendedores.
- No existen servicios de conferencia.
- No existe movilidad de extensiones. Cada extensión está físicamente atada a una localización física; dicha localización está alambrada a la central actual.
- Dado que un módulo de ampliación es costoso, es imposible utilizar otros proveedores para conectar a la PSTN que no sea mediante ISDN o líneas FXO. Se desea abandonar el ISDN, debido a su alto costo mensual. Se gasta en promedio alrededor de \$ 350 USD mensuales.
- Algunos teléfonos análogos y su cableado, presentan problemas de poca claridad o mal sonido, debido a la actual instalación de cableado y al estado de algunos teléfonos.

Los datos de los gastos mensuales, fueron proporcionados por reportes financieros de la empresa de los últimos 6 meses. No adjuntados al documento por un asunto de confidencialidad.

### 3.1.1.2. Plan de numeración actual.

Recolectado en la tabla II, se expone el plan de numeración actual que existe. Mostrando la limitante de uso de dos números para extensiones y algunas extensiones sin un orden o sin un agrupamiento lógico específico.

Tabla II PLAN DE NUMERACIÓN ACTUAL Y EXTENSIONES

GERENCIA	EXTENSION
OSCAR GARÓFALO ARRIETA	56
ÓSCAR E. GARÓFALO MOYA	57
SILVIA R. GARÓFALO MOYA	58
GERARDO HERRERA MENESES	66
<hr/>	
SECRETARIA	EXTENSION
YAMILETH GRANADOS BRENES	55
SALA DE REUNIONES- ENTRADA	53
<hr/>	
TESORERIA	EXTENSION
MARITZA OROZCO RIVAS	35
AUXILIADORA PEREIRA TORRES	36
MARLEN SOLANO PACHECO	37
LIBRE	38
ANA GRACE MONTENEGRO	46
GRACIELA GRANADOS	49
<hr/>	
IMPORTACIONES Y COMPRAS	EXTENSION
EDUARDO HERNÁNDEZ GARITA	65
VIVIANA GUILLÉN	75
<hr/>	
SERVICIO AL CLIENTE	EXTENSION
SONIA MONGE VÍQUEZ	05
MILENA MARÍN CORDERO	06
HUGO ARAYA BADILLA	07
ALLAN JIMÉNEZ VARGAS	08
LIBRE	10
<hr/>	
ZOOTECNIA Y SEMILLAS	EXTENSION
MARTÍN SERRANO	22 / 90
<hr/>	
SOPORTE TECNICO	EXTENSION
FRANDER GRANADOS	31
JULIO SÁNCHEZ	31
CUARTO DE CÓMPUTO	94

DESPACHO	EXTENSION
LEONEL MATA SOLANO	90
EVELIO MARÍN SERRANO	90

PRODUCCION	EXTENSION
WILSON MÉNDEZ QUESADA	18

REEMPAQUE	EXTENSION
SÁUL RAMÍREZ PÉREZ	18
ANTONIO PICADO CRUZ	18
GERARDO SANCHEZ SOLANO	18
GUIDO QUESADA MONTENEGRO	18
CESAR NAVARRO	18
MIGUEL ROJAS UMAÑA	18
OSVALDO CHACÓN SANABRIA	18
GERARDO ROBLES BRENES	18
JORGE MOYA QUIRÓS	18
IGNACIO CRUZ	18
JONATHAN MORA CALDERÓN	18

ADAMA - DOW	EXTENSION
BRYAN LÓPEZ MURILLO	15

RECICLAJE	EXTENSION
DANILO BERMUDEZ NUNEZ	15

BODEGA UPL	EXTENSION
DENNIS ZUNIGA	22

CONTABILIDAD	EXTENSION
CLARISSA BALTODANO CRUZ	30
RICARDO MURILLO SOLANO	32

CREDITO Y COBRO	EXTENSION
LEDA ARCE SOLANO	25
LORENA GONZÁLEZ AGUILAR	26
ADRIANA SANDOVAL MORA	27

TÉCNICOS	EXTENSION
MARTA MONGE	85
SERGIO SANCHO	86
LUIS ROBERTO BARQUERO	87
CARLOS ARROYO HENRY	87

SODA COMEDOR	EXTENSION
MARCELA GRANADOS GARITA	40

ASELCA	EXTENSION
PAULA GUZMAN	97
WILLIAM VARGAS / JUAN VALLEJOS	97

BODEGAS EXTERNAS	EXTENSION
GERARDO SALAZAR ARROYO	96
MIGUEL GUTIERREZ PÉREZ	96
JULIO VARGAS VÉLEZ	96

COBRADORES	EXTENSION
EDWIN VILLAVICENCIO SOTO	42

CONSULTORIO MEDICO	EXTENSION
DR. GUILLERMO MONGE CHACÓN	40

AGENTES	EXTENSION
JOSE CASTAING /MICHAEL CORDERO	39
ANDRES CORDERO VARGAS	41
WILBERTH MORALES CORDERO	44
WALTER AGUILAR MURILLO	45
MIGUEL GRIJALBA	47

CONTROL DE VISITAS CASAGRI	EXTENSION
MIGUEL QUESADA CERDAS	22

LOGISTICA E INVENTARIO	EXTENSION
ALEXANDER AGUILAR NAVARRO	91
EVELIO QUESADA RAMIREZ	95

La tabla II, muestra el nombre del empleado, que para efectos de este proyecto es irrelevante, sin embargo, lo importante es observar la codificación actual, con dos dígitos, el máximo número de extensiones posibles es de 100. De la extensión 00 a la 99.

### 3.1.2. Diagrama de infraestructura de PBX actual.

De la inspección en sitio y de las figuras 3, 4 y 5; se determina que el sistema actual, es un sistema cableado por completo, con cobre entre la central PBX y cada terminal análoga o teléfono. Existe un cuarto físico, en donde se localiza la central telefónica Siemens, el módulo de tarjetas propietarias de la central, el distribuidor FXS, donde se cablean todas y cada una de las extensiones físicas que existen en la empresa. El cableado existente es un cableado aéreo, no de piso falso.



Fig. 3. PBX Siemens actual.

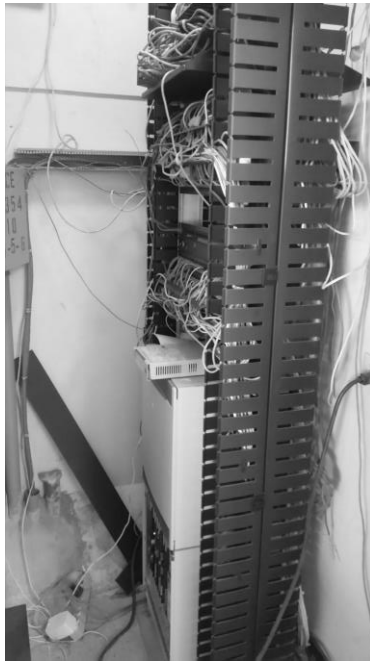


Fig. 4. Rack y cuarto físico de la PBX Siemens actual.

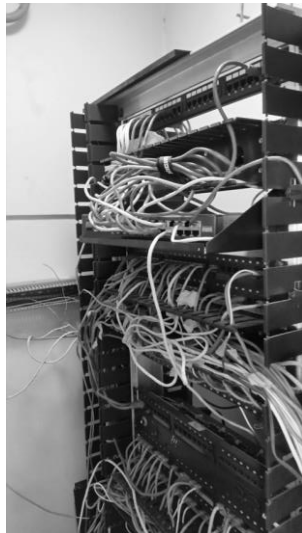


Fig. 5. Distribuidor de la PBX Siemens

En la figura 3,4 y 5; se muestra la PBX y su cableado. La figura 6, presenta el diagrama de la PBX, con sus respectivas oficinas y la cantidad de teléfonos análogos por oficina física. Del lado izquierdo, la representación de cada oficina, del lado derecho la central PBX. La central PBX se interconecta con la PSTN, usando dos enlaces ISDN PRI. Dichos enlaces conectan con la red Kolbi. Mediante el proveedor, se generan las llamadas nacionales, celulares e internacionales. Esos enlaces, permiten recibir llamadas desde la PSTN hacia las extensiones actuales de la PBX. Seguidamente, luego del diagrama de la PBX, se observa el distribuidor de FXS, en donde se cablea cada extensión física. El distribuidor une los teléfonos con la PBX físicamente. En la siguiente figura se presenta más detalle del diagrama general respecto a la PBX y sus componentes. En la figura 7 se puede observar el número público actual de cada ISDN PRI, con sus 30 canales cada enlace.

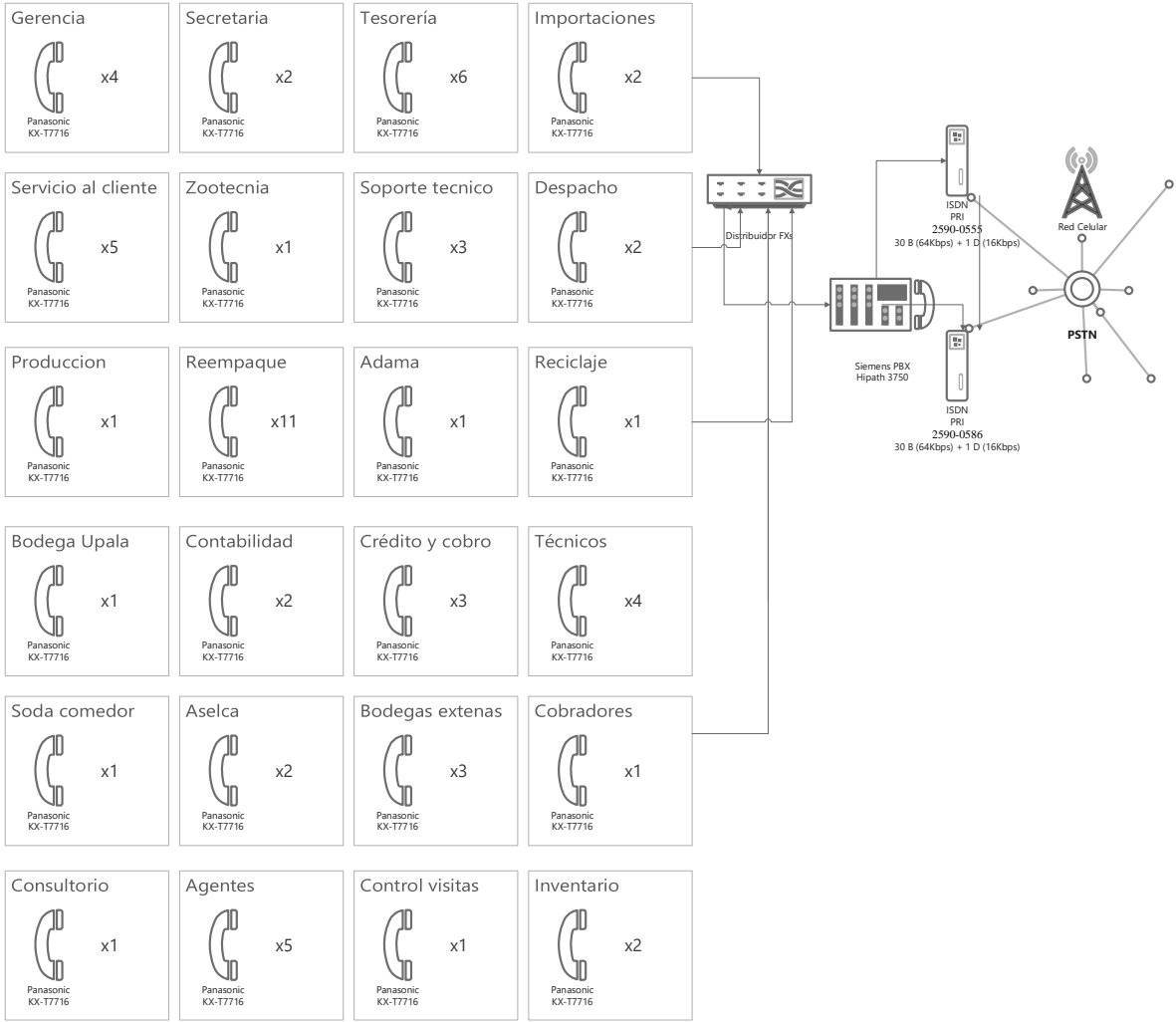


Fig. 6. Diagrama actual general.

La figura 7, detalla mejor el lado izquierdo de la figura anterior. En ambos diagramas, el cableado se representó con una sola línea de interconexión, sin embargo, en el mundo real, cada teléfono tiene un cable, el cual va, desde el distribuidor a la caja de teléfono RJ11 de cada oficina.

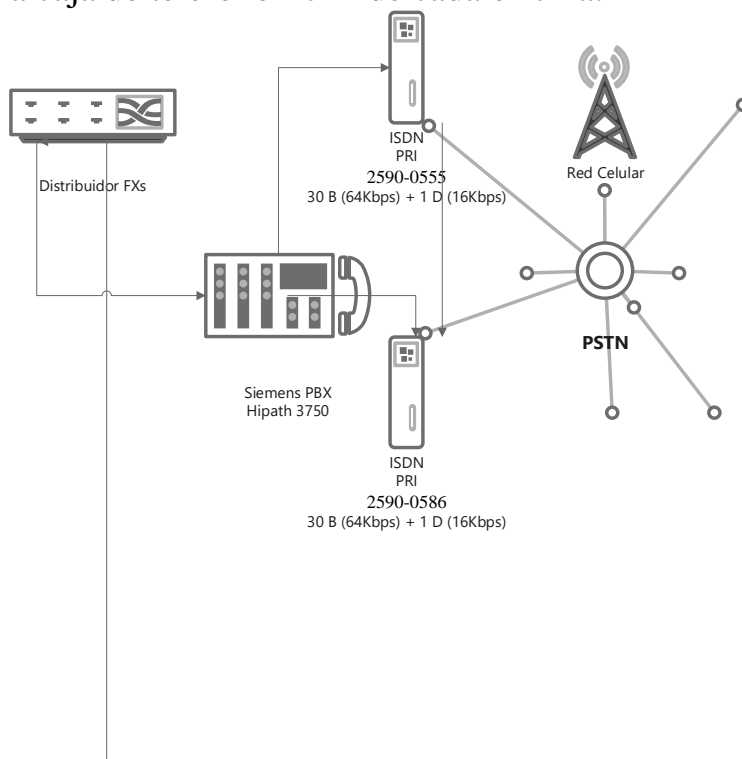


Fig. 7. Diagrama actual en detalle la PBX actual.

### 3.2. Direccionamiento IP propuesto

Como se observa en la tabla III, el servidor posee un IP fijo asignado. Se creó un pool de direcciones en el DHCP, para asignar dirección IP a los softphones instalados en los teléfonos inteligentes. El rango del pool de direcciones está especificado en la tabla III.



Tabla III DIRECCIONAMIENTO IP

Resumen				
Red	192.168.100.0/24			
Netmask	255.255.255.0 = 24			
HostMin	192.168.100.1			
HostMax	192.168.100.254			
Hosts	254			
Detalle				
Equipo	IP	Mascara	IP Fijo	DHCP
Servidor	192.168.100.2	255.255.255.0	X	
Gateway	192.168.100.1	-	X	
Telefono SIP 1	192.168.100.50	255.255.255.0	X	
Telefono SIP 2	192.168.100.60	255.255.255.0	X	
Telefono SIP 3	192.168.100.61	255.255.255.0	X	
Softphone SIPs	192.168.100.20-192.168.100.49	255.255.255.0		X

### 3.3. Diseño de la implementación del plan piloto

El diseño de la implementación se basó en: definir los equipos, el diagrama físico, el diagrama lógico y diseñar el plan de numeración.

#### 3.3.1. Diagrama de la infraestructura del plan piloto.

El sistema propuesto cuenta con teléfonos IP. En las figuras siguientes, se muestran los teléfonos IP usados como clientes SIP. Todo se detalla mejor en el diagrama del sistema propuesto, figura 15.



Fig. 8. Teléfonos IP utilizados para el plan piloto.

De izquierda a derecha se observan: Grandstream Budge Tone 100, dos Linksys SPA841 y el teléfono asignado a la recepción, el Grandstream GPX2020. Solo un Linksys fue utilizado para el plan piloto. De esos teléfonos, dos se utilizaron mediante el Wifi Bridge de Linksys, WBP54G. Con ello ambos se convirtieron en teléfono inalámbricos.



Fig. 9. Teléfono Grandstream: Budge Tone 100.



Fig. 10. Teléfono Linksys SPA841.



Fig. 11. Teléfono Grandstream GPX2020.

El servidor que se implementó es de un tamaño de 1U (Unidad rack, equivale a 1,75 pulgadas o 4,445 cm de alto). Con racks para montar en el bastidor.



Fig. 12. Servidor Asterisk. Intel Core i5

Las características del servidor se pueden observar en la tabla IV.

Tabla IV CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR ASTERISK

Chasis	ITS-1912 1U Case 19"(W) x 1.77"(H) x 12"(D)
Tarjeta madre	Jetway NF9A/9E/9F LGA 1155 series motherboard
Procesador	Intel 3230M 3rd Generation Core-i5, 2.60Ghz
Gráficos	Integrated Intel® Graphics Media Accelerator with multi-output
Red	Giga-LAN on Jetway Gigabyte Z97N
Disco Duro	3.5" SATA Hard Drive 500 GB
OS Versión	Centos 6.0
Asterisk Versión	Asterisk 11
AsteriskNOW	Version 6.12.65-26 x64

El Huawei HG8247, terminal de red óptica (ONT), es un gateway residencial de alta gama de la solución FTTH Huawei. Con el uso de la tecnología GPON, se ofrece acceso de banda ultra-ancha.



Fig. 13. Router y WiFi Huawei HG8247

El HG8247 proporciona dos puertos POTS, cuatro puertos Ethernet autoadaptables GE/FE, un puerto CATV y uno WiFi.

### 3.3.1.1. Diagrama físico del sistema propuesto

El sistema propuesto, como se observa en la figura 15, está basado en IP. Es decir, cada elemento posee una dirección IP detallada en la tabla II. La red es una red nueva, diseñada exclusivamente para el plan piloto. Posee una red inalámbrica, solo para uso de las terminales SIP. También posee su propio gateway de salida. El internet es exclusivo para esta red IP. Se contrató fibra óptica de 10 Mbps de bajada y 4 Mbps de subida. La fibra óptica es provista por la empresa estatal JASEC. JASEC, provee no solo la fibra óptica sino también el router, que permite conexión Wifi A/B/G/N.

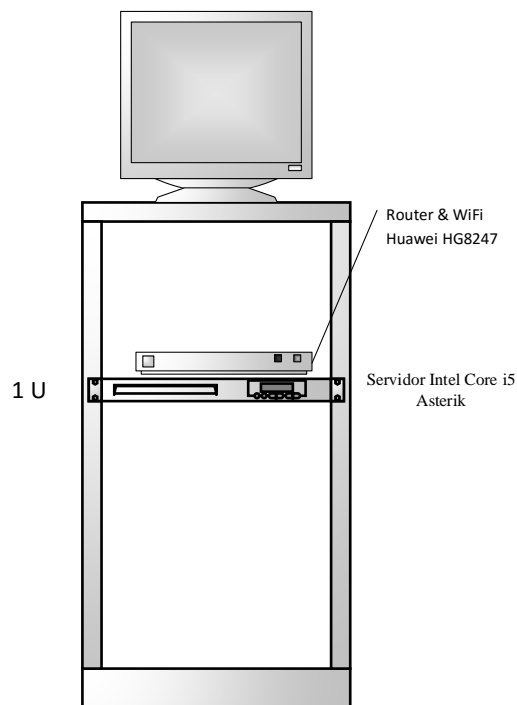


Fig. 14. Diagrama físico del sistema propuesto

En el diagrama anterior, se observa que todo quedó reducido a la mínima cantidad de Us. De hecho, el nuevo servidor es de solo 1U.

### 3.3.1.2. Diagrama general sistema propuesto

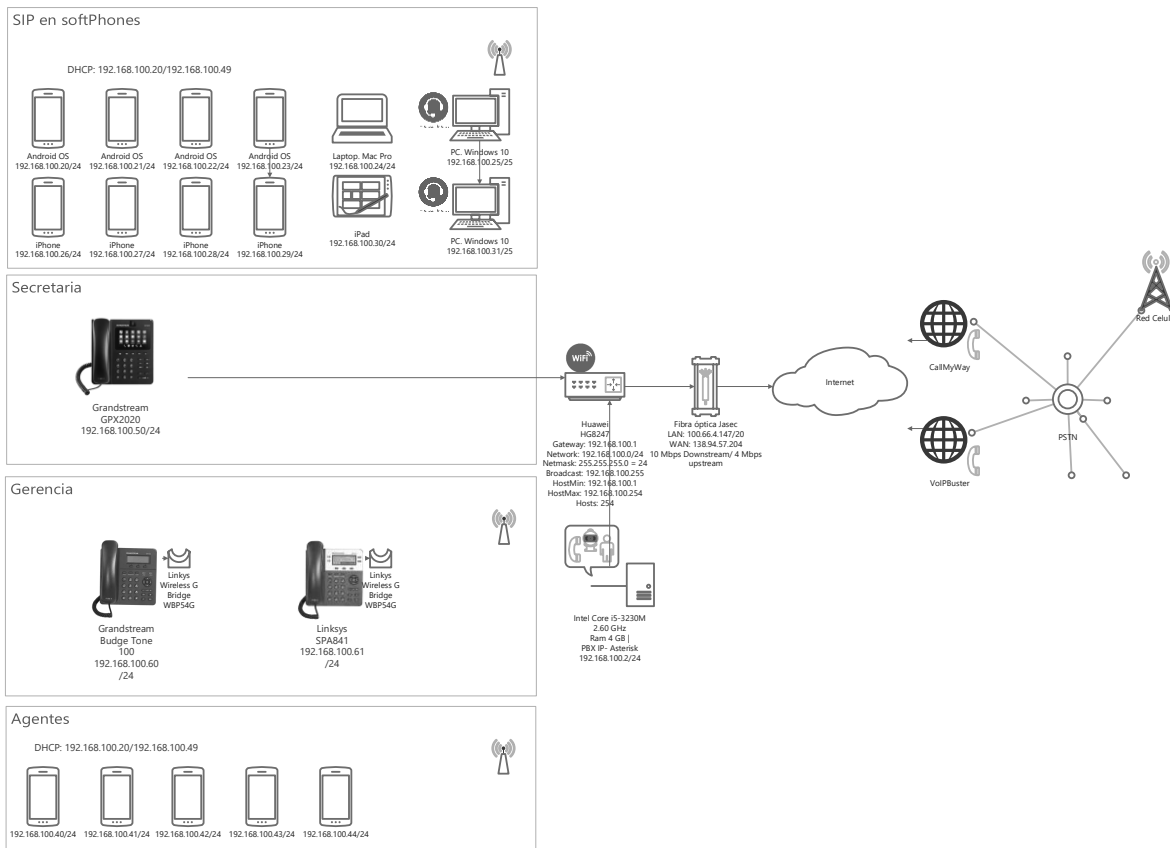


Fig. 15. Diagrama sistema propuesto.

En el diagrama anterior, se observa los teléfonos que usaron SIP mediante la aplicación Zoiper, obtuvieron IP dinámicas locales, asignadas mediante el servicio de DHCP activado en la terminal de red óptica. Los teléfonos inteligentes tenían sistema operativo iOS y Android. También se emplearon dos terminales con audífonos que corrían el sistema operativo Microsoft Windows 10. La prueba también se dio en un iPad mini de segunda generación. En la figura anterior, se muestra que, los dos teléfonos IP de gerencia usan IP estática y medio de transmisión inalámbrico gracias al WiFi Bridge de Linksys. El teléfono IP de secretaria, usó cableado CAT5 mediante ethernet. Los agentes utilizaron a su vez sus teléfonos inteligentes con el cliente SIP Zoiper. Ellos solo utilizaron sus teléfonos dentro de la red local y no de manera externa. El registro de los teléfonos SIP, usando la dirección IP pública, se realizó de una manera temporal pero no se habilitó dicha característica, dado los problemas de seguridad que habría que resolver primero y para evitar un posible ataque externo. Del lado derecho de la figura anterior, se observa la interconexión del Huawei HG8247 con el servidor Asterisk, mediante, uno de los puertos ethernet y tarjeta de red. De igual manera, el servidor físicamente se interconecta con

cable CAT5 ethernet. El Huawei brinda conexión internet con velocidades de 10 Mbps de bajada y 4 Mbps de subida. Utilizando la internet, se interconectan las dos troncales contratadas para llamadas VoIP. Con dichas troncales, se hace interfaz con la PSTN para llamadas salientes y entrantes. En la figura 16, se observa con más detalle del diagrama.

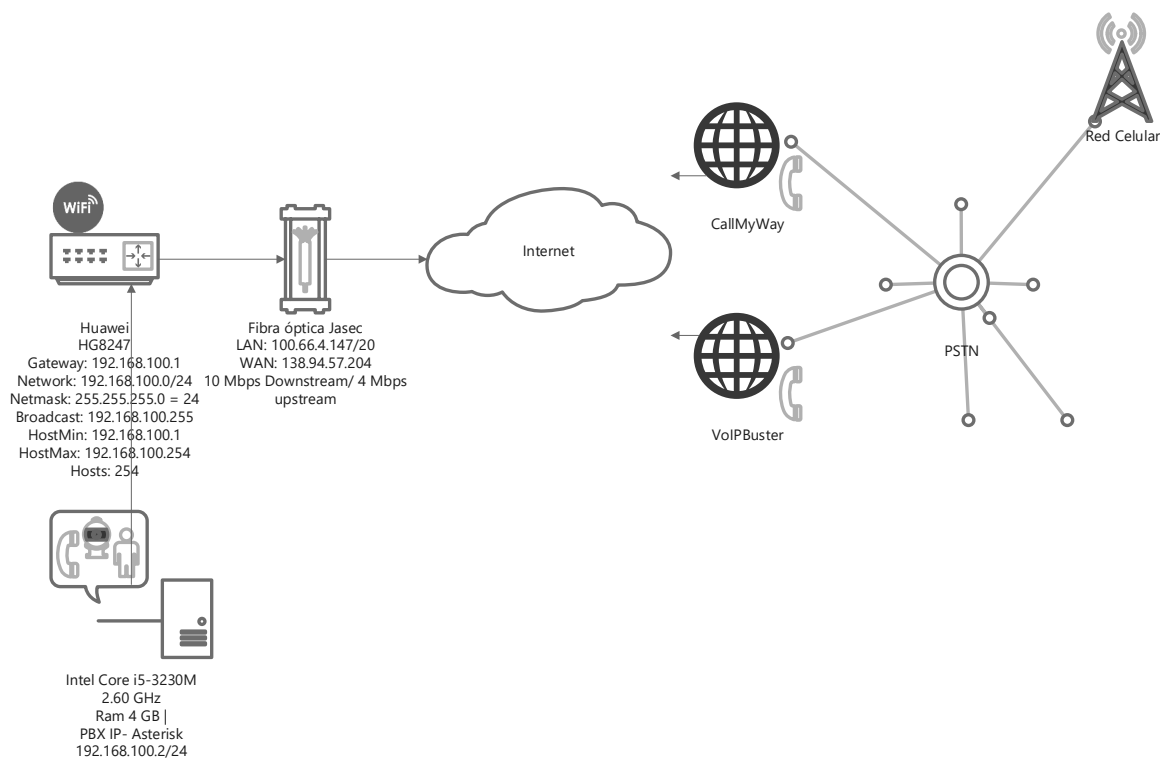


Fig. 16. Detalle del diagrama del sistema propuesto PBX IP.

### 3.3.2. Listado de servicios a implementados

Los servicios implementados fueron los siguientes:

#### 3.3.2.1. Conferencias.

Se definió que los servicios se implementan en el plan numeración desde el rango 120 al rango 150. Para el caso de conferencias se definió 120 y 121.

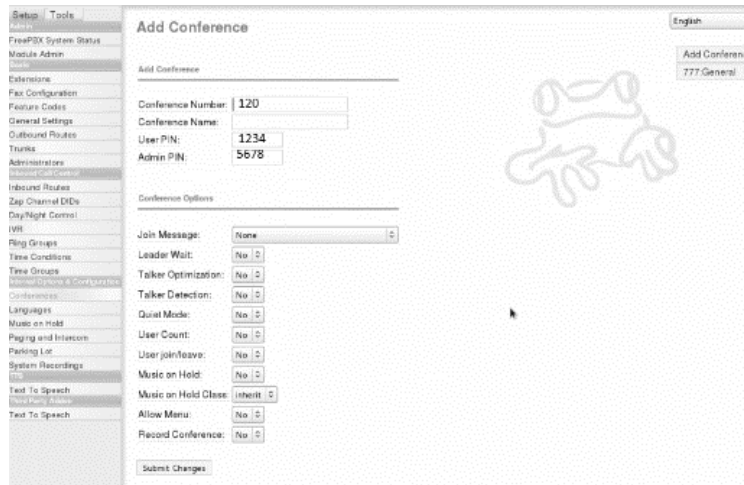


Fig. 17. Configuración del número de conferencia.

### 3.3.2.2. Reportes en línea.

Usando el sitio web con la IP del Asterisk (192.168.100.2), se puede consultar el listado de llamadas fácilmente por demanda. Permite múltiples filtros: entre fechas, si la llamada fue contestada, numero de origen, destino, etc.

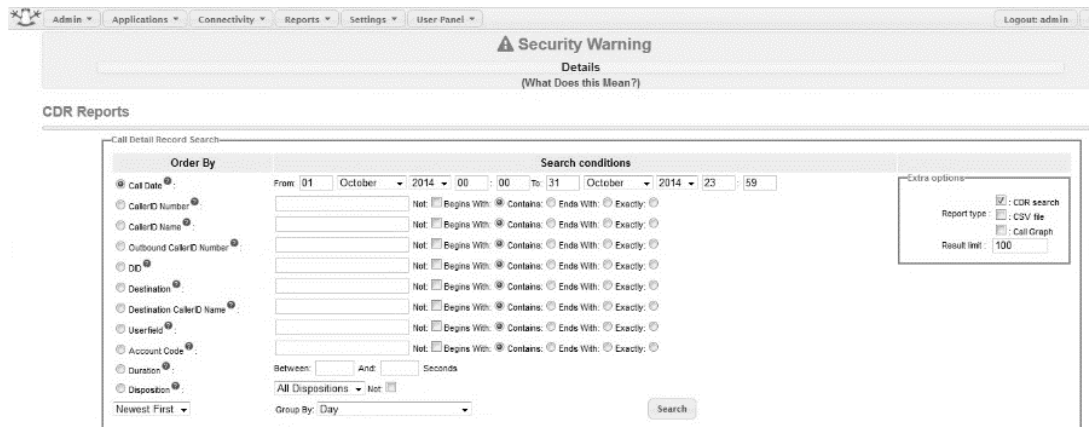


Fig. 18. Filtro de los reportes de CDRS.

Disposition: **No Answer** Not:

Group By: **Day** Search

Call Detail Record - Search Returned 65 Calls

Call Date	Recording	System	Src Chan.	Source	DID	App.	Dest.	Dst. Chan.	Disposition	Duration	Userfield
2016-09-20 09:25:26		1379633126.255375	Local	84162424		Dial		SIP	NO ANSWER	00:03	
2016-09-20 09:25:35		1379633135.255385	Local	84162230		Dial		SIP	NO ANSWER	00:05	
2016-09-20 09:30:16		1379633416.255408	Local	84162222		Dial		SIP	NO ANSWER	00:03	
2016-09-20 09:32:34		1379633554.255423	Local	89145893		Dial		SIP	NO ANSWER	00:13	
2016-09-20 09:45:08		1379634308.255489	Local	84162369		Dial		SIP	NO ANSWER	00:04	

Fig. 19. Resultado de un reporte de llamadas o CDRs (Call detail records).

### 3.3.2.3. Movilidad de extensiones.

Cada extensión puede ser registrada en cualquier localización física dentro de la empresa. La extensión de un agente puede estar en la soda o en la oficina de gerencia. El registro de extensiones, usando la IP pública no fue permitida, pero sí probada dado los niveles de seguridad que se deben de configurar cuando se hace esto: firewall, bloqueo de algunos puertos, etc. Dado que la configuración a nivel de seguridad del equipo no está incluida dentro del alcance del proyecto, se excluyó.

### 3.3.2.4. Usar troncal VoIP en llamadas internacionales.

En la figura 16, detalle de la configuración del servidor, se muestra la configuración de la troncal VoIP usando VoIPBuster como proveedor. Para efectos de llamadas de salida mediante esta ruta, se configuró el “0”, como dígito de salida. Luego de ello, si es número marcado es nacional, solo se marca el número nacional, y la ruta se encarga automáticamente de agregarle el prefijo 00506. Prefijo necesario para uso del proveedor VoIP en este caso. Para hacer llamadas a números internacionales, se debe de marcar el 0, seguido por 00 y el código país, más el número telefónico destino.

### 3.3.2.5. Usar troncal VoIP para recibir llamadas locales.

En la configuración de la troncal y la ruta entrante de CallMyWay: las llamadas provenientes del número CallMyWay, endPoint 8581977 dentro del sistema de CallMyWay, número asignado en la PSTN de Costa Rica 40015462 fueron direccionadas al número de la secretaría, el número de extensión 100. Para llamadas salientes, se le asignó como prefijo de salida, el código 9 a esta troncal. El fin principal de esta troncal, fue de permitir recibir llamadas entrantes de la PSTN.

### 3.3.3. Diseño del nuevo plan de numeración.

El plan de numeración nuevo, se hizo en función del plan piloto, pero fue pensado para que sea el mismo por utilizar en un futuro.



Tabla V PLAN DE NUMERACIÓN NUEVO

GERENCIA	EXTENSIÓN
OSCAR GARÓFALO ARRIETA	200
OSCAR E. GARÓFALO MOYA	210
SILVIA R. GARÓFALO MOYA	220
GERARDO HERRERA MENESES	230
SECRETARÍA	EXTENSIÓN
YAMILETH GRANADOS BRENES	100
SALA DE REUNIONES- ENTRADA	101
TESORERÍA	EXTENSIÓN
MARITZA OROZCO RIVAS	300
AUXILIADORA PEREIRA TORRES	301
MARLEN SOLANO PACHECO	302
LIBRE	303
ANA GRACE MONTENEGRO	304
GRACIELA GRANADOS	305
IMPORTACIONES Y COMPRAS	EXTENSIÓN
EDUARDO HERNANDEZ GARITA	350
VIVIANA GUILLÉN	351
SERVICIO AL CLIENTE	EXTENSION
SONIA MONGE VIQUEZ	400
MILENA MARIN CORDERO	401
HUGO ARAYA BADILLA	402
ALLAN JIMENEZ VARGAS	403
LIBRE	404
ZOOTECNIA Y SEMILLAS	EXTENSION
MARTIN SERRANO	360
SOPORTE TECNICO	EXTENSION
FRANDER GRANADOS	900
JULIO SANCHEZ	901
CUARTO DE CMPUTOO	902
DESPACHO	EXTENSION
LEONEL MATA SOLANO	450
EVELIO MARIN SERRANO	451
PRODUCCION	EXTENSION
WILSON MENDEZ QUESADA	500
REEMPAQUE	EXTENSION
SAUL RAMIREZ PEREZ	510
ANTONIO PICADO CRUZ	511
GERARDO SÁNCHEZ SOLANO	512
GUIDO QUESADA MONTENEGRO	513
CESAR NAVARRO	514
MIGUEL ROJAS UMAÑA	515
OSVALDO CHACÓN SANABRIA	516
GERARDO ROBLES BRENES	517
JORGE MOYA QUIROS	518
IGNACIO CRUZ	519
JONATHAN MORA CALDERÓN	520

ADAMA - DOW	EXTENSION
BRYAN LOPEZ MURILLO	610
RECICLAJE	EXTENSION
DANILO BERMUDEZ NUNEZ	620
BODEGA UPL	EXTENSION
DENNIS ZUNIGA	630
CONTABILIDAD	EXTENSION
CLARISSA BALTODANO CRUZ	350
RICARDO MURILLO SOLANO	351
CREDITO Y COBRO	EXTENSION
LEDA ARCE SOLANO	370
LORENA GONZALEZ AGUILAR	371
ADRIANA SANDOVAL MORA	372
TECNICOS	EXTENSION
MARTA MONGE	950
SERGIO SANCHO	951
LUIS ROBERTO BARQUERO	952
CARLOS ARROYO HENRY	953
SODA COMEDOR	EXTENSION
MARCELA GRANADOS GARITA	999
ASELCA	EXTENSION
PAULA GUZMAN	810
WILLIAM VARGAS / JUAN VALLEJOS	811
BODEGAS EXTERNAS	EXTENSION
GERARDO SALAZAR ARROYO	700
MIGUEL GUTIERREZ PÉREZ	701
JULIO VARGAS VELEZ	702
	703
COBRADORES	EXTENSION
EDWIN VILLAVICENCIO SOTO	380
CONSULTORIO MEDICO	EXTENSION
DR. GUILLERMO MONGE CHACÓN	111
AGENTES	EXTENSION
JOSE CASTAING /MICHAEL CORDERO	850
ANDRES CORDERO VARGAS	851
WILBERTH MORALES CORDERO	852
WALTER AGUILAR MURILLO	853
MIGUEL GRIJALBA	854
CONTROL DE VISITAS CASAGRI	EXTENSION
MIGUEL QUESADA CERDAS	130
LOGISTICA E INVENTARIO	EXTENSION
ALEXANDER AGUILAR NAVARRO	760
EVELIO QUESADA KAMIKEZ	761

En la tabla V, se puede notar que la codificación del plan de numeración abarca tres dígitos, en lugar de los dos que muestra el plan de numeración actual en uso. Se permiten 900 números de extensión, que van de 100 a 999.

En la tabla VI, se muestran los dos números de conferencia creados para el plan piloto.

Tabla VI PLAN NUMERACIÓN. CONFERENCIAS	
CONFERENCIAS	EXTENSION
CONFERENCIA 1	120
CONFERENCIA 2	121

### 3.4. Instalación y configuración.

Se instaló en el servidor nuevo la distribución de AsteriskNOW 6.12.65. Dicha versión, incluye la distribución de Linux CentOS 6.0 con Asterisk 11. Una vez descargada la aplicación, se procedió con la instalación paso a paso.

#### 3.4.1. Instalación de la PBX IP

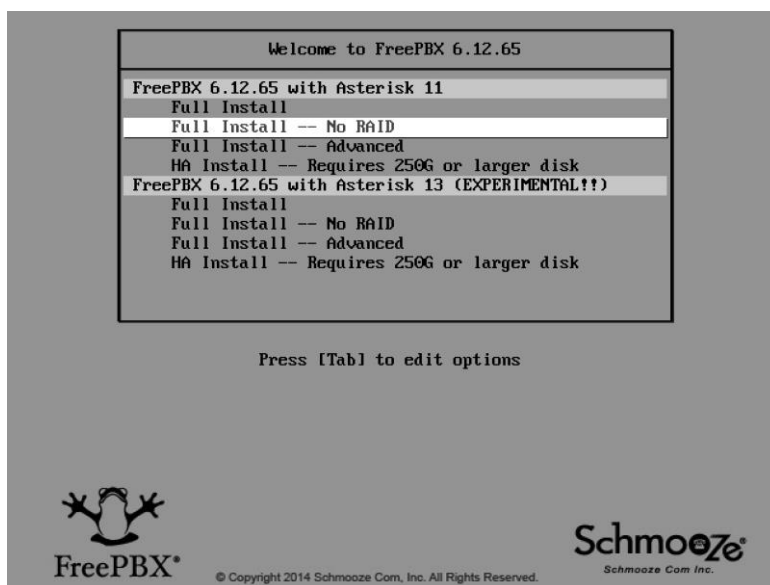


Fig. 20. Instalación inicial de AsteriskNOW.

Se instala en el disco serial ATA de 500 GB, sin versión RAID. En la figura 20, se observa la configuración escogida. Seguidamente, se selecciona el IP fijo diseñado en el plan de direccionamiento IP.

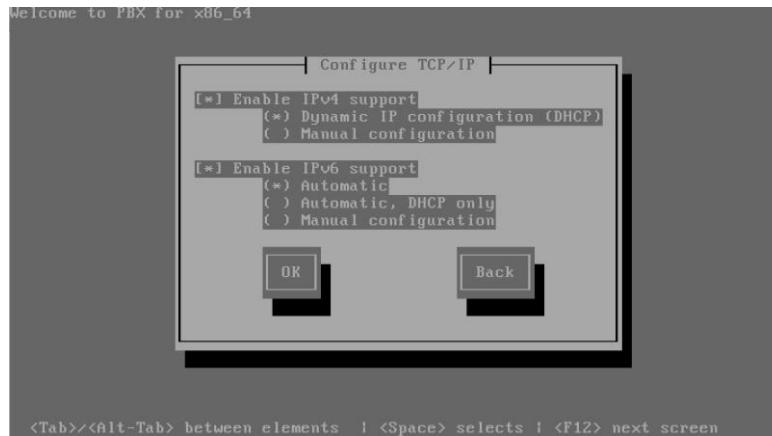


Fig. 21. Configuración de la red.

Para el servidor se selecciona la IP: 192.168.100.2/24.

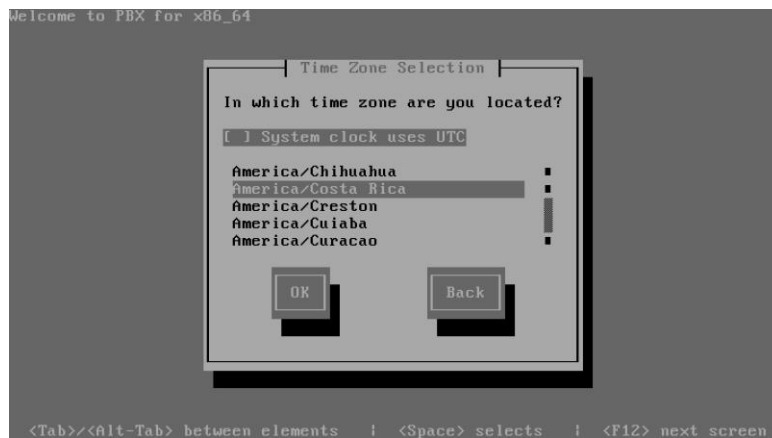


Fig. 22. Configuración de parámetros varios. Zona horaria.

Seguidamente, se configura la zona geográfica, la hora, específicamente.

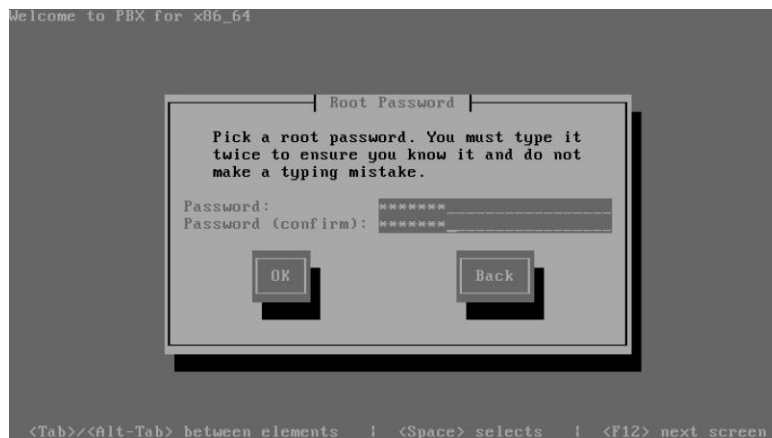


Fig. 23. Configuración de usuario root.

Como se divisa en la figura 23, se selecciona una contraseña para el usuario principal en una distribución Linux: “root”. Seguidamente, se instalan, uno a uno todos los paquetes.

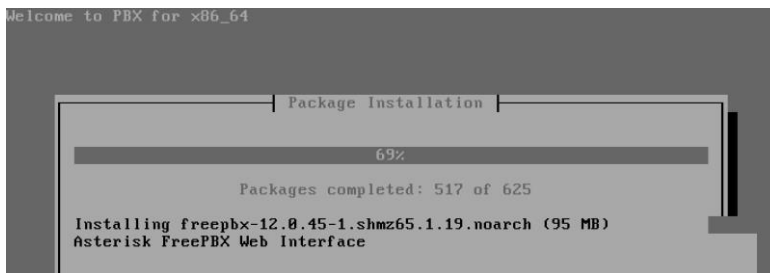


Fig. 24. Instalación de los paquetes correspondiente.

Una vez instalado completamente, se reinicia el servidor y se procede a la consola, registrándose con el usuario “root” y la contraseña provista en la figura 23.



Fig. 25. Instalación de AsteriskNOW finalizada.

Una vez ahí, en otra computadora dentro de la misma red 192.168.100.0/24, se accede mediante el IP 192.168.100.2 a la aplicación FreePBX. FreePBX, es la aplicación encargada de ayudar a realizar las configuraciones, de una manera más amigable, mediante la interfaz de usuario. Para acceder a FreePBX, se debe de configurar la contraseña para el usuario ‘admin’.

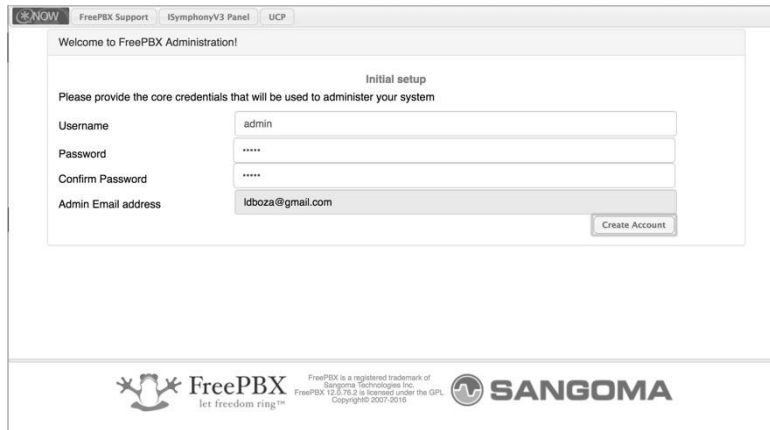


Fig. 26. Configuración personalizada de Asterisk usando FreePBX.

Dentro de la web de FreePBX, se procede a configurar los códecs, aspectos generales, las extensiones SIP, servicios, troncales de entrada/salida y las rutas.

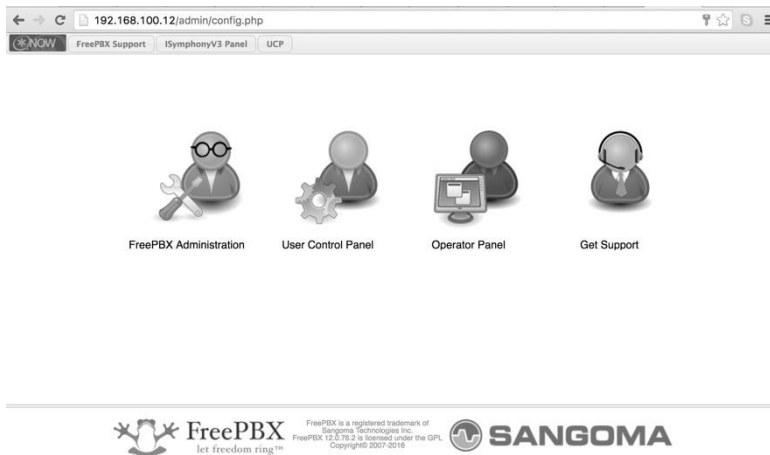


Fig. 27. Configuración inicial de FreePBX.

Se selecciona la zona de América y Costa Rica.

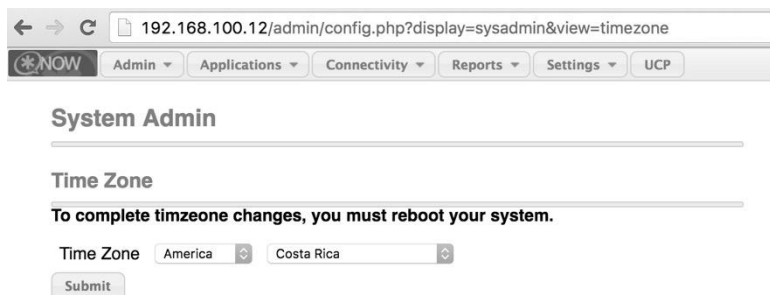


Fig. 28. Configuración zona horaria.

Para el plan piloto, se configuró el códec 729. Dado que dicho códec presenta la calidad del sonido muy similar a la realidad en las llamadas telefónicas y a su vez, ocupa bajo ancho de banda. Dependiendo de la arquitectura de la PBX, así se debe de instalar el códec. Primero se determinó la arquitectura actual, procesador y tipo (x64).

```

root@localhost ~]# uname -a
Linux localhost.localdomain 2.6.32-431.el6.x86_64 #1 SMP Fri Nov 22 03:15:09 UTC
2013 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux
root@localhost ~]# _

```

Fig. 29. Tipo de procesador x86/x64

```

root@localhost ~]# more /proc/cpuinfo
processor       : 0
vendor_id     : GenuineIntel
cpu family    : 6
model         : 61
model name    : Intel(R) Core(TM) i5-5257U CPU @ 2.70GHz
stepping     : 4
cpu MHz       : 2699.998
cache size   : 3072 KB
fpu          : yes
fpu_exception : yes
cpuid level   : 20
wp           : yes
flags        : fpu vme de pse tsc msr pae mce cx8 apic sep mtrr pge mca cmov
pat pse36 clflush mmx fxsr sse sse2 syscall nx rdtscp lm constant_tsc up rep_good
            d xtopology nonstop_tsc unfair_spinlock pni pclmulqdq monitor sse3 cx16 sse4_1
            sse4_2 movbe popcnt aes xsave avx rdrand hypervisor lahf_lm abm 3dnowprefetch
bogomips     : 5399.99
clflush size : 64
cache alignment : 64
address sizes : 39 bits physical, 48 bits virtual
power management:
root@localhost ~]# _

```

Fig. 30. Servidor PBX IP.

Con la información obtenida, se procede a descartar el respectivo códec g729. El códec g729, se descargó del sitio web: <http://asterisk.hosting.lv/>.



Fig. 31. Descarga del códec 729.

Luego de descargado el códec, se copia el archivo a la ruta “/usr/lib64/asterisk/modules”. De esta forma, queda instalado el códec nuevo en el Asterisk. Se debe entonces configurar el servicio SIP, para que use la lista de códecs que se desea en el orden que se quiere.

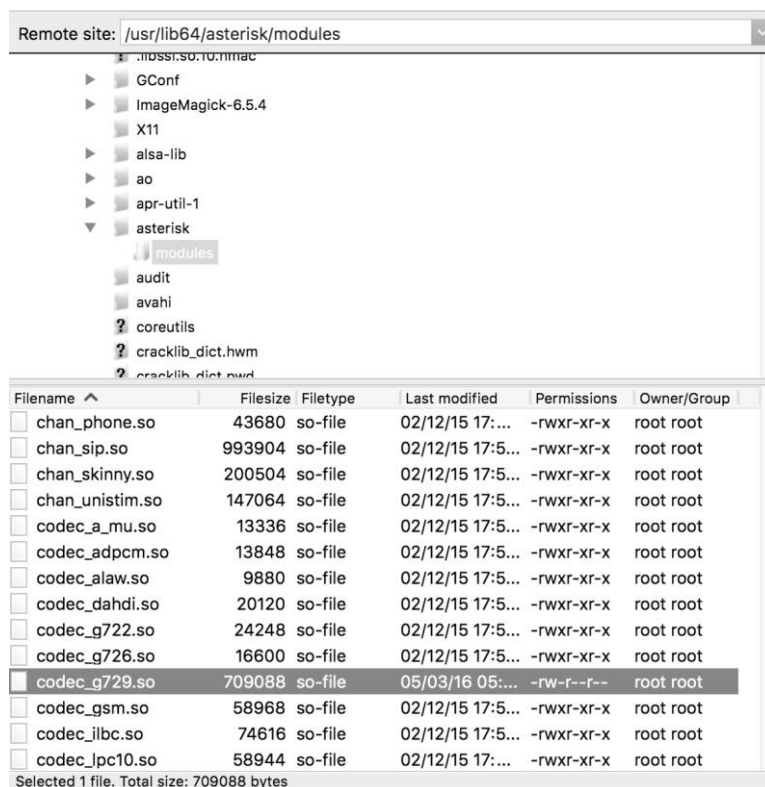


Fig. 32. Localización del Códec 729.

En el menú de “Asterisk SIP Settings”, en la sección de códecs se deben habilitar o deshabilitar uno a uno los códecs que se van a utilizar.

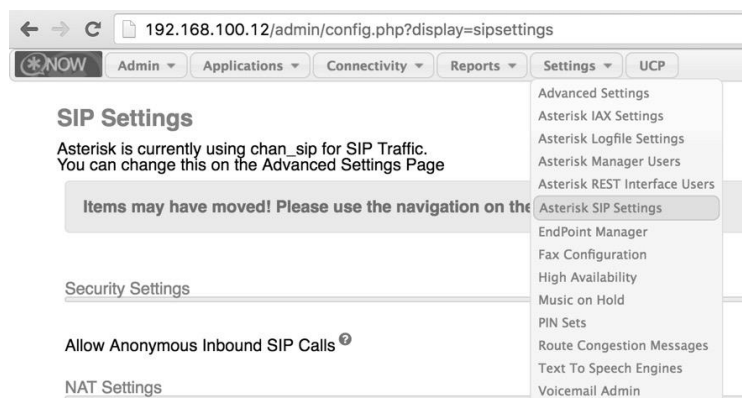


Fig. 33. Configurando los códecs SIP.



Para el presente plan piloto los códecs que se seleccionaron fueron: uLaw, aLaw, gsm y g729.

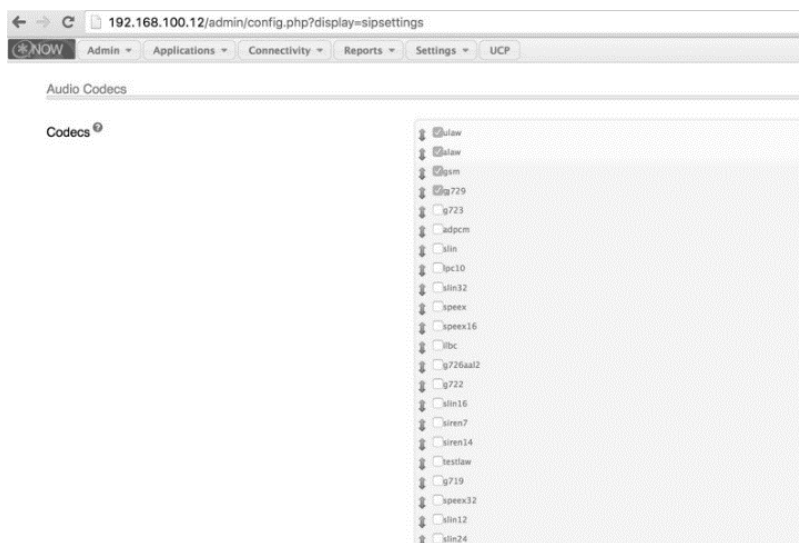


Fig. 34. Códec uLaw, aLaw, gsm y G729.

### 3.4.2. Configuración de las clientes SIP.



Fig. 35. Agregar extensión SIP

Una a una, se fueron creando solo extensiones SIP.

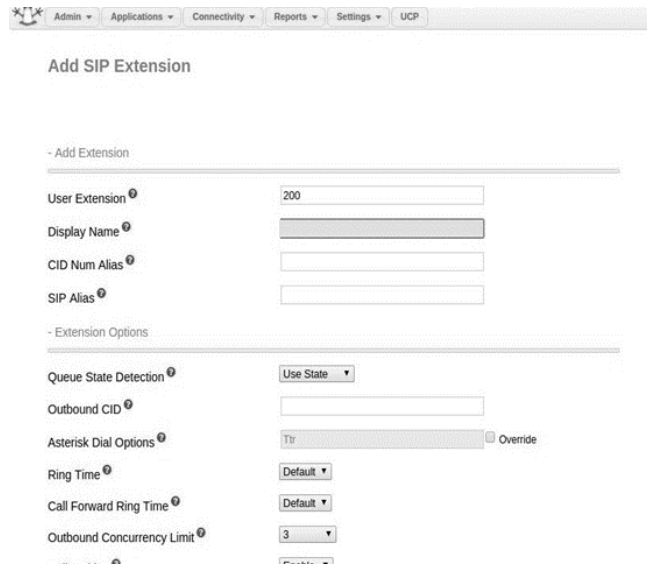


Fig. 36. Extensiones SIP

Para cada extensión SIP, se configuró la contraseña, el mismo número de extensión. Además, el ‘display name’ se usó el número de extensión y no se utilizó ningún nombre en particular. Se crearon solo 20 extensiones SIP. Todos los demás valores se dejaron por defecto.

### 3.4.3. Configuración de las troncales VoIP.

Se agregaron las dos troncales para el plan piloto: VoIPBuster y CallMyWay.

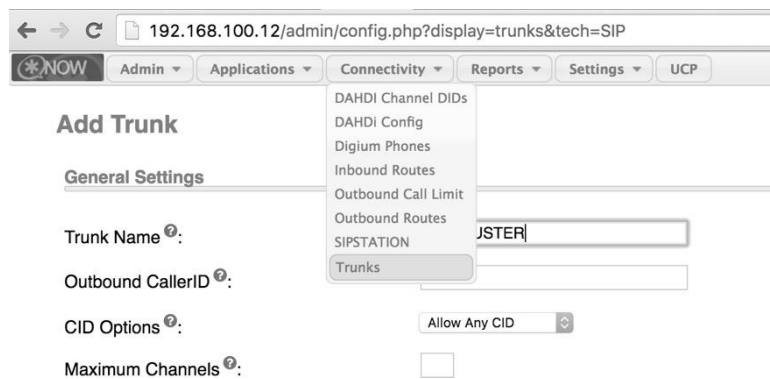


Fig. 37. Configurando troncal VoIPBuster.

Para ambas troncales, primero se configuró una cuenta en cada sitio Web. Y una vez con la cuenta, se configuró la URL de cada servidor SIP en FreePBX. En la figura 38 y 39, se muestran los contratos con cada proveedor.



Estimado(a) Luis Diego Boza Monge:  
Reciba un cordial saludo de parte de Callmyway. Le informamos que hubo una solicitud de recuperación de credenciales usando el correo: ldboza@gmail.com el cual se encuentra relacionado con esta cuenta.  
A continuación encontrará las credenciales para poder acceder a su cuenta en nuestra página [www.callmyway.com](http://www.callmyway.com):  
Usuario: 8581977  
Clave: 92512723722  
IP: 138.94.57.204(Costa Rica)  
Callmyway.com, CallMyWay y su logo son marca registrada propiedad de CallMyWay NY S.A. Todos los derechos reservados. Copyright © 2011-2015.

Fig. 38. Proveedor SIP “Call my way”.

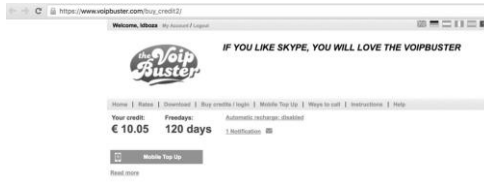


Fig. 39. Proveedor SIP “VoIP Buster”.

Una vez configuradas las troncales VoIP, se procede a crear las rutas para cada Troncal. En el caso de VoIPBuster, la ruta es saliente, basado en la marcación. En la figura 40, se muestra el patrón de marcación del troncal VoIPBuster.

192.168.100.12/admin/config.php?display=routing&extdisplay=1

Admin Applications Connectivity Reports Settings UCP

### Edit Route

⊖ Delete Route default

---

Route Settings

**Note: Extension Routes is not registered**

Route Name: default

Route CID:   Override Extension

Route Password:

Route Type:  Emergency  Intra-Company

Music On Hold: default

Time Group: ---Permanent Route---

Route Position: ---No Change---

---

Additional Settings

Note that the meaning of these options has changed. Please read the wiki for further information on these changes.

Call Recording: Force Yes **Don't Care** No Never

PIN Set: None

Dial Patterns that will use this Route

(prepend) + prefix   [+.	CallerID	
(prepend) + prefix   [+506NXXXXXX	CallerID	
(prepend) + prefix   [00.	CallerID	
(+506) + prefix   [NXXXXXX	CallerID	
(prepend) + prefix   [match pattern	CallerID	

---

Trunk Sequence for Matched Routes

0 voipbuster

1

Add Trunk

---

Optional Destination on Congestion

Normal Congestion

Submit Changes Duplicate Route

Fig. 40. Configurando ruta de VoIP Buster. Plan de marcación.

Cabe resaltar que lo más importante, al momento de configurar una ruta son los patrones de marcación. Deben ser únicos y evitar traslapes.

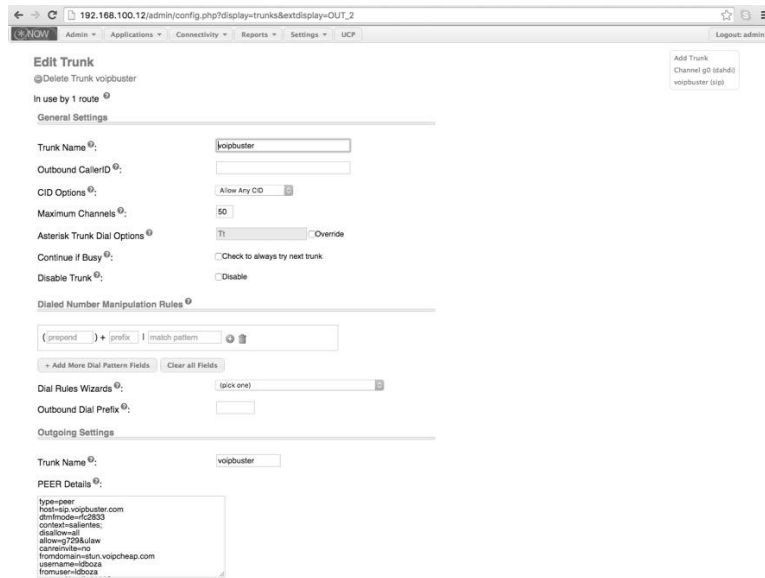


Fig. 41. Configuración del peer VoIPBuster.

Se configura el troncal VoIPBuster, específicamente configurando los detalles del “peer”. En ellos se especifica: el orden de los códecs, algunos detalles de URL del servidor. Esta sección es muy única por cada proveedor de SIP.

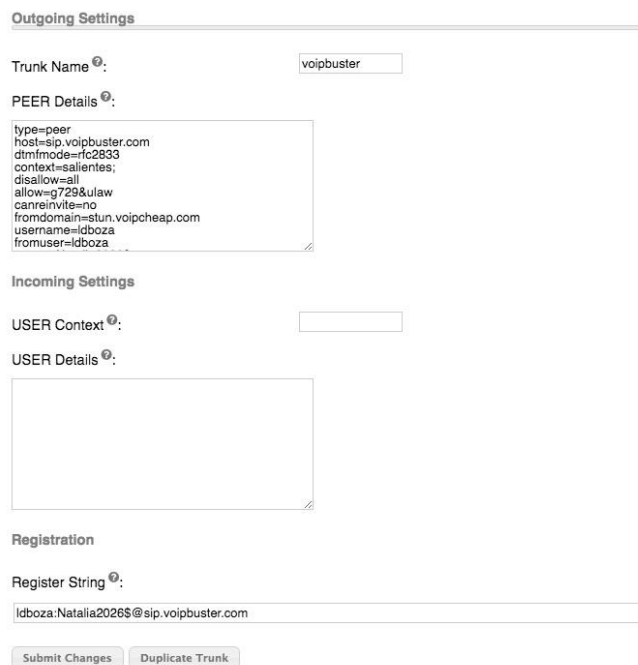


Fig. 42. Configuración del registro de troncal de VoIPBuster.

La sección de registro de troncal se usa primariamente como registro o “string” de conexión entre Asterisk y el servicio VoIPBuster.

### 3.5. Costos económicos

En la siguiente sección, se listan los costos económicos: costos del plan piloto, costos mensuales del sistema actual, costos mensuales potenciales del nuevo sistema, costos potenciales de una futura implementación completa.

#### 3.5.1. Costos del plan piloto

A continuación, en la tabla VII, se detallan los costos en la compra de equipo para implementar el plan piloto con el alcance propuesto. A nivel de equipo, se gastaron \$ 875 USD. A nivel de servicios se gastaron \$ 79 USD.

Tabla VII COSTOS ECONÓMICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN PLAN PILOTO.

Cantidad	Artículo	Descripción	Características	Costo en USD
1	Servidor Linux	Intel Core i5	Intel Core i5-3230M. 4 GB RAM. 2.6GHz	\$400.00
1	Monitor LCD	ViewSonic VX2250wm-LED	22 Pulgadas	\$150.00
1	Teléfono IP	Linksys SPA841		\$85.00
1	Teléfono IP	Grandstream Budge Tone 100		\$70.00
1	Teléfono IP	Grandstream GPX2020		\$90.00
2	Wifi G Bridge	Linksys WBP54G		\$80.00
Subtotal				\$875.00
Gastos mensuales				
Cantidad	Artículo	Descripción	Características	Costo en USD
1	Proveedor VoIP Buster	<a href="http://www.voipbuster.com">http://www.voipbuster.com</a>	Ruta de llamadas para PSTN salientes	\$14.00
1	Proveedor CallMyWay	<a href="http://callmyway.com/">http://callmyway.com/</a>	Ruta de llamadas PSTN entrantes	\$15.00
1	Proveedor Internet Jasec	<a href="http://www.jasec.go.cr/">http://www.jasec.go.cr/</a>	10 Mbps bajada/ 4 Mbps de subida	\$50.00
Subtotal				\$79.00
<b>Total</b>				<b>\$954.00</b>

Nota: El proveedor de internet JASEC, brinda el router y el acceso a wifi. Incluidos en el costo mensual  
Modelo: Huawei HG8247

Ambos montos, suman \$ 954 USD. Este monto, está calculado con base en los precios de los productos en el sitio web amazon.com, fecha 15 de febrero 2016. Los servicios, se adquirieron en el mes de febrero del 2016 también.

#### 3.5.2. Costos mensuales del sistema actual

En la presente sección, basado en los reportes oficiales financieros de la empresa, promedio de los últimos 6 meses contando: agosto 2015, setiembre 2015, octubre 2015, noviembre 2015, enero 2016 y febrero 2016.

Tabla VIII

COSTOS MENSUALES DEL SISTEMA ACTUAL

Gastos mensuales				
Cantidad	Artículo	Descripción	Características	Costo en USD
2	ISDN Pri	Kolbi	Conexion con la PSTN	\$50.00
600	Minutos a llamadas internacionales	Kolbi	Multiples destinos	\$700.00
1200	Minutos a llamadas celulares	Kolbi	Llamadas a vendedores	\$100.00
7	Pago de celulares de Vendedores	Kolbi	Llamadas de los vendedores	\$600.00
2000	Minutos a PSTN	Kolbi	Llamadas a clientes	\$200.00
<b>Total</b>				<b>\$1,650.00</b>

La tabla anterior desglosa los costos por ISDN, llamadas internacionales, llamadas a red celular, llamadas a números locales de mismo proveedor (Kolbi) u otro proveedor. Mensualmente, se gastan: 3800 minutos y \$1650 USD en promedio.

Dado que, también se incurre en el pago de 7 celulares, especialmente de los agentes de ventas, se incluyeron en la tabla anterior como parte del gasto en comunicaciones telefónicas mensuales.

### 3.5.3. Costos mensuales potenciales del nuevo sistema

Ahora bien, la siguiente comparación, es usando VoIPBuster para llamar y generar 3800 minutos, el costo sería de \$ 35 USD. Esto es, porque a muchos países las llamadas son gratis, en especial a Estados Unidos, solo ciertos destinos tienen costos por minuto. De igual forma, VoIPBuster ofrece días gratis durante los primeros 30 días a ciertos destinos, los más comunes mundialmente hablando. Dado que el 80% de las llamadas internacionales se dan con USA. El costo de llamadas internacionales sería tan solo de unos \$ 35 USD. Y el costo de llamar 2000 minutos por la PSTN usando CallMyWay sería de \$ 40 USD. Siempre existirá el costo fijo del proveedor de internet: Jasec.

Tabla IX COSTOS MENSUALES POTENCIALES DEL NUEVO SISTEMA

Gastos mensuales				
Cantidad	Artículo	Descripción	Características	Costo en USD
1	Proveedor VoIP Buster	<a href="http://www.voipbuster.com">http://www.voipbuster.com</a>	Ruta de llamadas para PSTN salientes	\$35.00
1	Proveedor CallMyWay	<a href="http://callmyway.com/">http://callmyway.com/</a>	Ruta de llamadas PSTN entrantes	\$40.00
1	Proveedor Internet Jasec	<a href="http://www.jasec.go.cr/">http://www.jasec.go.cr/</a>	10 Mbps bajada/ 4 Mbps de subida	\$50.00
<b>Total</b>				<b>\$125.00</b>

Se supone que el costo de llamadas celulares y el pago del teléfono de los agentes, se puede reducir a ínfimo, a medida que la empresa use extensiones SIP en sus teléfonos inteligentes.

### 3.5.4. Costos potenciales de una futura implementación completa

Si se deseara realizar una implementación completa, para 60-65 extensiones SIP, y reutilizando el plan piloto, los gastos serían los siguientes de la tabla X.

Tabla X COSTOS POTENCIALES DE UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN COMPLETA.

Cantidad	Artículo	Descripción	Costo en USD
1	Mejora al servidor Linux	4 GM de Memoria RAM. Disco duro 500 GB	\$200.00
1	UPS	Soporte mínimos cortes de energía	\$120.00
1	Tarjeta Digium ZAP ISDN	Digium TE134 ISDN Terminal Adaptador *	\$650.00
60	Teléfono IP	Grandstream Budge Tone 100	\$4,200.00
1	Router 48 puertos Ethernet	Cisco Catalyst 2960-48TT Managed Switch - 48 Ethernet Ports	\$500.00
200	Cable UTP CAT5	50 mts.	\$120.00
30	Wifi G Bridge	Linksys WBP54G	\$1,200.00
Total			\$6,990.00

\* Pendiente definir si se desea continuar con el servicio ISDN o utilizar solo un proveedor VoIP.

## 3.6. Encuesta de satisfacción y aplicación protocolo de pruebas

### 3.6.1. Encuesta satisfacción

Una vez que el proyecto fue implementado y se puso a prueba, se realizó una encuesta a una muestra de 20 personas de la empresa Casagri S.A. Mismas personas que utilizaron el sistema. El tiempo de prueba en el que se evaluó fue de 60 días naturales, entre: 1 de marzo 2016 y 30 abril del 2016.

La encuesta aplicada se hizo en línea durante una semana. Semana del 2 al 6 de mayo del 2016. Se utilizó los servicios del sitio web: <https://www.surveygizmo.com/>.

#### 3.6.1.1. Resultado de la encuesta aplicada.

En las tablas XI, XII y XIII se muestran las respuestas dadas por los 20 encuestados, en las 4 preguntas definidas. El propósito de la encuesta, fue



obtener una perspectiva, un panorama de la calidad del nuevo sistema piloto implementado.

Tabla XI RESULTADO ENCUESTA. PARTE I. PREGUNTAS 1 A 3.

ID	Fecha	1. En general, ¿Cómo me siento con la solución piloto de Asterisk que se llevo a cabo en Casagri S.A.?	2. ¿Cómo fue el sonido de las llamadas que ejecuté y recibí? Donde 10 es un sonido claro y nítido; 0 es un sonido de mala calidad?	3. Cual es su nivel de satisfacción en general con respecto a todas las llamadas telefónicas en las que usted participo? Si se corto la llamada, dificultades en iniciar una comunicación? O recibió alguna queja de que no lo pudieron
1	09-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
2	09-04-2016	Muy satisfecho	9	Satisfecho
3	09-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
4	09-04-2016	Muy satisfecho	10	Satisfecho
5	13-04-2016	Satisfecho	10	Satisfecho
6	13-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
7	13-04-2016	Satisfecho	9	Satisfecho
8	13-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
9	13-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
10	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
11	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
12	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
13	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
14	14-04-2016	Satisfecho	9	Satisfecho
15	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
16	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
17	14-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
18	26-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho
19	27-04-2016	Satisfecho	9	Satisfecho
20	28-04-2016	Muy satisfecho	10	Muy satisfecho

La pregunta 4, involucra los servicios utilizados por parte de los participantes del plan piloto. Las preguntas 1 a la 3 se relacionan más con la calidad de los servicios.

Tabla XII RESULTADO DE LA ENCUESTA. PARTE 2. PREGUNTA 4A.

ID	<i>¿Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas?</i>	<i>¿Utilizó conferencias con grupos?</i>
1		Utilizó conferencias con grupos
2		
3		
4	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
5		
6		
7		
8	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
9		
10		
11	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
12	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
13		
14	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	
15		
16	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
17	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	Utilizó conferencias con grupos
18		Utilizó conferencias con grupos
19	Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas	
20		Utilizó conferencias con grupos

Tabla XIII RESULTADO ENCUESTA. PARTE 3. PREGUNTA 4B.

ID	<i>¿Recibió llamadas desde fuera de Casagri?</i>	<i>¿Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare?</i>
1	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
2	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
3	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	
4		
5		
6		
7	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
8	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
9	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	
10		
11	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
12	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
13		Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
14		
15		Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
16	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
17	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
18	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	
19	Recibió llamadas desde fuera de Casagri	Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare
20		Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulare

### 3.6.2. Protocolo de Pruebas

Una vez que el plan piloto estaba funcionando, en conjunto con el Departamento de Soporte, se procedió a realizar y aplicar el protocolo de pruebas. Básicamente, basado con el alcance del proyecto, la definición de los servicios; se establecieron uno a uno los rubros de prueba. En la tabla siguiente se define, junto con el resultado de la aplicación, cada rubro de prueba.

Tabla XIV PROTOCOLO DE PRUEBAS APLICADAS

Id	Prueba realizada	Resultado	Notas
1	Identificador por el nombre y extensión	Satisfactoria	Se realiza la prueba con telefono IP Se realiza la prueba con Softphone
2	Servicio de servicio de hora	Incompleto	No se configuró
3	Salida de llamadas nacionales	Satisfactoria	Con el prefijo 9. Uso de CallMyWay
4	Salida de llamadas internacionales	Satisfactoria	Con el prefijo 0. Uso de VoIPBuster
5	Recibir de llamadas nacionales	Satisfactoria	Se realiza la prueba con telefono IP Se realiza la prueba con Softphone
6	Llamada a otras extensiones	Satisfactoria	Marcando solo los tres digitos de la extension
7	Recibir llamadas de otras extensiones	Satisfactoria	
8	Conferencia	Satisfactoria	Se realiza la prueba con telefono IP Se realiza la prueba con Softphone
9	Envío de tonos DTMF	Satisfactoria	Se realiza la prueba con telefono IP Se realiza la prueba con Softphone
10	Recibir llamadas internacionales	Satisfactoria	Llamadas directas marcando numero extension
11	Envío de tonos DTMF	Satisfactoria	Verificacion mediante la escucha del canal
12	Recibir llamadas cuando extension está ocupada	Satisfactoria	
13	Rechazar llamadas entrantes a extension	Satisfactoria	
14	Transferir llamada	Satisfactoria	
15	Programar desvío de llamada	Satisfactoria	
16	Establecer comunicación con cada telefono IP fis:	Satisfactoria	Hacer y recibir llamadas a cada uno de los tres telefonos IP
17	Gestión por Web usando OpenPBX	Satisfactoria	Solo habilitado de modo local
18	Verificacion de CDRS y registro llamadas	Satisfactoria	
19	Buzon de voz	Satisfactoria	Se habilito solo por la fase de pruebas.
20	Servicio DND (Do not disturb) o no molestar	Satisfactoria	
21	Retro llamada	Satisfactoria	
22	Probar llamadas con codec uLaw	Satisfactoria	
23	Probar llamadas con codec aLaw	Satisfactoria	
24	Probar llamadas con codec GSM	Satisfactoria	
25	Probar llamadas con codec G729	Satisfactoria	
26	Grabacion de llamadas	Satisfactoria	Prueba en pocas llamadas.

El único servicio que no se configuró por no ser relevante para la empresa en el plan piloto fue el servicio de la hora. Por tanto, el resultado de dicha prueba es incompleto.

## Capítulo 4 Análisis de Resultados

De la aplicación de la metodología, se desprenden múltiples resultados, descritos en el capítulo anterior. En el presente capítulo, se van a discutir los más relevantes.

Como se observa en el análisis de la infraestructura actual, basándose en las entrevistas y pruebas de campo, la actual estructura física de la PBX ocupa un área o espacio físico considerable. En las figuras 3 y 5, un rack completo, con su distribuidor FXS y su cableado, ocupan un cuarto de 2m x 2m. De la lista de problemas descrita, se puede comprender que la problemática principal se da por la obsolescencia y la imposibilidad de mejorar el sistema de PBX.

Sobre el plan de numeración actual, se confirma parte de la descripción del problema, está desorganizado y sin mucho espacio para ser ampliado. Además, es claro observar que, al ser un plan de numeración de dos dígitos, permite solamente asignar 100 extensiones. El diagrama de infraestructura deja ver que cada extensión debe ser cableada, desde la terminal análoga hacia el distribuidor FXS, esto dificulta cualquier crecimiento.

Dado que el plan piloto está basado en el direccionamiento IP, el diseño de red realizado, aparte de estar orientado a ser inalámbrico, permite asignar 254 terminales IP. Esto da bastante rango de escalabilidad para tener las 65 extensiones SIP y para ampliar o crecer en un futuro cercano sin problema.

El diseño de la implementación del plan piloto, por ser en su gran mayoría inalámbrico, como se observa en la figura 15, permite fácilmente la movilidad de equipo y la configuración de los mismos. No se necesita incurrir en gastos extras de cableado estructurado. El nuevo diseño físico del sistema propuesto, ocupa solamente 1U, dejando suficiente espacio a nuevo equipo de cómputo para otros fines, tal y como se observa en la figura 14. De los resultados, se obtiene que los servicios definidos en el alcance fueron implementados satisfactoriamente. Mucha de la problemática expuesta en la descripción del problema se solventa mediante la creación de dichos servicios como: conferencias, reportes en línea y la movilidad de extensiones previamente mencionada. Al igual, como el marco teórico lo menciona, se confirman muchas de las ventajas de Asterisk, como lo son: movilidad de extensiones, bajo costo inicial (discutido más adelante). El diseño del nuevo plan de numeración de 2 dígitos a 3 permite no solo la escalabilidad del mismo, sino es claro observar que la numeración es consecuente con las oficinas o departamentos que componen la empresa Casagri S.A. De hecho, con el diseño del nuevo plan de numeración, se permite sin conflicto, programar desde 100 a la 999, o sea 800 extensiones disponibles. De la misma forma, cada departamento posee un grupo

de extensiones para ampliar, de modo, que se evite en máxima medida, reducir la desorganización del mismo si existiere crecimiento empresarial. Mediante la instalación de AsteriskNOW, se comprobó que no hubo mayor problema en tener Linux (CentOS) y Asterisk corriendo y ejecutándose sin contratiempo. No fue complicado configurar las extensiones SIP, así como las terminales SIP. A su vez, se puede observar que Asterisk permite instalar cuantas troncales SIP se deseen. Es más, muchos de los autores mencionados en los antecedentes consideran en ciertos casos, interesante, tener un módulo en Asterisk que mediante los costos por llamadas decida por cual troncal hacerlo, basado en horas del día o destino de marcación específicos. Luego de configurar las troncales, de realizar las pruebas a cada troncal con las rutas definidas, es sencillo entrelazar con la red PSTN sin necesidad de contar con puertos FXO o tarjetas especializadas RDSI. Otro punto importante por considerar, es que se puede observar que, para el propósito del plan piloto, 20 extensiones SIP, no fue necesario el uso de ningún hardware especializado para el servidor. Se utilizaron simples componentes como tarjeta madre, procesador, memoria y discos duros básicos, casi que similares a las prestaciones que una simple PC o laptop provee actualmente, más detalle en tabla IV. Como se divisa en los resultados y confirmando la teoría, muchos de los problemas actuales de la empresa pueden ser resueltos potencialmente con la nueva solución a nivel técnico. Analizando la parte de los costos económicos se denota, por ejemplo, que con, no más de \$1000 USD una empresa pequeña puede poner en marcha un sistema de comunicaciones, detalles en tabla VII. En los casi \$1000 USD, se incluye la compra de equipo como servidor, algunos teléfonos SIP y la contratación de servicios de salida/entrada para generar llamadas VoIP a la PSTN. A la vez, tener un buen servicio de Internet, en este caso, basado en fibra óptica. Los resultados arrojan la comparativo de los gastos actuales mensuales contra los gastos potenciales usando la nueva PBX IP, en especial las troncales SIP. Se debe hacer notar que la comparación de costos, aparte de ser un promedio de los últimos 6 meses proviene de datos reales financieros de la compañía. En la figura siguiente se resumen:

Tabla XV COMPARACIÓN GASTO MENSUAL NUEVO SISTEMA VS SISTEMA ACTUAL.

Sistema con	Gasto mensual
PBX Análoga	\$125.00
PBX IP	\$1,650.00

En la tabla anterior se enfrentan los \$1650USD, los cuales se consumen actualmente en llamadas, contra los \$125 USD que se gastarían potencialmente. Los \$125 USD se dimensionaron basado en la cantidad de minutos promedio y

el costo por minuto que ofrecen ambos proveedores VoIP para cada segmento: llamadas nacionales, llamadas internacionales.

Si se toma el monto actual \$1650, se le restan los \$125 USD que se calculan, se obtiene que \$1525 USD es el gasto mensual de más. Es decir,  $\$1525/\$1650=12.2$ , multiplicado por 100, se obtiene el porcentaje extra que paga actualmente: 1220%.



Fig. 43. Comparación gastos mensuales.

Está claro, aquí se puede discutir entre tener múltiples proveedores de VoIP u otros proveedores. Para el proyecto se escogió al azar esos proveedores, dado que cumplían con los requerimientos mínimos que se necesitaban: generar llamadas salientes internacionales y permitir recibir llamadas de la PSTN de Costa Rica hacia las nuevas extensiones. Con respecto a los costos potenciales, de una futura implementación completa, en números redondos sería de \$7000 USD. Pero ello, involucra solamente una actualización a algunas de las prestaciones del servidor actual en términos de memoria y disco duro. El mayor costo es la adquisición de terminales SIP. Cabe notar, que este rubro puede ser nulo si se decide innovar y utilizar los teléfonos inteligentes de cada empleado en lugar de adquirir nuevas terminales SIP. Es interesante mencionar, que dichos \$7000 USD, se recuperarían en máximo 5 meses plazo, dado que el ahorro mensual respecto a llamadas sería de \$1525 USD por mes,  $\$1525 \text{ USD} \times 5 \text{ meses} = \$7625 \text{ USD} > \$7000 \text{ USD}$ . Seguidamente, del protocolo de pruebas se visualiza, que todas las pruebas pasaron satisfactoriamente, cumpliendo el alcance del proyecto y el dimensionamiento del mismo. El único servicio que no se implementó, fue el de la hora actual, por no considerarse relevante en el

plan piloto de parte de la gerencia. Una vez terminada la implementación, la encuesta de satisfacción refleja qué tan aceptable fue para los empleados involucrados el nuevo sistema de comunicaciones basado en Asterisk. De la encuesta, se puede notar que todas las 20 personas participantes del plan piloto lo evaluaron.

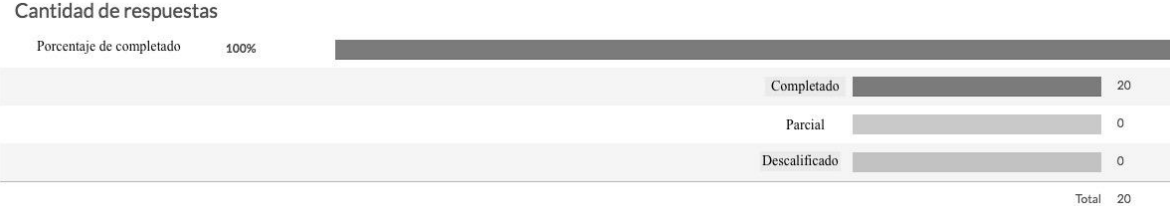


Fig. 44. Porcentaje de completitud.

En la figura 44, se ve el grado máximo de participación que hubo. Seguidamente, la pregunta 1 de la encuesta pretendía obtener una perspectiva general de los empleados sobre el uso del nuevo sistema. De dicha encuesta, el 80% estuvo muy satisfecho y solo el 20% estuvo satisfecho. No existió una nota negativa en este aspecto. Tal vez, esa percepción de satisfacción absoluta se da en la mayoría, aunque puede quedar a discusión porque 4 personas no estuvieron complemente muy satisfechas. En la figura 45, se muestra lo comentado anteriormente.

1. En general, como me siento con la solución piloto de asterisk que se llevo a cabo en Casagri S.A.?

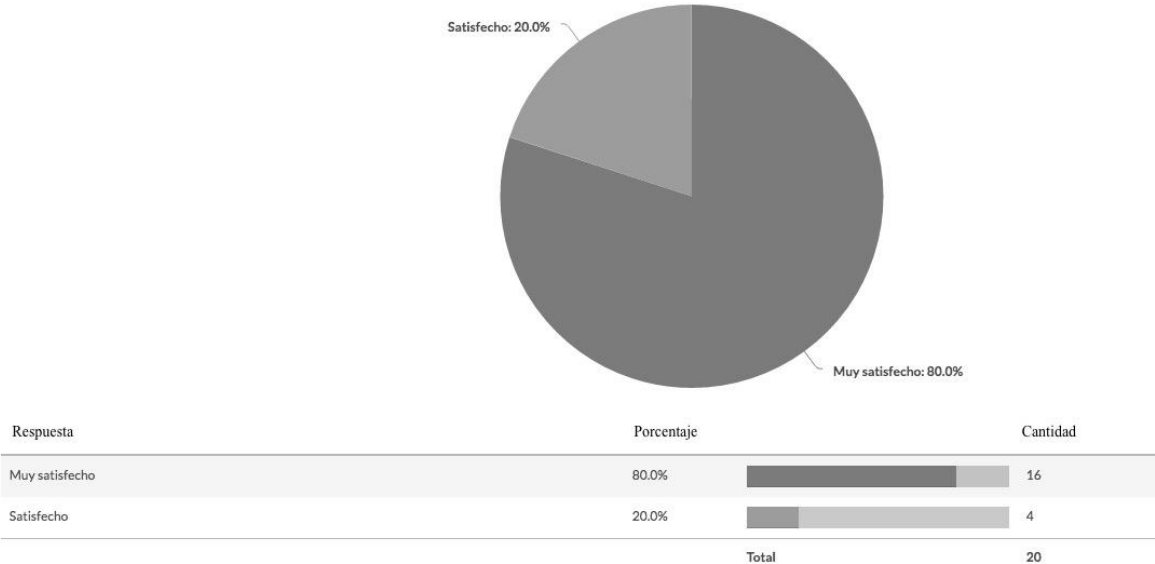


Fig. 45. Gráfico de la satisfacción general.

La siguiente pregunta resume la calidad del sonido. El resultado observado, es que la mayoría de personas define como calidad de 10, y alrededor de 3 de 20 personas menciona que la calidad fue 9 de 10. Como se comentó en el marco teórico, la calidad del sonido es directamente afectada por los códecs que se utilicen, otra posible causa pueda ser alguna latencia presentada en la red, reflejándose para el usuario en jittler o eco, en algún momento circunstancial. En el marco teórico se mencionan y explican dichos problemas de una manera detallada. En este caso, una posible explicación es que el códec g729 o el GSM, aunque permite muchas llamadas por su bajo ancho de banda, lo hace a costa de la calidad del sonido. Eso podría explicar porque para esos 3 usuarios la calidad del sonido no fue simplemente perfecta.

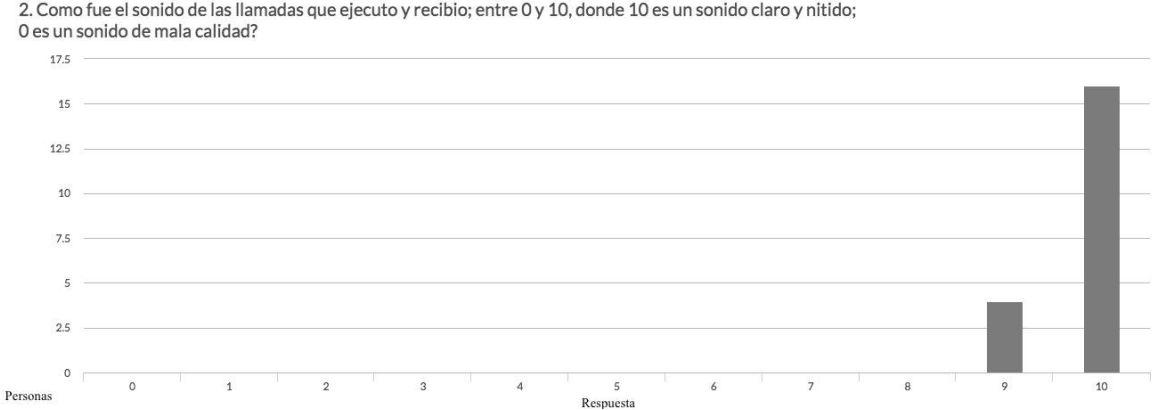


Fig. 46. Calidad percibida del sonido.

La tercera pregunta, pretendió formar una idea sobre cómo funcionó el sistema como un todo; no solo calidad de llamadas, si no dificultades que suelen suceder en este tipo de sistemas cuando se empiezan a implementar. De aquí, se destaca que la mayoría de encuestados respondió muy satisfecho. El otro 30 % podría estar influenciado por el uso de la nueva tecnología, nuevos teléfonos y posibles errores que suceden a la hora de marcar, configurar o que el sistema se encontraba en modo de implementación. A pesar de estar en uso por parte de los usuarios, muchas veces se reiniciaron los servicios para que algunos cambios tomaran efecto. Con la encuesta, específicamente con la pregunta 3, se da una percepción de satisfacción, lejos de lo que puede arrojar las estadísticas técnicas de uso.



3. Cual es su nivel de satisfaccion en general con respecto a todas las llamadas telefonicas en las que usted participo? Si se corto la llamada, dificultades en iniciar una comunicacion? O recibio alguna queja de que no lo pudieron localizar?

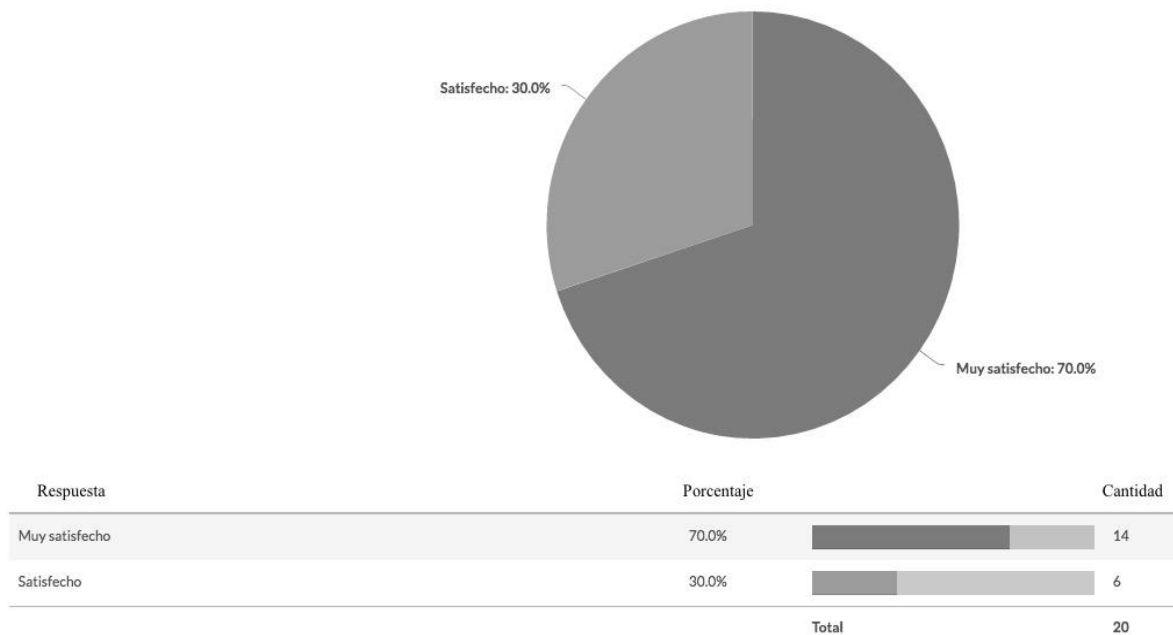


Fig. 47. Calidad general percibida.

La última pregunta, lo que pretendía medir era, el empleo de los usuarios con los principales servicios implementados. Es de notar, que al menos la mitad de los encuestados utilizó cada servicio. Siendo el servicio de llamadas salientes y entradas a la PSTN los más utilizados.

4. Seleccione las características que uso?

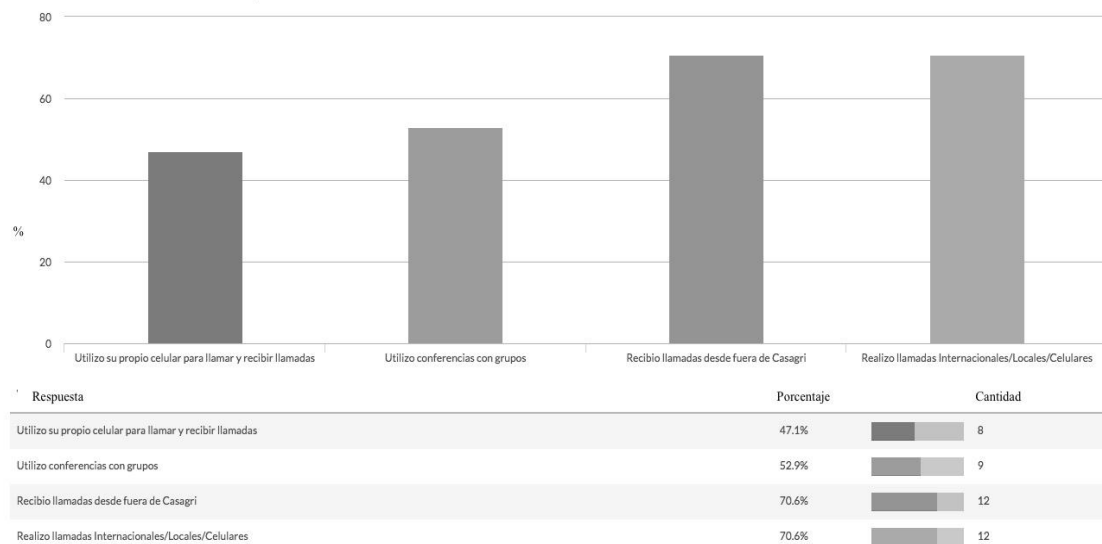


Fig. 48. Características usadas por los usuarios

También, es bueno destacar que casi la mitad de los usuarios emplearon sus teléfonos inteligentes para comunicarse con la PBX IP. Otro punto por considerar es, el servicio de conferencia fue también utilizado por la mitad de los empleados.

## Capítulo 5 Conclusiones

En el presente capítulo, se exponen las conclusiones a las que se llegó, basado en los objetivos, desarrollo metodológico y el análisis de resultados.

### 5.1. Conclusiones generales

Se implementó el plan piloto satisfactoriamente usando tecnologías de código abierto, Asterisk sobre Linux.

Utilizando tecnologías de código abierto, se permite reducir muchos costos mensuales.

Implementando una PBX IP en Asterisk con un buen diseño se resuelven muchos de los problemas actuales de la empresa como: escalabilidad, altos costos, mala calidad del sonido, poca movilidad de extensiones y poca flexibilidad.

Se hizo uso de tecnologías VoIP para comunicar la empresa Casagri S.A. con un nivel alto de satisfacción por parte de los empleados involucrados.

Se analizó la infraestructura actual y se enmarcaron los problemas claramente, a la vez que, mediante el plan piloto se analiza el potencial de resolverlos uno a uno.

La nueva solución PBX IP ocupa menos espacio físico que el actual sistema.

Se generó un plan de direccionamiento IP local, altamente escalable y reusable para una futura implementación final.

Se diseñó la implementación del plan piloto, diseñando el plan con conexión alámbrica, haciendo sencillo la implementación.

Se diseñó un nuevo plan numeración que se adapta a las necesidades de crecimiento, escalabilidad y orden de Casagri S.A.

Se logró instalar y configurar una nueva red VoIP, una nueva PBX IP usando Asterisk y clientes SIP.

Se aplicó un protocolo de pruebas de forma que los resultados fueron satisfactorios.

Se realizó una encuesta de satisfacción, que permitió recibir retroalimentación real de cómo se percibió el uso del sistema nuevo PBX IP en la empresa, por parte de los empleados.

Se denotaron los costos iniciales y básicos para la implementación del plan piloto. Siendo dicho monto no mayor a \$1000 USD.

Se logró comparar la reducción de costos económicos mensuales, se dedujo que el sobrepago, actualmente es de 1220% de más.

Se dimensionó en términos de costos económicos, una posible implementación completa de la PBX IP costaría \$7000 USD. Se concluye que, en no más de 5 meses, dicho monto se pagaría con los ahorros mensuales que se generarían al usar la nueva plataforma PBX IP.

## 5.2. Limitaciones del Proyecto.

Entre las limitaciones que tuvo el proyecto, está su naturaleza de ser plan piloto. Para lo cual, se facilitó el alcance, pero dificultó al hacer las comparaciones sobre ahorro de gastos, dado que se debieron proyectar en lugar de obtener datos históricos de los posibles gastos. La muestra de empleados fue de casi 30% del total de empleados que probaron el sistema, por ser plan piloto, 20 personas de 65 posibles. No se utilizó ningún canal FXO o tarjeta ISDN por la misma limitante de ser plan piloto y por ser costosas dichas tarjetas PCI (\$100 USD a \$700USD). No se permitió acceso a la PBX IP fuera de la red local por razones de seguridad.

## 5.3. Trabajos Pendientes.

Como trabajos pendientes, podría ser interesante usar un “LessCostRouting” con múltiples proveedores de VoIP para lograr las mejores tarifas de llamadas salientes. Dado que un “LessCostRouting”, está basado en las tarifas y los destinos, selecciona automáticamente la troncal a utilizar para generar las llamadas. En tiempos modernos puede ser interesantes hacer interfaz de Asterisk con Skype, Google Hangouts y Slack.com para sacarle el máximo

provecho a nuevas tecnologías. También, podría ser muy interesante implementar la mensajería en la PBX, medir y visualizar de alguna forma el impacto social y cultural que pueda generar la utilización de mensajería interna, es válido integrar Slack.com con Asterisk o utilizar alguna otra tecnología moderna para este caso.

#### 5.4. Recomendaciones hacia una futura implementación completa

Algunas recomendaciones para una futura instalación completa de la PBX IP por considerar son:

Desarrollar el proyecto siempre en una red dedicada, única y exclusivamente a los servicios VoIP, con su propio gateway de Internet de alto ancho de banda.

Adquirir una IP pública, un nombre dominio público para asignar dicha IP y facilitar el registro de clientes SIP, especialmente fuera de las instalaciones físicas de Casagri S.A. Sugerencias de dominio: Casagri.net

Asegurar la infraestructura de red con: firewall, política de contraseñas, cerrar puertos no utilizados y tener un control diario de los CDRs que se generan.

El implementar el proyecto completo en una red inalámbrica facilitaría no solo la instalación, sino reduce en mucho los costos iniciales y los costos de mantenimiento. No se debe de incurrir en gastos de cableado estructurado. Se debe solo considerar adquirir repetidoras WiFi para extender la señal a toda la empresa.

Se debe motivar hacia una política de uso de los nuevos servicios, si se implementa la PBX IP completamente, para que todos o al menos la mayoría de empleados se beneficien, así como la empresa.

## Capítulo 6 Apéndices y anexos

En el presente capítulo, se presentan las configuraciones realizadas a los teléfonos SIP y softphones. Además, se agrega el contenido de la encuesta aplicada para alguna consulta.

### 6.1. Configuración de teléfonos SIPs

Básicamente, cada teléfono posee su propia página web donde es configurable. Para el propósito de este proyecto, únicamente se configuró el servidor Asterisk, propiamente la IP 192.168.100.2 para cada teléfono, así como el número de extensión y la contraseña predefinida. Cualquier otro valor se dejó el que tiene por defecto.

#### 6.1.1. Softphone Zoiper

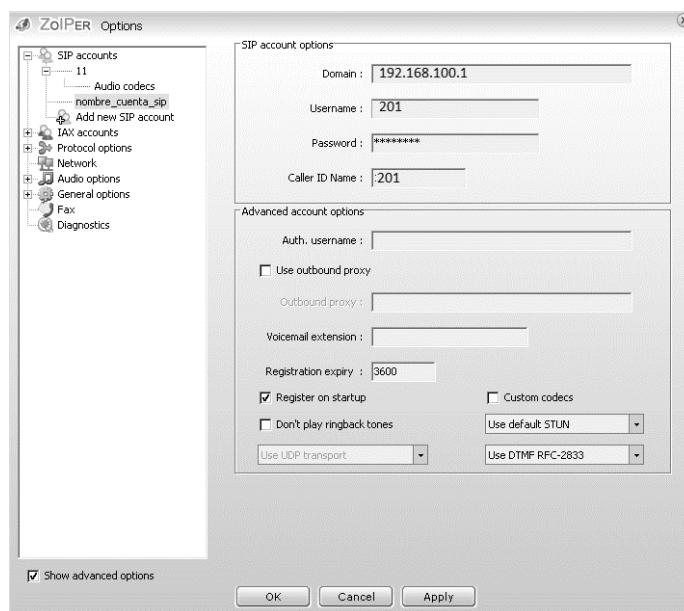


Fig. 49. Configuración Zoiper SIP.

El teléfono Zoiper funciona para múltiples plataformas desde Windows hasta Mac OS. Su configuración es básicamente la misma en cada plataforma. Zoiper se encuentra disponible en: <http://www.zoiper.com/en>.

#### 6.1.2. Grandstream Budge Tone 100 & Grandstream GPX2020

Grandstream Device Configuration

**STATUS    BASIC SETTINGS    ADVANCED SETTINGS**

**End User Password:**  (end user password to configure this device)

**IP Address:**  dynamically assigned via DHCP (default) or PPPoE  
(will attempt PPPoE if DHCP fails and following is non-blank)

PPPoE account ID:

PPPoE password:

Preferred DNS server:  . . .

statically configured as:

IP Address:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Subnet Mask:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Default Router:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
DNS Server 1:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
DNS Server 2:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Time Zone:**  current setting is " GMT-8:00 (US Pacific Time, Los Angeles)"

**Daylight Savings Time:**  No  Yes (if set to Yes, display time will be 1 hour ahead of normal time)

All Rights Reserved Grandstream Networks, Inc. 2004

Fig. 50. Configuración Grandstream Budge Tone 100.

En la configuración de los teléfonos SIP, aparte de configurar el servidor SIP 192.168.100.2, el número de extensión y la contraseña; se configuró en los casos que aplica la red, la ip estática predefinida para cada teléfono con su respectiva máscara de red y puerta de enlace.

Grandstream Device Configuration

**STATUS    BASIC SETTINGS    ADVANCED SETTINGS**

**Admin Password:**  (admin password to configure this device)

**SIP Server:**  192.168.100.2 (e.g., sip.mycompany.com, or IP address)

**Outbound Proxy:**  (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address, if any)

**SIP User ID:**  200 (the user part of an SIP address)

**Authenticate ID:**  (can be identical to or different from SIP User ID)

**Authenticate Password:**  200

Name:  Test (optional, e.g., John Doe)

*Advanced Options:*

**Preferred Vocoder:** (in listed order)

choice 1:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 2:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 3:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 4:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 5:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 6:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 7:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"
choice 8:	<input type="text"/> current setting is "PCMU"

**G723 rate:**  6.3kbps encoding rate  5.3kbps encoding rate

**iLBC frame size:**  20ms  30ms

**iLBC payload type:**  98 (between 96 and 127, default is 98)

**Silence Suppression:**  No  Yes

**Voice Frames per TX:**  2 (up to 10/20/32/64 for G711/G726/G723/other codecs respectively)

**Layer 3 QoS:**  48 (Diff-Serv or Precedence value)

**Layer 2 QoS:** 802.1Q/VLAN Tag  0 802.1p priority value  0 (0-7)

**Use DNS SRV:**  No  Yes

**User ID is phone number:**  No  Yes

**SIP Registration:**  Yes  No

**Unregister On Reboot:**  Yes  No

**Register Expiration:**  1 (in minutes, default 1 hour, max 45 days)

**Early Dial:**  No  Yes (use "Yes" only if proxy supports 484 response)

Fig. 51. Configuración Grandstream Budge Tone 100 SIP.

### 6.1.3. Linksys SPA841

En las siguientes figuras, se muestra la configuración para el Linksys SPA841. Son muy similares los parámetros usados en los teléfonos Grandstream.

The screenshot shows the SIP Parameters configuration page in the SIPURA interface. The page is divided into several sections with various input fields and dropdown menus.

SIP Parameters	
Max Forward:	70
Max Auth:	2
SIP Server Name:	\$VERSION
DTMF Relay MIME Type:	application/dtmf-relay
Use Compact Header:	no
Max Redirection:	5
SIP User Agent Name:	\$VERSION
SIP Accept Language:	
Remove Last Reg:	no
SIP Timer Values (sec)	
SIP T1:	.5
SIP T2:	4
SIP T4:	5
SIP Timer B:	16
SIP Timer F:	16
SIP Timer H:	16
SIP Timer D:	16
SIP Timer J:	16
INVITE Expires:	240
ReINVITE Expires:	30
Reg Min Expires:	1
Reg Max Expires:	7200
Reg Retry Intvl:	30
Reg Retry Long Intvl:	1200
Response Status Code Handling	
SIT1 RSC:	
SIT2 RSC:	
SIT3 RSC:	
SIT4 RSC:	
Try Backup RSC:	
Retry Reg RSC:	
RTP Parameters	
RTP Port Min:	16384
RTP Port Max:	16482
RTP Packet Size:	0.030
Max RTP ICMP Err:	0
RTCP Tx Interval:	0
SDP Payload Types	
AVT Dynamic Payload:	101
INFORAQ Dynamic Payload:	
G726r16 Dynamic Payload:	98
G726r24 Dynamic Payload:	97
G726r40 Dynamic Payload:	96
G729b Dynamic Payload:	99
AVT Codec Name:	telephone-event
G711u Codec Name:	PCMU
G711a Codec Name:	PCMA
G726r16 Codec Name:	G726-16
G726r24 Codec Name:	G726-24
G726r32 Codec Name:	G726-32
G726r40 Codec Name:	G726-40
G729a Codec Name:	G729a
G729b Codec Name:	G729b
G723 Codec Name:	G723
NAT Support Parameters	
Handle VIA received:	no
Handle VIA report:	no

Fig. 52. Configuración Linksys SPA 841. SIP Parámetros

The screenshot shows the System Information page in the SIPURA interface. The page displays various system and product details.

System Information	
DHCP:	Enabled
Current IP:	192.168.1.101
Host Name:	SipuraSPA
Domain:	
Current Netmask:	255.255.255.0
Current Gateway:	192.168.1.1
Primary DNS:	192.168.1.1
Secondary DNS:	
Product Information	
Product Name:	SPA-841
Serial Number:	000000000000
Software Version:	0.9.1
Hardware Version:	1.0.0(21e6)
MAC Address:	000000000000
Client Certificate:	Installed
Phone Status	
Current Time:	1/2/2003 12:15:04
Elapsed Time:	00:03:11
Broadcast Pkts Sent:	2
Broadcast Bytes Sent:	684
Broadcast Pkts Recv:	7
Broadcast Bytes Recv:	612
Broadcast Pkts Dropped:	0
Broadcast Bytes Dropped:	0
RTP Packets Sent:	0
RTP Bytes Sent:	0
RTP Packets Recv:	0
RTP Bytes Recv:	0
SIP Messages Sent:	0
SIP Bytes Sent:	0
SIP Messages Recv:	0
SIP Bytes Recv:	0
External IP:	
Ext 1 Status	
Registration State:	Not Registered
Last Registration At:	Message Waiting: No
Next Registration In:	
Mapped SIP Port:	
Ext 2 Status	
Registration State:	Not Registered
Last Registration At:	Message Waiting: No
Next Registration In:	
Mapped SIP Port:	
Ext 3 Status	
Registration State:	Not Registered
Last Registration At:	Message Waiting: No
Next Registration In:	
Mapped SIP Port:	
Ext 4 Status	
Registration State:	Not Registered
Last Registration At:	Message Waiting: No
Next Registration In:	
Mapped SIP Port:	

Fig. 53. Configuración Linksys SPA 841.



## 6.2. Detalle de la encuesta de satisfacción

En la presente sección se presenta la encuesta aplicada como referencia.

---

*Casagri-Asterisk*

### ***Satisfacción de utilización del sistema piloto de llamadas telefónicas***

1) *En general, ¿Cómo me siento con la solución piloto de Asterisk que se llevó a cabo en Casagri S.A.? \**

*Muy satisfecho*       *Satisfecho*       *Neutral*       *Insatisfecho*       *Muy insatisfecho*

2) *¿Cómo fue el sonido de las llamadas que ejecutó y recibió?*

*Donde 10 es un sonido claro y nítido; 0 es un sonido de mala calidad? \**

0 \_\_\_\_\_ 10

3) *Cual es su nivel de satisfacción en general con respecto a todas las llamadas telefónicas en las que usted participo? Si se cortó la llamada, ¿dificultades en iniciar una comunicación? ¿O recibió alguna queja de que no lo pudieron localizar? \**

*Muy satisfecho*       *Satisfecho*       *Neutral*       *Insatisfecho*       *Muy insatisfecho*

4) *Seleccione las características que utilizó:*

*¿Utilizó su propio celular para llamar y recibir llamadas?*

*¿Utilizó conferencias con grupos?*

*¿Recibió llamadas desde fuera de Casagri?*

*¿Realizó llamadas Internacionales/Locales/Celulares?*

---

## Capítulo 7 Bibliografía

- [1] A. Johnston, Sip: Understanding the Session Initiation Protocol, 4ta Edicion ed., Artech House, 2015, p. 404.
- [2] «A reference guide to all things VoIP,» 22 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.voip-info.org/>.
- [3] «Asterisk,» [En línea]. Available: <http://www.asterisk.org/>. [Último acceso: 15 03 2016].
- [4] B. Dempster y D. Gomillion, Building Telephony Systems with Asterisk, Birmingham: Packt Publishing, 2005, p. 176.
- [5] B. Dempster, D. Gomillion y D. Merel, Asterisk 1.6. Build feature-rich telephony systems with Asterisk, Pack Publishing, 2009, p. 240.
- [6] D. Wetherall y A. Tanenbaum, Redes de Computadoras, 5a. edición ed., Mexico: Pearson Education, 2012, p. 816.
- [7] D. Himanshu, Hacking VoIP. Protocols, Attacks and Countermeasures, No Starch Press, 2008, p. 220.
- [8] Grandstream, «Connecting the world,» [En línea]. Available: <http://www.grandstream.com/>. [Último acceso: 01 04 2016].
- [9] J. V. Meggelen, L. Madsen y S. Jared, Asterisk. The future of telephony, 4ta Edicion ed., O'Reilly, 2013, p. 846.
- [10] N. Simionovich, AsteriskNOW, Pack Publishing, 2008, p. 204.
- [11] Linksys, «Linksys,» [En línea]. Available: <http://www.linksys.com/us/>. [Último acceso: 20 03 2016].
- [12] T. Wallingford, Switching to VoIP, O'Reilly Media, 2005, p. 504.
- [13] «The Asterisk Company,» [En línea]. Available: <https://www.digium.com/>. [Último acceso: 10 09 2015].

### ACTA DE APROBACION DE PROYECTO FINAL

Con fundamento en lo que establecen los **Artículos 22-24-25** del "Manual de Normas y Procedimientos para optar por el título de MAESTRIA PROFESIONAL", el Tribunal Examinador del Proyecto Final (TEPF), nombrado con el propósito de evaluar el proyecto final de graduación.

**"Diseño e implementación del plan piloto de un sistema de comunicación VoIP usando tecnologías de código abierto."**



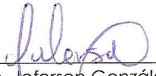


Habiendo analizado el resultado general del trabajo presentado por los estudiantes:

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombre	No. De carné
BOZA	MONGE	LUIS DIEGO	9713809

Emite el siguiente dictamen:

APROBADO  CALIFICACION: <u>95</u> puntos.	<input type="radio"/> REPROBADO  <input type="radio"/> SE RECOMIENDA <input type="radio"/> NO SE RECOMIENDA  Brindarle una nueva oportunidad para la DEFENSA PUBLICA de su Proyecto Final  NUEVA FECHA: _____
---	---

Dando fe de lo aquí expuesto firmamos (IDEM: HOJAS DE APROBACION DEL PROYECTO FINAL)

 Msc. Luis Carlos Loaiza Canet Profesor Asesor	 MSc. Carlos Alvarado Ulloa Profesional Externo
 MSc. Jeferson González Gómez Profesor Lector	 Dr. Roberto Cortes Morales Coordinador del Programa de Maestría en Computación
15 de junio de 2016	
 Sello	
<b>FT-07-MP</b>	

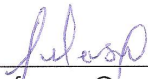
## APROBACIÓN DE PROYECTO

**"Diseño e implementación del plan piloto de un sistema de comunicación  
VoIP usando tecnologías de código abierto."**

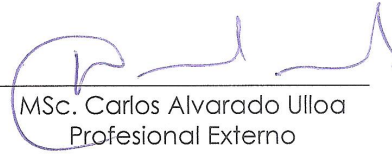
### TRIBUNAL EXAMINADOR



Msc. Luis Carlos Loaiza Canet  
Profesor Asesor



MSc. Jeferson González Gómez  
Profesor Lector



MSc. Carlos Alvarado Ulloa  
Profesional Externo



Dr. Roberto Cortés Morales  
Coordinador del Programa de  
Maestría en Computación

Junio, 2016