



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO  
FUNCIONAL DE UNA CENTRAL PBX  
BASADA EN SOFTWARE**

**RAÚL ALEJANDRO RODRÍGUEZ MORA**

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**BOGOTÁ**

**2011**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL DE  
UNA CENTRAL PBX BASADA EN SOFTWARE**

**RAÚL ALEJANDRO RODRÍGUEZ MORA**

**Proyecto de grado**

**Director**

**Frederick Ferro**

**Ingeniero de sistemas**

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**BOGOTÁ**

**2011**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 10 de Junio de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

A la familia.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS . . . . .	iv
ÍNDICE DE FIGURAS . . . . .	ix
ÍNDICE DE TABLAS . . . . .	xii
RESUMEN . . . . .	xiv
ABSTRACT . . . . .	xv
INTRODUCCIÓN . . . . .	xvi
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA . . . . .	2
2.1. Elementos del problema . . . . .	2
3. OBJETIVOS . . . . .	3
3.1. Objetivo General . . . . .	3
3.2. Objetivos específicos . . . . .	3
4. JUSTIFICACIÓN . . . . .	4
5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA . . . . .	6
6. MARCO TEÓRICO . . . . .	7
6.1. Estado del arte de las telecomunicaciones sobre Telefonía IP . . . . .	7
6.2. Telefonía PSTN . . . . .	8
6.2.1. Antecedentes . . . . .	9
6.2.2. Señalización . . . . .	10
6.2.3. Componentes de la red PSTN . . . . .	11
6.2.4. Sistema de señalización 7 . . . . .	13
6.2.5. DTMF . . . . .	14

6.3.	VOIP . . . . .	16
6.3.1.	Antecedentes . . . . .	16
6.3.2.	Componentes de una red VoIP . . . . .	17
6.3.3.	Funciones VoIP . . . . .	18
6.3.4.	Protocolos de señalización . . . . .	20
6.3.5.	Protocolos de streaming . . . . .	27
6.3.6.	Codec . . . . .	30
6.3.7.	Telefonía IP . . . . .	33
6.4.	IP-PBX a implementar: Asterisk . . . . .	39
6.4.1.	Antecedentes . . . . .	40
	41	
6.4.2.	AGI . . . . .	42
6.4.3.	¿Por que Asterisk? . . . . .	43
7.	METODOLOGÍA . . . . .	45
7.1.	Recolección de información . . . . .	45
7.1.1.	Características de la empresa . . . . .	46
7.1.2.	Diseño de red de datos actual . . . . .	46
7.1.3.	Sistema telefónico . . . . .	47
7.1.4.	Estimación de gastos en telefonía . . . . .	47
8.	INGENIERÍA DEL PROYECTO . . . . .	50
8.1.	Requerimientos funcionales . . . . .	51
8.2.	Requerimientos no funcionales . . . . .	53
8.3.	Casos de uso . . . . .	54
8.3.1.	Gestionar extensiones . . . . .	54
8.3.2.	Gestionar correo de voz . . . . .	54
8.3.3.	Gestionar llamada . . . . .	54
8.3.4.	Gestionar conferencia . . . . .	54
8.4.	Casos de uso expandidos . . . . .	55

8.4.1.	Validar usuario . . . . .	55
8.4.2.	Validar administrador . . . . .	56
8.4.3.	Gestionar usuario . . . . .	57
8.4.4.	Gestionar correo de voz . . . . .	58
8.4.5.	Acceder a correo de voz . . . . .	59
8.4.6.	Gestionar conferencia . . . . .	60
8.4.7.	Acceder a conferencia . . . . .	61
8.4.8.	Gestionar llamada . . . . .	62
8.4.9.	Realizar llamada . . . . .	63
8.5.	Diagrama de actividades . . . . .	64
8.5.1.	Validar usuario . . . . .	64
8.5.2.	Validar administrador . . . . .	64
8.5.3.	Administrar usuarios, extensiones, y conferencia . . . . .	64
8.5.4.	Realizar llamada . . . . .	64
8.5.5.	Acceso correo de voz . . . . .	64
8.5.6.	Acceso a sala de conferencia . . . . .	64
8.6.	Diagrama de despliegue . . . . .	65
9.	ESTIMACIÓN DE RESULTADOS . . . . .	66
9.1.	Diseño de la red de datos y sistema telefónico de la solución . . . . .	66
9.1.1.	Clientes SIP . . . . .	67
9.2.	Estimación de gastos . . . . .	68
9.2.1.	Costo de minutos con VoIP . . . . .	69
9.2.2.	Costos de inversión en hardware, software y otros servicios . . . . .	69
9.3.	Recuperación de la inversión . . . . .	70
9.4.	Configuración del servidor . . . . .	71
9.4.1.	Extensiones y proveedores de VoIP . . . . .	71
9.4.2.	Plan de discado . . . . .	73
9.4.3.	Archivo voicemail.conf . . . . .	75

10. CONCLUSIONES . . . . .	77
11. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS . . . . .	79
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	80
GLOSARIO . . . . .	82
ANEXO A. ACRÓNIMOS . . . . .	87
ANEXO B. MANUAL DE USUARIO: Softphone (Windows) . . . . .	91
ANEXO C. MANUAL DE USUARIO: Teléfono IP (Cisco SPA-504G) . . . . .	94
ANEXO D. MANUAL DE USUARIO: Android (HTC-Desire) . . . . .	97
ANEXO E. MANUAL DE USUARIO: iOS (iPod touch 4G) . . . . .	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

6.1 Circuito ring-down de 4 teléfonos. . . . .	9
6.2 Central telefónica controlada por un “conmutador” humano . . . . .	10
6.3 Forma de una onda analógica . . . . .	10
6.4 Distorsión de línea analógica . . . . .	11
6.5 Distorsión de línea digital . . . . .	11
6.6 Componentes de la red PSTN . . . . .	12
6.7 Sistema de señalización 7 . . . . .	13
6.8 Arquitectura SS7 . . . . .	14
6.9 DTMF . . . . .	15
6.10 Componentes VoIP . . . . .	17
6.11 Canales H.323 . . . . .	20
6.12 Arquitectura H.323 . . . . .	21
6.13 Componentes SIP . . . . .	24
6.14 AX sobre UDP . . . . .	27
6.15 Pila de protocolos RTP . . . . .	28
6.16 Anidamiento de paquetes RTP . . . . .	28
6.17 Arquitectura IP PBX . . . . .	36
6.18 Arquitectura Asterisk . . . . .	40
7.1 Red de datos de PSS . . . . .	47
8.1 Caso de uso: Gestionar extensiones . . . . .	54
8.2 Caso de uso: Gestionar correo de voz . . . . .	54
8.3 Caso de uso: Gestionar llamada . . . . .	54

8.4 Caso de uso: Gestionar conferencia . . . . .	54
8.5 Diagrama de actividad: Validar Usuario . . . . .	64
8.6 Diagrama de actividad: Validar administrador . . . . .	64
8.7 Diagrama de actividad: Administrar usuarios, extensiones, y conferencia . . . . .	64
8.8 Diagrama de actividad: Realizar llamada . . . . .	64
8.9 Diagrama de actividad: Acceso correo de voz . . . . .	64
8.10 Diagrama de actividad: Acceso a sala de conferencia . . . . .	64
8.11 Diagrama de despliegue . . . . .	65
9.1 Red de datos de PSS e integración de la implementación . . . . .	66
B.1 Softphone X-Lite Version 4.0 . . . . .	91
B.2 Iniciar a configurar el softphone . . . . .	91
B.3 Configuración X-Lite 4.0 . . . . .	92
B.4 Estableciendo conexión . . . . .	92
B.5 Conexión exitosa . . . . .	92
B.6 Llamada saliente a 801 . . . . .	92
B.7 Llamada entrante de Raul Rodriguez . . . . .	93
C.1 Dirección IP de administración . . . . .	94
C.2 Sesión de administrador . . . . .	94
C.3 Configuración puerto SIP . . . . .	94
C.4 Servidor proxy . . . . .	94
C.5 Información de la extensión . . . . .	95
C.6 Guardar cambios . . . . .	95
C.7 Cisco SPA-504G . . . . .	95
C.8 Llamada saliente a 801 . . . . .	95

C.9	Llamada entrante de Raul Rodriguez . . . . .	96
D.1	Aplicación CSipSimple Android . . . . .	97
D.2	Administración de cuentas . . . . .	97
D.3	Asistente de configuración . . . . .	97
D.4	Menú administración . . . . .	97
D.5	Nombre de la cuenta . . . . .	98
D.6	Nombre de usuario . . . . .	98
D.7	Dirección IP del servidor o URL . . . . .	98
D.8	Contraseña de la extensión . . . . .	98
D.9	Cuenta configurada . . . . .	98
D.10	Cuenta registrada . . . . .	98
D.11	Llamada saliente a 801 . . . . .	98
D.12	Elegir canal de comunicación . . . . .	99
D.13	Llamada saliente a 801 . . . . .	99
E.1	Aplicación Bria for iPhone Edition . . . . .	100
E.2	Iniciando Bria for iPhone Edition . . . . .	100
E.3	Agregar cuenta SIP . . . . .	100
E.4	Información de la cuenta . . . . .	101
E.5	Cuenta habilitada . . . . .	101
E.6	Teclado numérico . . . . .	101
E.7	Llamada saliente a 801 . . . . .	101
E.8	Llamada entrante . . . . .	102

## ÍNDICE DE TABLAS

6.1 Comparación entre Codec VoIP . . . . .	30
6.2 Funciones de un IP PBX . . . . .	39
7.1 Fuerza de trabajo y contactos de PSS . . . . .	46
7.2 Gastos anuales de telefonía fija nacional . . . . .	47
7.3 Gastos anuales de telefonía celular . . . . .	48
7.4 Tarifas a destinos internacionales por la compañía telefónica . . . . .	48
7.5 Minutos internacionales utilizados por PSS en el ultimo año . . . . .	49
7.6 Costo total de telefonía anual de PSS . . . . .	49
8.1 Requerimientos funcionales . . . . .	51
8.2 Requerimientos funcionales . . . . .	52
8.3 Requerimientos no funcionales . . . . .	53
8.4 Caso de uso expandido: Validar usuario . . . . .	55
8.5 Caso de uso expandido: Validar administrador . . . . .	56
8.6 Caso de uso expandido: Gestionar usuario . . . . .	57
8.7 Caso de uso expandido: Gestionar correo de voz . . . . .	58
8.8 Caso de uso expandido: Acceder a correo de voz . . . . .	59
8.9 Caso de uso expandido: Gestionar conferencia . . . . .	60
8.10 Caso de uso expandido: Acceder a conferencia . . . . .	61
8.11 Caso de uso expandido: Gestionar llamada . . . . .	62
8.12 Caso de uso expandido: Realizar llamada . . . . .	63
9.1 Precio de minutos a los destinos internacionales mas frecuentes . . . . .	69
9.2 Costo total de telefonía anual de PSS . . . . .	69

9.3 Costo total de telefonía anual de PSS . . . . .	70
9.4 Costo total de telefonía anual de PSS utilizando VoIP . . . . .	70
9.5 Ahorro porcentual en llamadas internacionales . . . . .	71

## RESUMEN

Desde los principios de la humanidad siempre ha existido una necesidad de comunicarnos unos con otros. Esta necesidad ha hecho que se implementen nuevas herramientas y medios para suplir la misma. Estas herramientas y medios de comunicación han evolucionado y el gran salto lo hizo Antonio Mucci con la invención del teléfono en 1860. Luego en 1876 Alexander Graham Bell registró una patente que realmente no describe el teléfono pero lo refiere como tal. Invento que trajo la telefonía, desde ese entonces la comunicación no ha tenido un cambio tan drástico.

Hoy en día existen diferentes medios, formas y tecnologías de comunicación, una de ellas es la comunicación de voz sobre el protocolo IP (VoIP), que consiste en transportar las conversaciones telefónicas en paquetes IP a través de una red de datos o Internet. VoIP extiende las comunicaciones de voz a cualquier persona en cualquier parte y con una variedad de dispositivos entre los que se encuentran los teléfonos analógicos, teléfonos IP, teléfonos basados en software (softphones) y dispositivos inalámbricos. Las principales ventajas de VoIP son la drástica reducción de costos, la escalabilidad y flexibilidad.

La telefonía IP está basada en VoIP y surge como una alternativa a la telefonía tradicional y brinda una interoperabilidad con las redes de telefonía actuales más conocidas como la red de telefonía pública conmutada (PSTN). Asterisk es una implementación de una central telefónica y PBX basado en software libre que permite la interoperabilidad de las redes basadas en VoIP y las PSTN.

Esta tesis tiene como fin realizar una adaptación tecnológica a un problema real de comunicaciones en el entorno empresarial. Contiene el diseño de ingeniería basado en las fundamentaciones teóricas como también la implementación y pruebas.

**Palabras Claves:** Teléfono, telefonía, PSTN, telefonía IP, VoIP, softphones, dispositivos inalámbricos, Asterisk, PBX, software libre

## ABSTRACT

Since the beginning, of mankind has been had always a need to communicate each other. This need has led mankind to implement new tools and means to apply them. These tools and means to communication skills have evolved and the big jump was made by Antonio Mucci with the invention of telephone in 1876. After this, Around 1876 Alexander Graham Bell registered a patent that does not really describe the telephone but refers to it as such. Invention that come out the telephony, since then the communication has not suffered a drastic change.

Today there are different means, forms and communication technologies; one of them is the voice over IP (VoIP) communication that means telephone conversations in IP packets over a data network or Internet. VoIP extends voice communications to anyone, anywhere, with a variety of devices that are analog phones, IP phones, software-based phones (soft phones) and wireless devices. The main advantages of VoIP are the drastic reduction in cost, scalability and flexibility.

IP telephony is based on VoIP and is an alternative to traditional telephony and provides interoperability with existing telephony networks better known as the public switched telephone network (PSTN). Asterisk is an implementation of a telephone and PBX based on free software that enables interoperability of networks based on VoIP and the PSTN.

This thesis aims to make technological adaptation to a real communication problem into a business environment. It contains engineering design based on theoretical foundations as well as the implementation and testing.

**Keywords:** Telephone, telephony, PSTN, IP Telephony, VoIP, softphones, wireless devices, Asterisk, PBX, free software

## INTRODUCCIÓN

Para trasportar voz sobre una red de datos, la voz tiene que ser “empaquetada”, este proceso contrasta significativamente con el mecanismo de conmutación de circuitos usado en las redes de telefonía tradicional. El empaquetamiento de voz consiste en añadir cabeceras con información del enrutamiento para la voz de datos. Varias muestras de voz son combinadas dentro de un paquete y este paquete es enviado a través de la red. En resumen, la señal de voz se divide en pequeñas piezas (paquetes) y son enviados a través de la red una por una, el proceso de empaquetado comprime las señales de voz de las llamadas, se transfieren sobre la red IP, y luego son descomprimidas en su destino (Hallock, 2004a).

Un PBX (Private Branch Exchange), es una central telefónica, el uso más común de una PBX es compartir de una a varias líneas telefónicas con un grupo de usuarios. Una PBX tiene la capacidad de redirigir las llamadas entrantes a uno o varios teléfonos, también permite a un teléfono escoger una de las líneas telefónicas para realizar una llamada telefónica al exterior, quien es el responsable de dirigir las llamadas telefónicas (Escudero & Berthilson, 2007).

Una PBX no solo permite compartir un conjunto de líneas con un grupo de usuarios sino que también ofrece la posibilidad de crear servicios de valor agregado como transferencia de llamadas, conferencia, correo de voz o servicios basados en una respuesta de voz interactiva.

La palabra *private* en la sigla PBX, significa que el dueño del sistema tiene todo el control y decide como compartir las líneas con los usuarios (Escudero & Berthilson, 2007).

VoIP (Voice Over IP), es una tecnología de transmisión en tiempo real que utiliza el protocolo de internet sobre de una red como Internet o una red privada de datos. En términos simples, VoIP convierte la señal de voz de un teléfono a una señal digital que viaja en una red de datos (Hallock, 2004a). Una de las ventajas significativas de VoIP sobre la red telefónica conmutada, es que se pueden realizar llamadas telefónicas de larga distancia

sin ningún costo extra. Esta solución integrada voz/datos permite a las empresas llevar las aplicaciones de voz sobre sus ya existentes redes de datos. Este avance tecnológico no solo tiene un impacto en la industria de las telecomunicaciones, también altera los precios y costos estructurales de la industria telefónica. Además, en comparación con los circuitos conmutados, las redes IP pueden llevar de 5 a 10 veces el número de llamadas de voz sobre el mismo ancho de banda.

Asterisk es una implementación libre de una central telefónica. Este software permite tanto que los teléfonos conectados a la central puedan hacer llamadas entre ellos mismos como servir de pasarela a la red telefónica tradicional. El código de este software fue originalmente creado por Mark Spencer basado en las ideas y el trabajo previo de Jim Dixon (proyecto Zapata) (Goncalves, 2007). El programa, sus mejoras y correcciones, son el resultado del trabajo colectivo de la comunidad del software libre. Aunque Asterisk es multiplataforma, GNU/Linux es la plataforma más estable y en la que existe mayor soporte. Para usar Asterisk se necesita un computador, pero si se quiere conectar a la red telefónica tradicional se debe añadir el correspondiente periférico dedicado.

La implementación de un prototipo funcional de una central PBX basada en software, genera un sistema que tiene todas las funcionalidades de las que debe disponer una versión final, suficientemente estable como para dar a conocer de forma simple los requisitos más esenciales.

Este documento pretende plasmar un trabajo de ingeniería en las comunicaciones de las empresas, basándose en la estructura y consumo de recursos y servicios de comunicaciones que tiene la empresa Colombiana PSS. Se realizó un levantamiento de información, se analizaron las necesidades para crear los requerimientos y basándose en los estándares y fundamentos teóricos, se adaptó y documentó una solución de comunicaciones (ya existente) a las necesidades de PSS.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se realizara bajo la autorización y respaldo de la empresa Colombiana Professional Services LTDA.

La siguiente es una descripción de la empresa PSS en la su sitio web:

”Professional Services LTDA (PSS) es una compañía especializada en diferentes áreas de tecnología informática, para satisfacer y superar las expectativas de nuestros clientes, a través de un equipo de profesionales calificados y certificados, además de alianzas estratégicas con los desarrolladores de software y hardware como Oracle, Storagetek, Mc-Data, IBM, Brocade, Symantec, EMC2-Legato, Q-logic entre otros.”

PSS está ubicada en las ciudades de Bogotá, Medellín y Cartagena (Colombia), su sede principal se encuentra en Bogotá en la dirección: Cll 23 G 82-10.

Información de contacto:

Sitio web: <http://pss.com.co/>

Teléfono: 263 9252

Fax: 410 2226

Correo electrónico: [info@pss.com.co](mailto:info@pss.com.co)

El sistema de comunicación telefónico de PSS tiene dificultades en aspectos como escalabilidad y flexibilidad además de prescindir de servicios como PBX, conferencia, IVR (respuesta de voz interactiva), transferencia de llamadas, correo de voz y llamadas internacionales. Debido a estos inconvenientes PSS requiere cambiar su sistema telefónico que permita además de solucionar estos inconvenientes un ahorro en costos por este servicio.

PSS ha necesitado realizar llamadas a diferentes destinos internacionales como USA, Canadá, España y Argentina, por lo tanto hace que el costo del servicio de telefonía se incremente.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente PSS tiene un sistema de telefonía tradicional analógico proveído desde una red de telefonía conmutada pública para la entrada y salida de llamadas. PSS se ha extendido y ha tenido dificultades en el manejo de las llamadas por parte de clientes y proveedores, solo existe una secretaria que recibe todas las llamadas, muchas llamadas son perdidas u omitidas a causa del tiempo que utiliza la secretaria para contactar a la persona indicada; no existe ninguna extensión de ningún departamento o empleado para el manejo de la llamada, esto origina pérdida de tiempo en los empleados al atender una llamada; hay empleados trabajando desde sus casas y no hay soporte para hacer una conferencia telefónica a distancia.

### **2.1. Elementos del problema**

Los elementos que originan o impiden que exista un sistema de comunicación telefónico interno adecuado a las necesidades son:

- Costos elevados en llamadas internacionales, nacionales y celular.
- Empleados no tienen un número fijo en donde se les encuentre siempre.
- Todas las llamadas llegan a un mismo lugar.
- Solo una persona contesta y realiza todas las llamadas.
- Múltiples líneas telefónicas en diferentes departamentos.
- Expansión de la empresa.
- Trabajadores a distancia.
- Pérdida de llamadas de clientes y proveedores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema de comunicación interna para una empresa con la implementación una tecnología sobre VoIP.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Analizar los recursos disponibles de software y hardware para determinar los recursos faltantes.
- Diseñar una solución estable, sostenible, escalable y flexible de un sistema de comunicación.
- Implementar la solución diseñada.
- Ahorrar costos en llamadas telefónicas.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Las comunicaciones son el corazón de los negocios, y VoIP tiene la capacidad de fortalecer ese corazón. VoIP extiende las comunicaciones de voz para todos, en cualquier parte o en cualquier dispositivo. Ofrece a las empresas beneficios significativos en ahorro de costos, incrementa los ingresos y mejora el servicio al cliente. Establece la comunicación en el núcleo de los negocios, con el fin de permitir decisiones más rápidas, revitalizar los procesos de negocio y crear nuevos modelos de negocios.

La mayoría de las empresas multinacionales han adoptado VoIP en un intento de reducir los costos de comunicaciones así como simplificar su estructura de información.

Un PBX, puede automatizar los procesos de tráfico de llamadas de una oficina, hecho que en algunos casos elimina la necesidad de que la recepcionista o secretaria atienda la totalidad de las llamadas entrantes (Goncalves, 2010) . Un PBX utiliza contestadoras automáticas que interactúan con el llamante mediante el teclado del teléfono. En todo caso, hace más rápida la comunicación con el destinatario final.

Un PBX analógico tiene una serie de inconvenientes en flexibilidad, costos y adaptabilidad. Si se opta por adquirir un servicio básico, el sistema de comunicación tendría pocas características. Otros inconvenientes son el costo muy elevado de mantenimiento y la baja escalabilidad que pueda brindar (Goncalves, 2007). En algunas ocasiones para adquirir un nuevo servicio o funcionalidad es necesario cambiar la central.

Con el nuevo sistema de comunicación PBX (Asterisk) a implementar el panorama es totalmente diferente, si se compara la nueva solución con un sistema PBX analógico tal vez la diferencia de costos sea pequeña debido a los costos de los dispositivos. Pero si se compara con sus múltiples funcionalidades, la diferencia de precios es notable. Asterisk dispone de un conjunto de funcionalidades ofrecidas tan solo por grandes sistemas PBX comerciales. Con este sistema se puede lograr que todas las medidas que requieran ser aplicadas lo sean de manera efectiva y a su medida, sin costos adicionales ni de mantenimiento.

La potencia del Asterisk <sup>1</sup> aumenta, al ser posible desarrollar nuevas funcionalidades con lenguajes estándar de programación y utilidades propias del sistema. AGI (Asterisk Gateway Interface). Esta función permite llevar datos de una llamada a un lenguaje de programación (Perl, Python, PHP, C, Bash), característica que proporciona "inteligencia", una enorme flexibilidad y escalabilidad.

---

<sup>1</sup>Asterisk: Central telefónica digital implementada en la solución que funciona bajo el protocolo IP.

## **5. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

Este proyecto se limita a: el control de las llamadas entrantes y salientes con la implementación de un sistema de telefonía basado en VoIP que se adapte a PSS de acuerdo a la expansión de la empresa, el número de empleados, los departamentos, la cantidad de llamadas simultaneas, las llamadas nacionales, internaciones y celular salientes de la empresa; teniendo en cuenta la reducción de costos en el servicio telefónico, la escalabilidad y flexibilidad.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Estado del arte de las telecomunicaciones sobre Telefonía IP

La telefonía IP transmite comunicaciones de voz sobre una red de datos o Internet usando el protocolo IP.

Actualmente la telefonía IP es implementada a nivel empresarial para comunicaciones internas y externas. En las comunicaciones internas se utiliza para comunicar desde un puesto de trabajo a otro sin importar la distancia y de forma gratuita o sin generar ningún costo extra<sup>1</sup>. Las comunicaciones externas hacen referencia a las comunicaciones con redes como PSTN (red pública de telefonía conmutada), celular, satelital o VoIP externas. Para las comunicaciones externas es necesario un proveedor de servicios VoIP y/o contrato con una compañía de telefonía local (Telco).

Para una mayor flexibilidad la telefonía IP ofrece compatibilidad con líneas telefónicas analógicas (como las PSTN) y líneas digitales<sup>2</sup>, es decir, pueden hacer uso de estas líneas y obtener todos sus beneficios mediante un dispositivo de hardware instalado en el servidor. También ofrece la comunicación con diferentes dispositivos como softphones, teléfonos IP, teléfonos analógicos (mediante un adaptador analógico de teléfono); últimamente y desde el auge y éxito de los smartphones (teléfonos inteligentes), es posible adaptar una terminal o extensión de un servidor de telefonía IP a uno de estos teléfonos, como también es posible, en otros dispositivos móviles como iPods y PDAs.

Para obtener un mejor provecho de telefonía IP a nivel empresarial, puede estar combinada con funciones de grandes sistemas PBX tales como: conferencia de voz y video, direccionamiento de llamadas, encolamiento de llamadas, correo de voz, respuesta vocal interactiva, música de fondo, entre muchos otros servicios.

---

<sup>1</sup>No genera ningún costo extra fuera del servicio de Internet

<sup>2</sup>RDSI: Red Digital de Servicios Integrados

## 6.2. Telefonía PSTN

Cuando se levanta un teléfono tradicional, como el que está en las casas, el tono de marcado que se escucha, es una señal transmitida por el tipo más simple de circuito de voz: una línea de teléfono analógica (o POTS, Plain Old Telephony Service), basada en una red llamada PSTN (Public Switched Telephony Network). La línea es un bucle eléctrico simple. En el otro lado de la línea esta un conmutador de la compañía telefónica. Es el conmutador el que le brinda al teléfono energía eléctrica, envía las señales sonoras emitidas por la bocina del teléfono y sabe cómo manejar los números marcados del teclado numérico. El trabajo de la PSTN es facilitar de forma fiable las conversaciones de teléfono a cualquier hora en cualquier día. La PSTN combina enlaces de datos analógicos, digitales y electromagnéticos que se esfuerzan por asegurar que cada vez que se levante el teléfono, se escuche el tono de marcado.

PSTN es la red de telefonía pública mundial. Consiste en líneas telefónicas, cables de fibra óptica, enlaces de transmisión microondas, redes de celular, comunicaciones satelitales y cables de teléfono, todos interconectados por centros de conmutadores los cuales permiten que cualquier teléfono en el mundo se comuniquen con otro. Originalmente fue una red de líneas fijas telefónicas, actualmente PSTN combina tanto líneas telefónicas móviles como fijas (Gillispie & Shepherd, 2005).

Para definir completamente la red PSTN es necesario tener en cuenta varios aspectos: Primero, el cableado requerido para distribuir la señal, desde un par de hilos trenzados pasando por cable coaxial hasta el cableado de fibra óptica. Segundo, el modelo de señal de transmisión, combinando el procesamiento de señales tanto analógicas como digitales con transmisión eléctrica, óptica e interfaces de radio, esto afecta directamente el tipo de contenido que puede llevar. Tercer, el incremento de sofisticación de protocolos de señalización y "red inteligente" diseñados para la red digital de servicios integrados RDSI (o ISDN en Inglés). Y finalmente, la asociación operacional e infraestructura regulatoria a nivel internacional, nacional, departamental y servicios locales (Porter et al., 2006).

### 6.2.1. Antecedentes

En 1876 Alexander Graham Bell patentó el teléfono y percibió un eventual triunfo de la telefonía sobre la red de comunicaciones dominante en su época: la red del telégrafo. La primera transmisión de voz, envidada por Alexander Graham Bell a través de lo que es llamado un circuito ring down. Un circuito ring down es un método de señalización que no requiere la marcación de números, en vez de esto, se utilizan dos dispositivos conectados por un cable. Básicamente, una persona descolgaba el teléfono y otra persona estaba en el otro extremo del circuito (Wallingford, 2005a).

Después de un tiempo, este simple diseño evolucionó de una transmisión de voz por un solo camino, por el cual solo un usuario podía hablar a una transmisión de voz bidireccional, por lo que los dos usuarios podían hablar. Para transmitir la voz a través del cable se necesitaba un micrófono de carbón, una batería, un electro imán y un diafragma de hierro, a esto se le llamó teléfono (Davidson, Peters, Bhatia, Kalidindi, & Mukherjee, 2006).

También requería un cable físico entre cada ubicación a la cual el usuario quería llamar. El concepto de marcación por número no existía en el momento, Fig. 6.1.

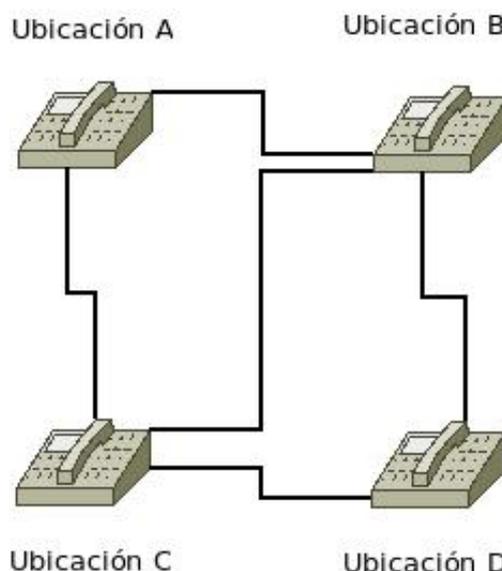


FIGURA 6.1. Circuito ring-down de 4 teléfonos.

Ubicar un cable entre cada casa que quisiera tener acceso telefónico era muy costoso y poco efectivo. Para determinar cuantas líneas necesitaba un circuito telefónico, habría que pensar en cada destino ( $N$ ) y utilizar la siguiente ecuación  $N \times (N - 1)/2$ . Por ejemplo si se quisiera comunicar 10 destinos habría un total de 45 pares de líneas en el circuito telefónico.

Debido al costo y la imposibilidad de recorrer con un cable físico por toda la tierra a quienes querían tener acceso telefónico, otro mecanismo fue desarrollado que también permitía conectar dos teléfonos. Con este dispositivo llamado conmutador (switch), los usuarios de teléfono necesitaban solo un cable desde el conmutador al teléfono.

El primer operador de teléfono actuaba como un switch, este operador preguntaba a los llamantes a donde querían llamar y conectaba los dos extremos de la llamada, Fig. 6.2.

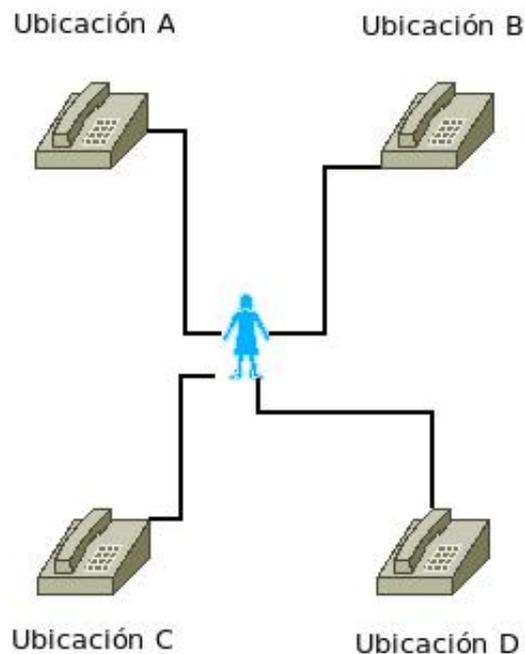


FIGURA 6.2. Central telefónica controlada por un “conmutador” humano

En los últimos tiempos la telefonía pública conmutada remplazo los operadores que hacían como switch por switches electrónicos.

### 6.2.2. Señalización

Las ondas de sonido, incluyendo las que producen el habla humana, se encuentran de forma analógica. Y la red de telefonía fue basada en una infraestructura analógica también (Davidson et al., 2006).

Aunque la comunicación analógica es ideal para la interacción humana, no es fuerte ni efectiva en la recuperación de ruido de línea (ruido de línea es causado normalmente por la introducción de estática dentro de una red de voz causada por los aparatos eléctricos cercanos o emisiones de radio). Las líneas telefónicas son muy sensibles a la inductancia o voltaje producido por los circuitos eléctricos o líneas de transmisión. En el principio de la red de telefonía, la transmisión analógica era pasada a través de amplificadores para aumentar la señal. Pero, esta práctica no amplificaba solo la voz, también lo hacía con la línea de ruido. Esta línea de ruido frecuentemente terminaba en una conexión inusable.

La comunicación analógica es una combinación de tiempo y amplitud, la figura 6.3 muestra lo que podría ser una onda analógica, muestra como la voz se ve en el osciloscopio.

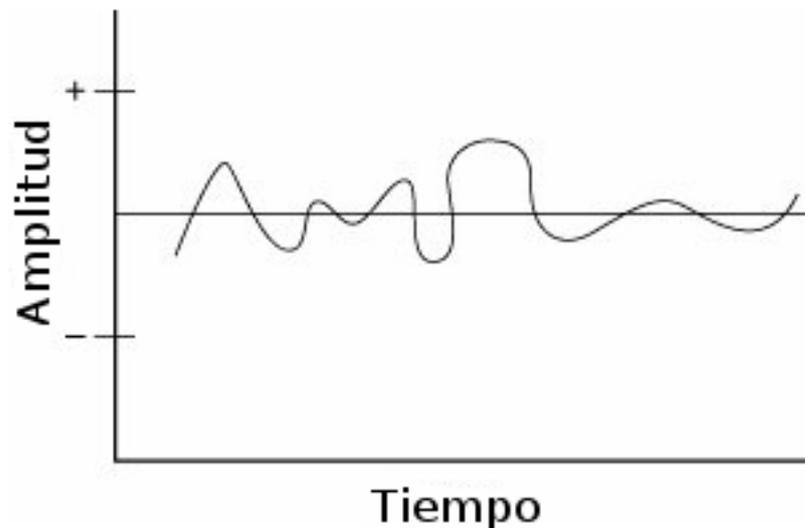


FIGURA 6.3. Forma de una onda analógica

En el pasado en donde los conmutadores eran personas, un amplificador podía ser requerido para aumentar la transmisión analógica (la voz), Las señales analógicas que reciben

el ruido de línea pueden distorsionar la onda analógica y causar una recepción ilegible. Esto es más evidente para el oyente si muchos amplificadores eran colocados entre la casa y la oficina de conmutadores. La figura 6.4 muestra que el amplificador no limpia la señal ya que amplifica la señal de entrada, pero simplemente amplifica la señal de entrada, incluyendo la distorsión, si existía.

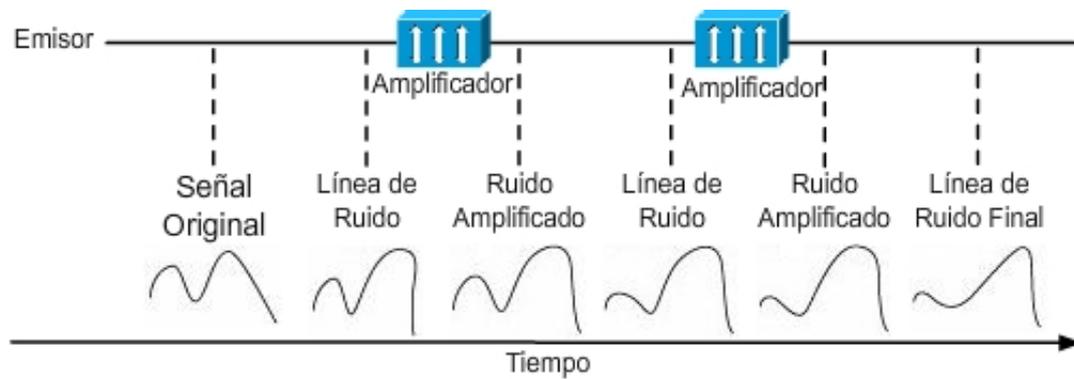


FIGURA 6.4. Distorsión de línea analógica

En las redes digitales, la línea de ruido es un problema menor, ya que no solo los repetidores amplifican la señal sino que también la limpian dejándola en su estado original. Esto es posible con la comunicación digital por que tal comunicación es basada en 1s y 0s. Como se muestra en la figura 6.5, el repetidor (amplificador digital) solo tiene que decidir si generar un 1 o un 0 (Davidson et al., 2006).

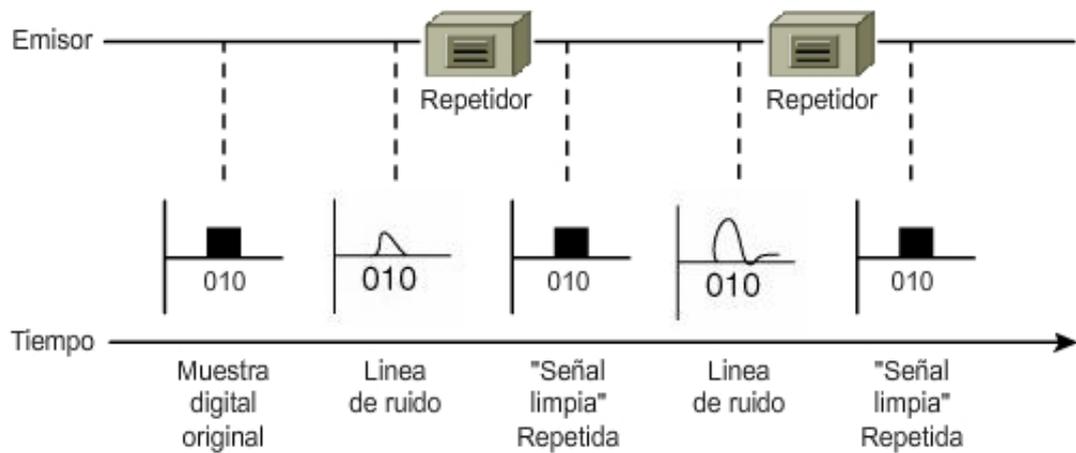


FIGURA 6.5. Distorsión de línea digital

### 6.2.3. Componentes de la red PSTN

La primicia detrás de central telefónica era extender uno o varios cables dentro de cada casa y tener centrado un conmutador de conexiones ya sea manual o automático. De hecho las casas de hoy en día pueden tener 6 o más pares de cable y el principio es el mismo: cada línea que llega a la casa forma un ciclo que pasa por la central telefónica (Wallingford, 2005a).

#### 6.2.3.1. Oficina central

La oficina central es el edificio en el cual todos los conmutadores de intercambio residen. Los conmutadores de la oficina central puede servir a los suscriptores de servicio telefónico dentro de un área geográfica estrella como por ejemplo una serie de edificios como también pueden prestar el servicio a miles de suscriptores en una área mucho más amplia. El alcance de la oficina central depende de la densidad de suscriptores en el área. Como muchos servicios electrónicos, la capacidad y la eficiencia incrementan con el tiempo, por lo tanto los conmutadores de la oficina central tienen la capacidad de incrementar los canales y los servicios de los usuarios.

En algunas partes se puede establecer en que oficina central está ubicado la línea telefónica mediante prefijo del numero de la línea (esto puede variar de acuerdo a los

proveedores del servicio y/o parámetros establecidos por el país de origen). Esta tradición está desapareciendo (una parte por la portabilidad numérica) sin embargo, los nuevos protocolos de señalización y los estándares de red han hecho la relación entre la oficina central y los prefijos numéricos.

### **6.2.3.2. Marco de distribución PSTN**

Los marcos de distribución rodean la oficina central. Son puntos conexiones de cable cruzado de alta densidad donde múltiples suscriptores establecen el ciclo con la oficina central por medio de los cables de alimentación. Normalmente, todas las conexiones del marco de distribución son en cobre los cuales son menos susceptibles a romperse y de larga duración.

Los suscriptores usualmente tienen una baja densidad de cable de cobre (2 a 25 pares) circulando alrededor de los edificios hasta el marco de distribución, como se muestra en la figura 6.6. El marco permite agregar puntos de varios suscriptores dentro de un área pequeña. Un cliente puede usar una conexión hacia la oficina central usado por otro cliente anteriormente debido a los terminales de conexión cursada ubicados dentro del marco de distribución.

### **6.2.3.3. Marcos de distribución principales**

Son cuadros de distribución que tienen algún tipo de conmutador inteligente o codificación dentro de ellos. Usualmente, este equipo ha sido ubicado en el orden de facilitar el uso de DSL (Digital Subscriber Line) para acceder a Internet por medio de la compañía de teléfono. También pueden ser usados para agregar ramales de conexiones a clientes dentro de enlaces de gran capacidad, generalmente ópticos, en vez del cableado de cobre de gran densidad usado en los marcos de distribución convencionales (Wallingford, 2005a).

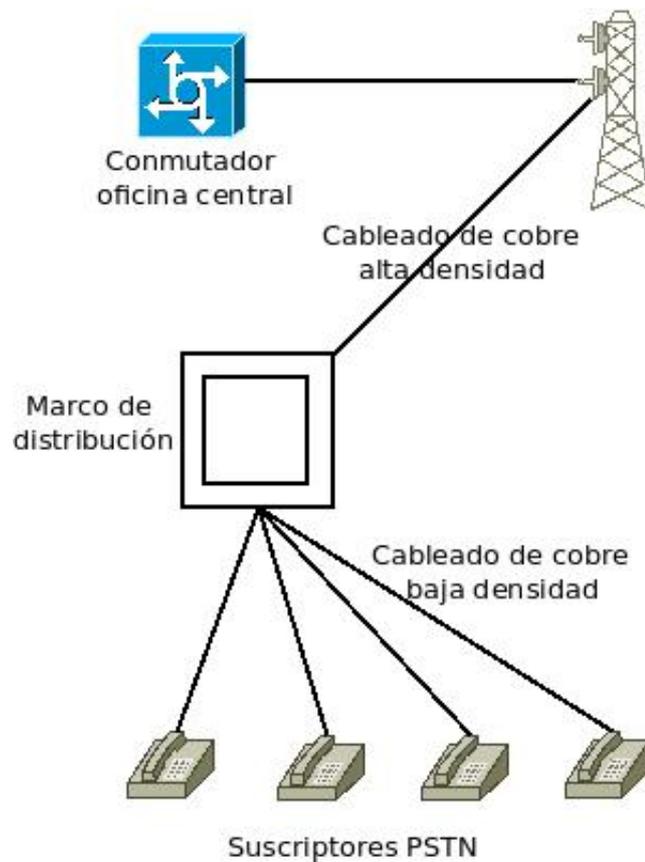


FIGURA 6.6. Componentes de la red PSTN

#### 6.2.4. Sistema de señalización 7

SS7 (Signaling system 7) es el sistema de señalización usado por la red PSTN, desarrollado a finales de la década del 70 por la ITU<sup>3</sup> (International Telecommunications Union) y derivado de SS6 (desarrollado en los 60). SS7 fue diseñado inicialmente para las aplicaciones de control de llamadas. Las aplicaciones de SS7 han tenido una enorme expansión desde que fue creado el sistema, sin embargo, las funcionalidades de las aplicaciones de SS7 hoy en día incluyen consultas de bases de datos, transacciones, operaciones de red y servicios de la red PSTN (Wallingford, 2005a).

<sup>3</sup>ITU es un organismo especializado de las naciones unidas encargado de regular las comunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras. ITU coordina el uso compartido del espectro de radio, promueve la cooperación internacional para la asignación de satélites en órbita, trabaja para mejorar la infraestructura de comunicaciones y establece estándares

SS7 provee inteligencia a la red PSTN. Es usado para ejercer una señalización fuera de banda (por que utiliza una segunda red que circula sobre la red PSTN, completamente diferente) a la red PSTN, como se muestra en la figura 6.7. La señalización por SS7 mejora la red PSTN proporcionando un intercambio de información, enrutamiento de llamadas, monitoreo, facturación y soporta servicios de red inteligente.

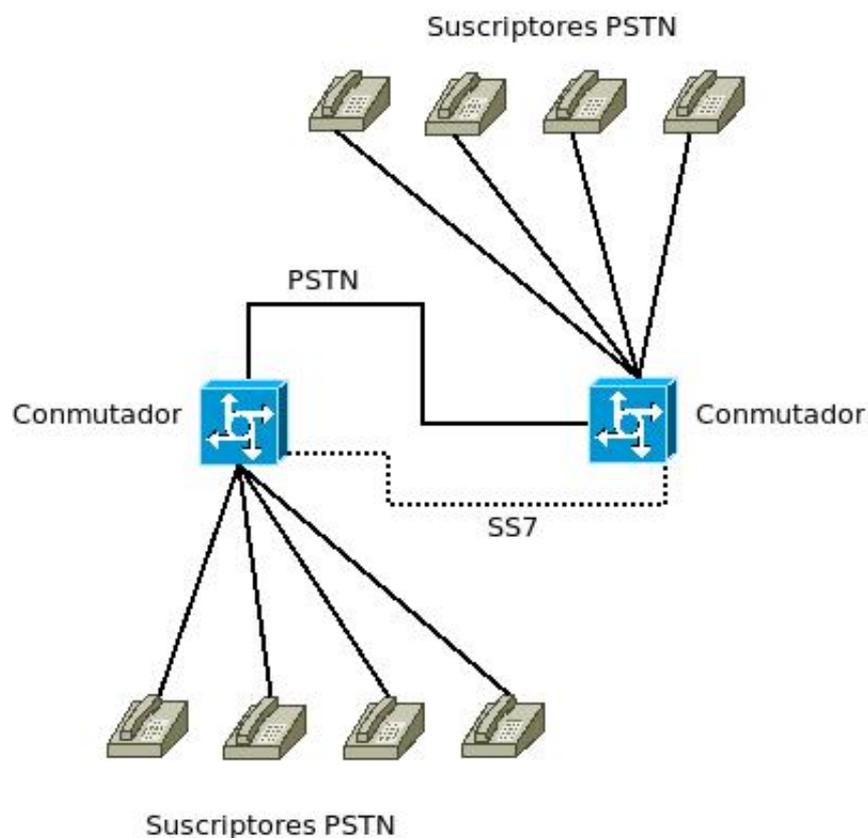


FIGURA 6.7. Sistema de señalización 7

#### 6.2.4.1. Arquitectura de la red SS7

La red SS7 es usada para intercambiar mensajes de información, manejar y emitir llamadas telefónicas como también mantener la señalización de la red. Los nodos de la red SS7 son equipados con funcionalidades y características de señalización (Kelly, 2005). SS7 es un canal común de señalización de red, toda la información de señalización es llevada

mediante un plano de señalización. Los planos de señalización y los planos de los circuitos de voz están lógicamente separados.

La red SS7 consiste en 3 elementos de señalización, como se muestra en la figura 6.8:

SSP: Services Switching Point, son conmutadores telefónicos que son asignados con capacidades de SS7. SSP proporciona una señalización de mensajes basada en circuitos hacia otros SSP con el propósito de conectar, desconectar y manejar las llamadas de voz. Los mensajes que no son basados en circuitos son usados para consultas de bases de datos cuando el número marcado no está completo para realizar la llamada.

STP: Signal Transfer Point, enruta o conmuta todos los mensajes de señalización en la red basada en la información de ruteo y código de dirección del punto de destino que tenga el mensaje. Proporciona la conectividad lógica entre los SSP sin necesidad de un enlace directo. Están configurados en pares y acoplados que proporcionan redundancia e incrementa la disponibilidad. El trabajo de los STP es enrutar los paquetes que no están basados en circuitos que se originan en los SSP (Wallingford, 2005a).

SCP: Service Control Point, enruta cada mensaje entrante hacia un enlace de señalización saliente basado en la información contenida en el mensaje SS7. Actúa como un hub de red y mejora la utilización de la red SS7 eliminando la necesidad de enlaces directos entre los puntos de señalización. También puede actuar como un cortafuegos en el intercambio de mensajes SS7 con otras redes.

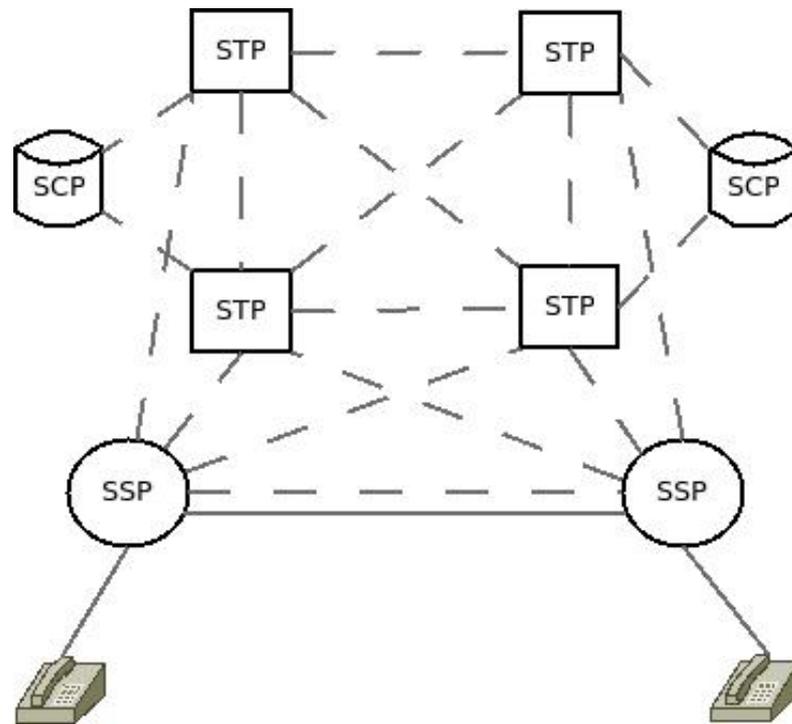


FIGURA 6.8. Arquitectura SS7

### 6.2.5. DTMF

Generalmente, cuando se utiliza un par trenzado de cobre para transportar las señales de un teléfono analógico, el usuario se conecta a la red PSTN de forma analógica o a la red ISDN mediante un canal T1.

El método de señalización más común de usuario a red en una comunicación analógica es DTMF (Dual Tone Multi Frequency). DTMF es conocido como un sistema de señalización de banda interna por que los tonos son enviados por el mismo camino que la voz (Wallingford, 2005a).

DTMF también es conocido como "marcación por tonos" mediante un teclado numérico, como se muestra en la figura 6.9. Existen 16 frecuencias que componen la señalización y están divididas en 2 grupos, bajas (697 Hz, 770 Hz, 852 Hz, 941 Hz) y altas (1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, 1633 Hz) que codifican los números del 0 al 9, asterisco, numeral y las letras: A, B, C y D, estas letras por lo general no se usan pero hacen parte del estándar.

Dual Tone Multi Frequency				
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

FIGURA 6.9. DTMF

### 6.2.5.1. ISDN

ISDN (Integrated Services Digital Network) es una red digital que ha estado disponible por más de dos décadas. ISDN prometía entregar en gran parte el mismo tipo de funcionalidad como la que Internet ha brindado, incluyendo capacidades avanzadas de voz, video y transferencias de información. Desafortunadamente, en lugar de convertirse en un estándar y ajustarse a él, las respectivas empresas de telecomunicaciones decidieron añadir sus propios ajustes al protocolo, pensando que sus versiones eran superiores y que eventualmente dominarían en el mercado. Como resultante, se crearon dos sistemas ISDN que para conectarlos, era una tarea costosa y tediosa. Actualmente ISDN rara vez es usado para hacer más que un encaminado de llamadas básico. ISDN divide la línea en múltiples canales. Cada canal puede contener una carga útil o tráfico (Bearing, o canal B) o señalización (Data, o canal D), estos canales pueden ser reconfigurados sobre la marcha y está disponible en dos versiones principales: Basic Rate Interface o Basic Rate Access (BRI) y Primary Rate Interface (PRI) (Porter et al., 2006).

La versión BRI esta diseñada para un servicio en puntos finales tales como las estaciones de trabajo. Consiste en 2 canales tipo B de 64 Kbps controlados por un canal D de 16 Kbps para un total de 144 Kbps, por lo tanto, dos llamadas telefónicas pueden estar en progreso al mismo tiempo en un solo canal BRI.

La versión PRI es usada en las redes de grandes conexiones. Es más común esta versión de ISDN por su relación entre costo/beneficio. PRI puede tomar 2 tipos de configuraciones de acuerdo a la configuración de sus circuitos, uno de 24 canales (T1) y de 32 canales (E1).

### **6.3. VOIP**

VoIP (Voice over IP) es el medio de comunicación full dúplex<sup>4</sup> utilizado aplicaciones de voz tales como telefonía, mensajería instantánea, conferencia, videoconferencia, entre otros; sobre una red basada en el protocolo TCP/IP, en donde la mayor red TCP/IP es la Internet, lo que significa que se puede transmitir sobre una red de computadores. También incluye la digitalización y empaquetamiento de stream de voz (Jackson & Clark, 2007).

El protocolo de Internet (IP) es soportador por todas las clases de redes: corporativas, privadas, públicas, cableadas y redes inalámbricas, no necesariamente tiene que haber una conexión de Internet. Actualmente, en las empresas se implementa las redes privadas para una mejor utilización de la red.

Con la implementación de VoIP se puede acceder a la cuenta (de VoIP) mediante un teléfono analógico, IP, IP inalámbrico, softphone (basados en software para PC o celular), Smartphone, PDA, desde cualquier tipo de red (como se menciono anteriormente) y desde cualquier parte del mundo. Esto hace que la telefonía se muy flexible y/o portable, siempre y cuando se utilice los medios necesarios como adaptadores e Internet.

#### **6.3.1. Antecedentes**

Existen dos tecnologías fundamentales para la existencia de VoIP. La primera y la más usada es el teléfono y la segunda tecnología es el Internet. Aunque el teléfono y la Internet

---

<sup>4</sup>Full dúplex es un sistema de comunicación que permite a las dos partes (emisor y receptor) enviar mensajes simultáneamente en un canal bidireccional.

no fueron vitales para la existencia de VoIP, existe otra tecnología que esta cercanamente relacionada e igual de importante. En 1972 Vin Cerf fue el hombre que invento el protocolo de control de transmisión TCP/IP, el protocolo que define técnicamente la forma en que los paquetes de datos viajan en una red.

VoIP empezó en Febrero de 1995 con una pequeña compañía en Israel llamada Vocaltec, Inc. Su producto "Internet Phone" permitía a un usuario llamar a otro usuario mediante su computador, un micrófono y un juego de parlantes. Además, esta aplicación o producto solo trabajaba si los dos participantes tenían el mismo software instalado. En 1998 algunos empresarios empezaron a comercializar soluciones de VoIP de PC a teléfono y de teléfono a teléfono, donde las llamadas eran comercializadas de forma gratuita (con publicidad) así estuvieran en países distintos.

Otro desarrollo en 1998 fue la incursión del hardware dentro del mercado. Habían 3 empresas comercializadoras de switches que introdujeron software de VoIP dentro de los switches y lo estandarizaron en sus equipos. Al terminar el año 1998 las llamadas por VoIP alcanzaron el 1%, en el 2002 las llamadas de VoIP alcanzaron un 3% y en el 2003 las llamadas de VoIP tenían una cuota del 25% de todas las llamadas en Estados Unidos (Hallock, 2004a).

### **6.3.2. Componentes de una red VoIP**

La siguiente es una descripción de los componentes básicos:

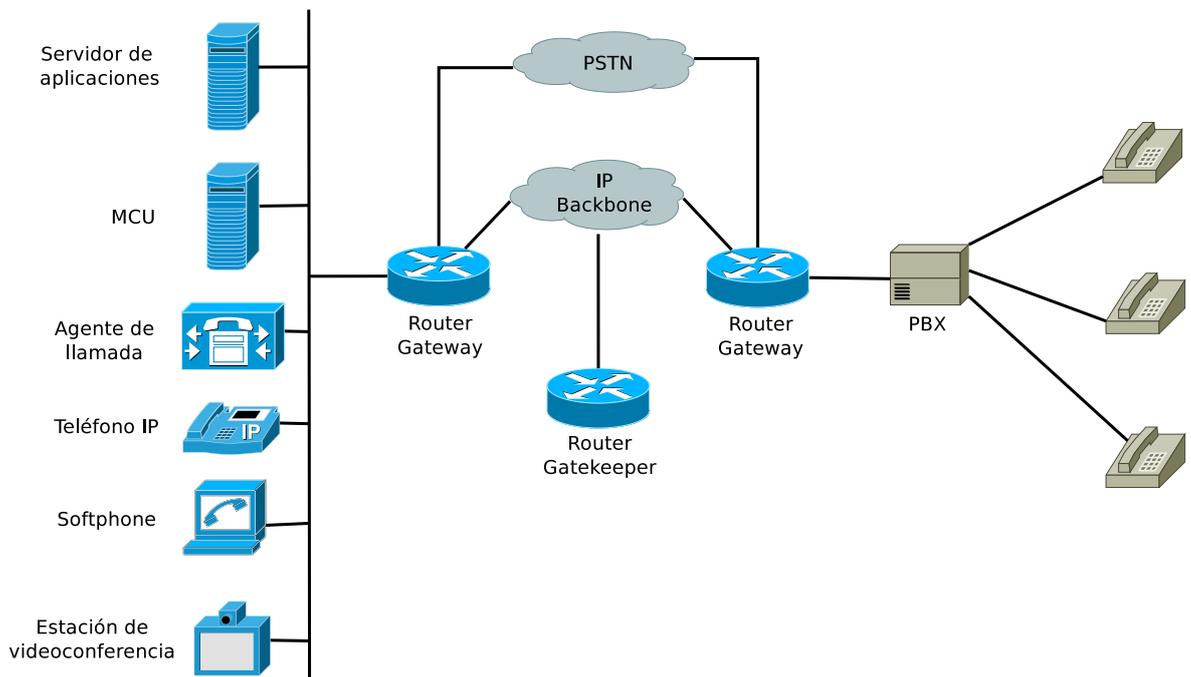


FIGURA 6.10. Componentes VoIP

**Teléfonos IP:** Proporcionan acceso al protocolo IP en los puntos finales de la comunicación de voz.

**Gatekeeper:** Provee de control de admisión de llamada (CAC), control y administración del ancho de banda y traducción de direcciones de red (NAT).

**Gateway:** El Gateway permite el flujo de información entre redes basadas en VoIP y no basadas en VoIP como PSTN. También proporcionan acceso físico a dispositivos de voz analógicos y digitales como teléfonos, fax y PBX<sup>5</sup>.

**MCU:** Multipoint Control Unit, permite la conectividad en tiempo real para diversos participantes y diferentes ubicaciones para atender una videoconferencia o conferencia.

<sup>5</sup>PBX: (Private Branch eXchange), es una central telefónica establecida en una compañía para realizar las conexiones y la administración de la telefonía en la organización.

Agente de llamada: Permite el control de las llamadas en los teléfonos IP, CAC, control y administración del ancho de banda y NAT. A diferencia de un gatekeeper, este trabaja en un router, mientras que el agente de llamada trabaja sobre un servidor.

Servidor de aplicaciones: provee servicios tales como correo de voz, mensajería unificada, PBX, entre otros.

Estación de videoconferencia: Permite el acceso al usuario final para la participación de una videoconferencia. La estación de videoconferencia esta compuesta de un dispositivo que captura el video una entrada de micrófono y un parlante (Wallace, 2008).

### **6.3.3. Funciones VoIP**

VoIP es una transmisión donde se intercambia mensajes de voz a través de una red de datos. El sonido es codificado digitalmente y enviado como un flujo de audio. El acceso al ancho de banda creó un mercado de demanda para VoIP y los servicios empezaron a ser ofrecidos a los clientes a través de adaptadores de VoIP para teléfonos. VoIP tiene 4 funciones principales: señalización, servicios de bases de datos, control bearer y operaciones de codificación.

#### **6.3.3.1. Señalización**

La señalización es la capacidad de generar e intercambiar información de control que será usada para establecer, supervisar y liberar conexiones entre dos puntos finales. La señalización de voz requiere la capacidad de proporcionar supervisión, direccionamiento y notificaciones entre los nodos. La red PSTN usa el sistema de señalización 7 (SS7) para transportar mensajes de control. SS7 usa señalización fuera de banda, el cual, en este caso el intercambio de información de control se realiza en un canal dedicado y separado.

VoIP presenta muchas opciones de señalización, incluida el H.323, Session Initiation Protocol (SIP), H.248, y Media gateway Control Protocol (MGCP). Algunos gateways de VoIP también son capaces de realizar señalización SS7 directamente a la red PSTN. Los protocolos de señalización están clasificados ya sea como clientes P2P (peer-to-peer) o cliente/servidor.

Los protocolos SIP y H.323 son ejemplos de señalización donde los dispositivos finales o gateways contienen "inteligencia" para inicializar y terminar llamadas e interpretar llamadas de control de mensaje. Los protocolos H.248, SCCP y MGCP son ejemplos de cliente/servidor donde los puntos finales o gateways no contienen control de inteligencia pero envían y reciben notificaciones del servidor que actúa como un agente de llamadas. Por ejemplo, cuando un gateway detecta un teléfono que está descolgado, no proporciona tono de marcado automáticamente, el gateway envía una notificación de evento al agente de llamadas, diciéndole al agente que él se ha detectado un teléfono descolgado, el agente de llamada notifica al gateway para proveer de tono de marcado.

#### **6.3.3.2. Servicios de bases de datos**

Acceder a servicios tales como números de llamadas gratuitos o identificación de llamadas, requiere la capacidad de realizar consultas a una base de datos para determinar si la llamada se puede realizar o si la información está disponible. Los servicios de bases de datos permiten el acceso a información de facturación, identificación de llamadas, realizar llamadas a números gratuitos o de emergencia, servicios de tarjetas de llamadas, entre otros.

#### **6.3.3.3. Control Bearer**

Los canales bearer son los que transportan las llamadas de voz. Una supervisión adecuada de esos canales requiere que la apropiada señalización de la conexión y desconexión de la llamada sea pasada entre los dispositivos. Una correcta señalización asegura que el canal sea asignado en la llamada actual y desasignado cuando termine la llamada. Los mensajes de conexión y desconexión son enviados por el sistema de señalización SS7 en la red PSTN mientras que los mensajes de conexión y desconexión en VoIP son enviados por los protocolos SIP, H.323, H.248 o MGCP dentro de una red IP.

#### **6.3.3.4. Operaciones de codificación**

Los codecs proveen la codificación y decodificación entre las instalaciones analógicas y digitales. Cada tipo de codec define el método de codificación de voz y el mecanismo de compresión que es usado para convertir streams de voz. La red PSTN utiliza TDM (Time

Division Multiplexing) para llevar cada llamada de voz. Cada canal de voz reserva 64 Kbps de ancho de banda y utiliza el codec G.711 para convertir la voz analógica un stream de voz digitalizado de 64 Kbps. En VoIP, los codec pueden comprimir la voz mas allá de los 64 Kbps para un mejor uso de los recursos de red. El codec más ampliamente usado en los ambientes WAN es G.729, el cual comprime la voz a un stream de 8 Kbps (Porter et al., 2006).

#### **6.3.4. Protocolos de señalización**

VoIP utiliza varios protocolos de control y señalización, entre los que se encuentran:

##### **6.3.4.1. H.323**

H.323 es un estándar que especifica los componentes, protocolos y procedimientos para proveer servicios de comunicación multimedia<sup>6</sup> en tiempo real por medio de paquetes de información sobre redes IP. Diseñado por la ITU, hace parte de la familia H.32x y fue aprobado en Febrero de 1996.

Los protocolos especificados en H.323 incluyen los siguientes, como se muestra en la figura 6.11:

---

<sup>6</sup>Termino que se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales) y representar o comunicar información, de allí la expresión multi-medios, los medios pueden ser texto, imágenes, sonido o video.

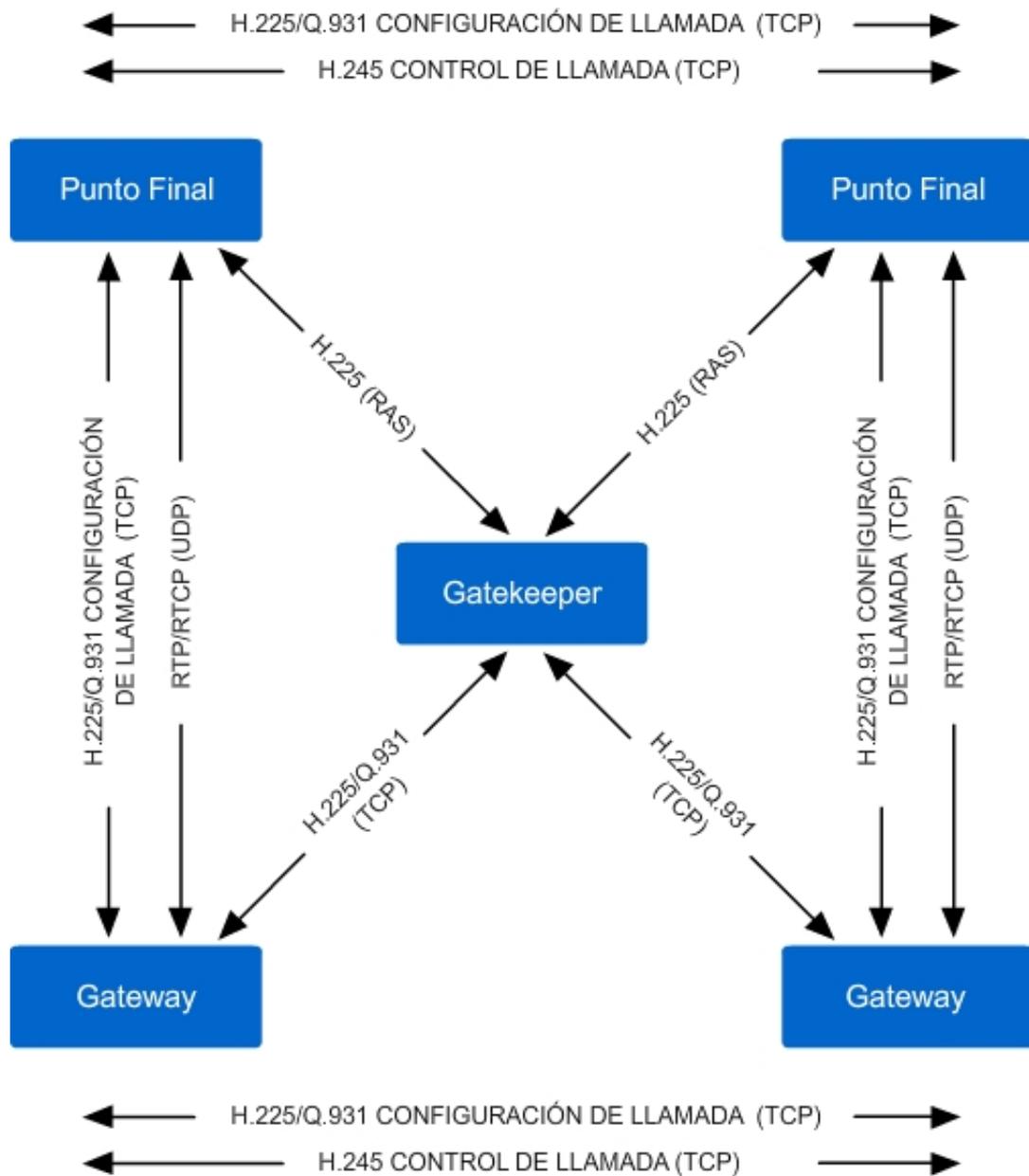


FIGURA 6.11. Canales H.323

- H.225, señalización de llamada (Q.931): Este protocolo es usado para establecer conexión entre dos puntos finales H.323 o entre un punto final y un gatekeeper. Esto es logrado gracias al intercambio de mensajes en el canal de señalización

definido por la dirección de origen y destino, información del puerto H.245 y el código del país.

- H.225, Registro, admisión y estado (RAS): es usado entre puntos finales (terminales y gateways) y gatekeepers, utilizado para realizar el registro, control de admisión, cambios en el ancho de banda, verificar el estado y terminar procedimientos entre puntos finales y gatekeepers.
- H.245, control de señalización: H.245 es usado para intercambiar mensajes de control, estos mensajes de control llevan información relacionada a: capacidad de intercambio, canales lógicos abiertos y cerrados usados para transmitir streams, mensajes de control de flujo, indicaciones y comandos generales (Porter et al., 2006).

H.323 es considerado como un protocolo P2P. La configuración del gateway es relativamente compleja, por que se necesita definir el plan de discado<sup>7</sup> y las rutas<sup>8</sup> en el gateway.

Las especificaciones del protocolo H.323 definen 4 entidades H.323 como unidades de una red completa H.323 como se muestra en la figura 6.12. Estos componentes incluyen puntos finales o terminales, gateways, gatekeepers y MCU's.

---

<sup>7</sup>El plan de discado es un software o configuraciones residente en algunos gateways y/o IP PBX que determina el manejo que debe darse a las llamadas entrantes o salientes.

<sup>8</sup>Las rutas de red son caminos especificados por la configuración o dispositivos de red utilizadas para enviar los paquetes de datos o información.

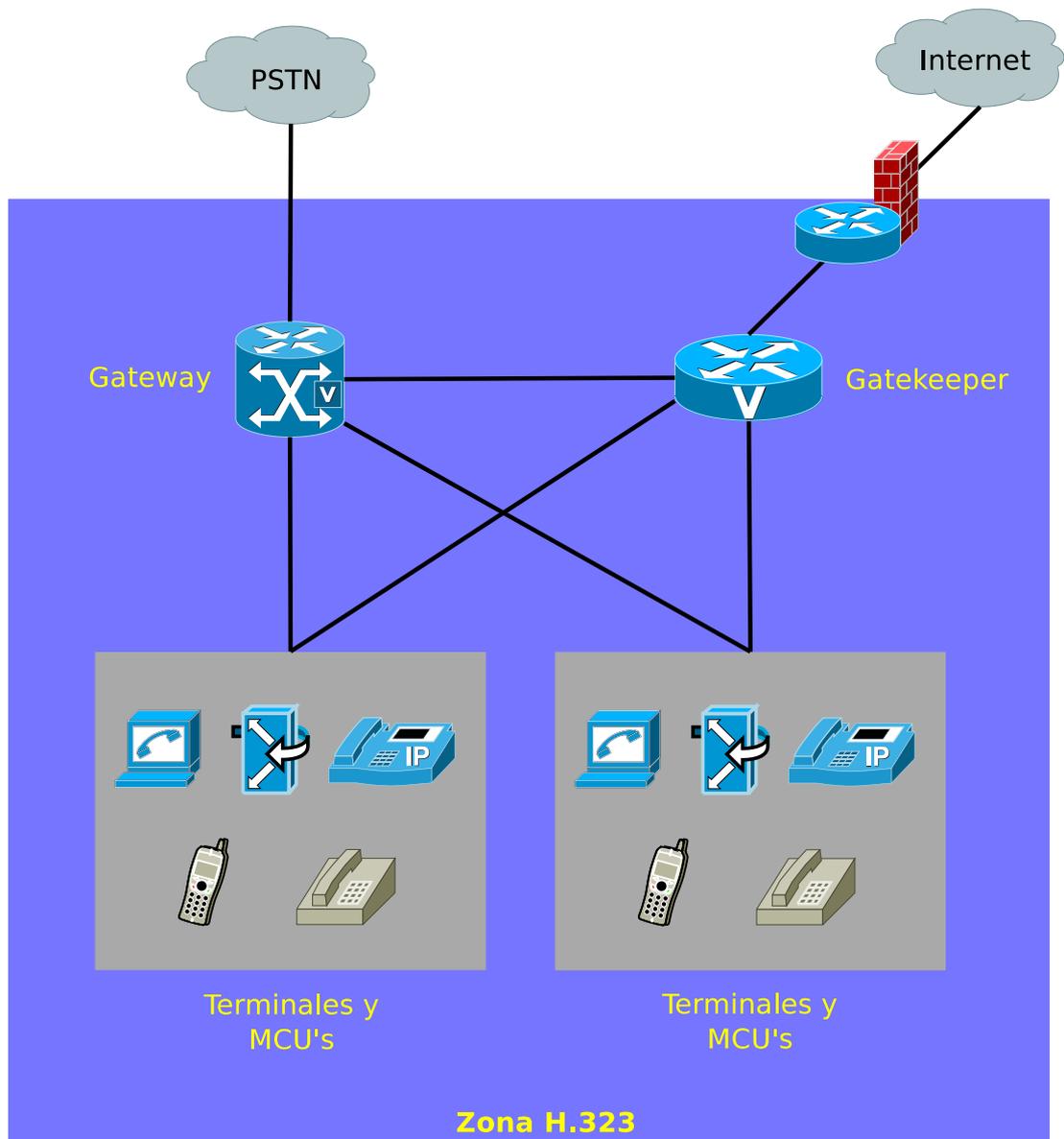


FIGURA 6.12. Arquitectura H.323

Los puntos finales son dispositivos con los que el usuario final interactúa (como teléfonos, softphones, IVR's<sup>9</sup>, correo de voz, videocámaras). Un punto final provee transmisión de video y/o multimedia en tiempo real.

<sup>9</sup>IVR: (Interactive Voice Response) consiste en una aplicación de un sistema telefónico que es capaz de interactuar con el usuario a través de grabaciones de voz y el teclado numérico.

Los gateways manejan la señalización y el transporte de información de las aplicaciones multimedia. también sirven como interfaz a otros tipos de redes como ISDN, PSTN u otros sistemas H.323. Se puede pensar que un gateway es un "traductor" de funciones, por ejemplo un gateway H.323 puede realizar la conversión de una conversación H.323 a SIP o de H.323 a ISUP<sup>10</sup>. Un gateway proporciona interfaz entre los paquetes de una red de datos (como VoIP) y una red de circuitos conmutados (como PSTN). Si el gatekeeper existe, los gateways de VOIP se registran en el gatekeeper y el gatekeeper encuentra el mejor gateway para una sesión particular.

Los gatekeepers los cuales son opcionales, manejan la resolución de direcciones y admisión hacia las redes H.323. La función más importante es la de traducción de direcciones entre direcciones IP simbólicas (detrás de un alias) y direcciones IP. Por ejemplo, con la presencia de un gatekeeper, es posible llamar a "Raul" en cambio de 192.168.0.25. Los gatekeepers también pueden manejar el acceso a los servicios, los recursos de red y proporcionar servicios adicionales a los puntos finales. También monitorean el uso del servicio limitador por el ancho de banda administrado. Un gatekeeper no requiere un sistema H.323. Las funcionalidades de gateway y gatekeeper se encuentran frecuentemente dentro de un solo dispositivo.

Los MCU's soportan múltiples conferencias dentro de tres o más puntos finales. El estándar H.323 permite gran variedad de escenarios sobre redes ad hoc<sup>11</sup> para conferencia ya sean centralizados o descentralizados.

Los servidores BES (Back End Servers) ejecutan una función suplementaria muy importante dentro de un ambiente H.323. BES puede proporcionar servicios para de autenticación de usuarios, auto-registración, manejo de cuenta, facturación y consumo entre otros. En una simple red, el gatekeeper o gateway proveen estos servicios (Porter et al., 2006).

---

<sup>10</sup>ISUP: (ISDN User Part) hace parte del sistema de señalización SS7 el cual es usado para configurar, manejar y gestionar llamadas de voz y datos sobre una red PSTN.

<sup>11</sup>Las redes ad hoc son redes inalámbricas descentralizadas donde no dependen de una infraestructura presente como routers, cables o puntos de acceso. En cambio, cada nodo participa reenviando datos hacia otros nodos.

#### **6.3.4.2. MGCP**

Es un protocolo definido en el RFC 2705<sup>12</sup> que provee el método de control para los gateways de las redes PSTN y VoIP que están conectados a un dispositivo de control de llamadas externo, como un agente de llamadas. MGCP proporciona capacidades de señalización para dispositivos que no tienen implementado un protocolo de señalización de voz completo (como H.323). Por ejemplo un evento en cualquier momento así como un teléfono descolgado ocurre en un puerto de voz del gateway, el puerto de voz reporta el evento hacia el agente de llamada, el agente de llamada señala el puerto de llamada para proveer el tono de marcado.

MGCP es un protocolo de control de llamada cliente/servidor construido en una arquitectura de control centralizada y proporciona una solución de telefonía IP escalable. Toda la información del plan de discado reside en agentes de llamadas separados. El agente de llamada, el cual controla los puertos en el gateway y realiza el control de llamadas. Un gateway MGCP realiza la transmisión de datos entre redes PSTN y VoIP para las llamadas externas. MGCP es implementado como el uso de una serie de comandos basados en texto plano y enviados mediante el puerto UDP (User Datagram Protocol) 2427 (Wallingford, 2005a).

#### **6.3.4.3. SIP**

Es un protocolo desarrollado por la Internet Engineering Task Force<sup>13</sup>, definido en el RFC 3261<sup>14</sup>, publicado en Marzo de 1999 como alternativa a H.323. SIP es un estándar común basado en la lógica de WWW<sup>15</sup>, y es ampliamente usado con gateways y servidores proxy, proporcionando servicio a redes de IP para la señalización interna de usuarios finales. SIP es un protocolo P2P donde los agentes de usuario inicializan sesiones, similar

---

<sup>12</sup><http://www.ietf.org/rfc/rfc2705.txt>

<sup>13</sup>La IETF es una gran comunidad internacional de desarrolladores de redes, operadores, vendedores e investigadores interesados con la arquitectura de Internet que desarrollan y promueven los estándares en Internet.

<sup>14</sup><http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>

<sup>15</sup>World Wide Web: comúnmente conocida como "la web", es un sistema de distribución de información basado en hipertexto y accedido vía Internet. Con un navegador web se pueden ver las páginas web que pueden contener texto, imágenes, videos y otros tipos de multimedia.

a H.323. SIP utiliza mensajes basados en ASCII para comunicarse por lo tanto es fácil de implementar y de solucionar problemas que se presenten (Dwivedi, 2009).

SIP fue diseñado para inicializar sesiones interactivas en una red IP. Programas que proporcionan comunicaciones en tiempo real entre participantes pueden utilizar SIP para configurar, modificar y terminar una conexión entre dos o más computadores, permitiéndoles interactuar e intercambiar información. Otros programas donde se implementa SIP se son: mensajería instantánea, videoconferencia, realidad virtual, juegos multijugador y otras aplicaciones multimedia (o media). SIP no provee todas las funciones que permiten que esos programas se comuniquen, pero es un componente importante que facilita la comunicación entre dos o más puntos finales.

SIP es un tipo de protocolo de señalización el cual es el responsable de enviar comandos para empezar y parar transmisiones y otras operaciones usadas por un programa. Los comandos enviados entre los clientes y el servidor son códigos que hacen operaciones como abrir conexiones, realizar llamadas telefónicas sobre Internet o desconectarse cuando sea necesario. SIP soporta funciones adicionales tales como llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencia por medio del envío de las señales para habilitar o deshabilitar esas funciones. SIP trabaja con un número de componentes y puede ejecutarse en diferentes protocolos de transporte para transferir datos entre los participantes.

SIP no es capaz de funcionar en una red sin el uso de varios dispositivos y protocolos que forma parte de la arquitectura del protocolo SIP (figura 6.13):

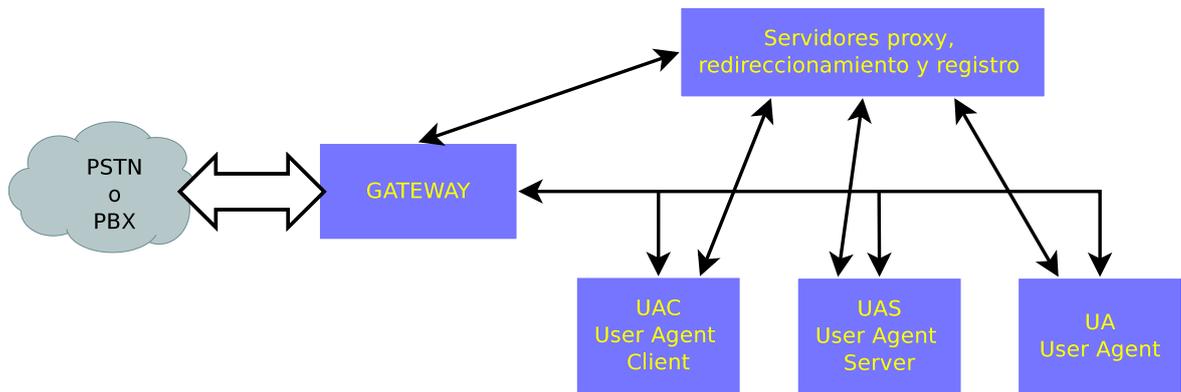


FIGURA 6.13. Componentes SIP

Agentes de usuario (UA): los agentes de usuario son los computadores o dispositivos que son usados para hacer llamadas. Existen dos clases de agentes de usuario: el cliente y el servidor. Cuando un agente de usuario realiza una petición (como inicializar una sesión), la realiza el agente de usuario cliente (UAC) y el agente de usuario que responde a la petición es el agente de usuario servidor (UAS), intercambian mensajes entre ellos durante toda la sesión.

Los agentes de usuario deben existir para que una sesión SIP sea establecida, sin ellos, sería como intentar hacer una llamada sin tener otra persona a quien llamar. Un UA realiza la invitación a otro agente dentro de una sesión y SIP puede ser usado para manejar y terminar las sesiones. En este tiempo el UAC utiliza SIP para enviar las peticiones a un UAS, el cual conoce la petición y realizara la debida respuesta. Un UA puede ser una aplicación de software instalado en un computador, PDA, teléfono IP o gateway que conecta a la red PSTN.

Servidor SIP: el servidor SIP es usado para relacionar direcciones IP y nombres de usuario, para que las peticiones enviadas desde un agente de usuario a otro puedan ser direccionadas de manera adecuada. Un agente de usuario se registra en el servidor SIP, proporcionando el nombre de usuario y la dirección IP, de esta manera se establece la ubicación actuar en la red. Esto también verifica que los agentes de usuario están en línea,

para que otro agente de usuario pueda ver si está disponible y enviar la invitación para comenzar una sesión.

Para mejorar las tareas de cliente y servidor, el servidor SIP también actúa como servidor de registro, servidor proxy y servidor de redireccionamiento.

**Servidor de registro:** son utilizados para registrar la localización de un agente de usuario que ha iniciado sesión en la red. Obtiene la dirección IP del usuario asociado con su nombre de usuario en el sistema. Esto crea un directorio de todos los agentes de usuario que están conectados y donde están localizados.

**Servidor proxy:** los servidores proxy son usados para reenviar las peticiones en nombre de otros dispositivos. Si un servidor SIP recibe una petición de un cliente, puede enviar la petición a otro servidor SIP de la red. Mientras funciona como un servidor proxy, el servidor SIP puede proporcionar funciones como control de acceso, seguridad autenticación y autorización.

**Servidor de redireccionamiento:** los servidores de redireccionamiento son usados por SIP para redireccionar clientes hacia un agente de usuario que están intentando contactar. Si un agente de usuario realiza una petición, el servidor de redireccionamiento puede responder con la dirección IP del agente de usuario al que se contactara (Wallingford, 2005a).

#### **6.3.4.4. IAX**

Inter Asterisk eXchange, es un protocolo de canalización definido en el RFC 5456<sup>16</sup> y usado principalmente para conectar dos servidores Asterisk o un cliente IAX en un servidor Asterisk desarrollado por el desarrollador líder de Asterisk Mark Spencer<sup>17</sup>. Fue diseñado con dos propósitos principales: uso mínimo de ancho de banda y transparencia con NAT. En 1999 cuando IAX fue creado, SIP y MGCP estaban desarrollados recientemente y H.323 era el protocolo de VoIP más popular. La mayoría eran protocolos privados por lo que Mark

<sup>16</sup><http://www.ietf.org/rfc/rfc5456.txt>

<sup>17</sup>Mark Spencer es un Ingeniero de computación y es el autor original del cliente de mensajería instantánea Gaim (renombrado como Pidgin) y el creador de Asterisk, una IP PBX de código abierto basada en Linux. También es el fundador de Digium, una compañía proveedora de dispositivos de comunicaciones para el desarrollo y soporte de Asterisk.

Spencer busco la forma de crear un medio de transferencia de voz, datos y otros flujos de datos multimedia incluyendo video (Abbasi, Sedigh, & Lambadaris, 2005).

IAX es mucho más simple otros protocolos de VoIP como el H.323, IAX usa el puerto UDP (4569) entre puntos finales y servidores. Esta característica hace a IAX más atractivo para el Firewall<sup>18</sup>, el cual frecuentemente pide abrir varios puertos por encima de 1024 para comunicaciones de VoIP. Con funciones similares a SIP, IAX es un protocolo de señalización P2P, esto significa que es mantenido por dos o más puntos finales. La mayoría de los protocolos IETF usan dos medios separados de control para una llamada (uno para el manejar la gestión de configuración y desmontaje y otro para manejar el trafico de voz). IAX multiplexa<sup>19</sup> los dos a través de un flujo de datos único UDP (como se muestra en la figura 6.14), debido a que los dos van dentro de un mismo flujo de información, IAX evita los problemas en el protocolo NAT que afectan a los protocolos similares (como SIP); en comparación con los protocolos H.323 y SIP para señalización y RTP/RTCP para transferir los flujos de información multimedia. Este uso de múltiples puertos y protocolos en VoIP frecuentemente hace que la red sea más confusa para averiguar dónde se encuentra la línea de control entre los puntos finales (Jackson & Clark, 2007).

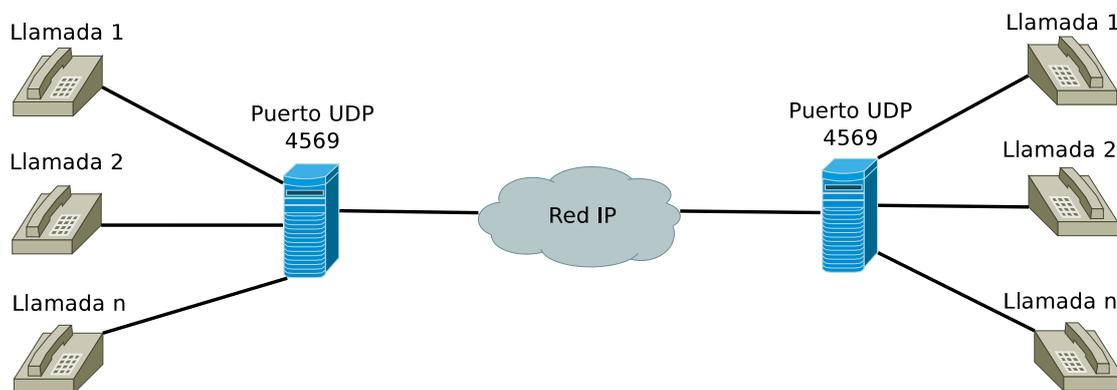


FIGURA 6.14. IAX sobre UDP

<sup>18</sup>Firewall es un dispositivo (o software) que hace parte de una red de datos de computadores y diseñado para bloquear o permitir el acceso de paquetes de datos.

<sup>19</sup>La multiplexación es un proceso donde múltiples mensajes de señales analógicas o flujos digitales de información son combinados dentro de una señal a través de un medio compartido.

Con respecto a la seguridad, IAX utiliza un protocolo binario y ofrece un grado mayor de protección contra ataques de desbordamiento de búfer<sup>20</sup> en comparación con SIP que utiliza ASCII. IAX también ofrece autenticación de llave pública RSA<sup>21</sup> y confidencialidad de llamada a través de AES<sup>22</sup> (Dwivedi, 2009).

### **6.3.5. Protocolos de streaming**

Los protocolos de señalización no trabajan solos, no proporcionan funcionalidades requeridas para el envío de datos o multimedia de varios servicios que son encontrados en los programas de comunicaciones a través de la red. Trabajan con otros protocolos para el transporte de datos, control de flujo de medios, reproducción de medios, entre otros (Meggelen, Madsen, & Smith, 2007).

#### **6.3.5.1. RTP**

Real-Time Transport Protocol, es un protocolo de la capa de aplicación definido en el RFC 1889<sup>23</sup> que permite el servicio de entrega de datos con características de tiempo real como audio y video interactivo de final a final. Estos servicios incluyen una identificación de carga útil, numeración de secuencia, timestamping<sup>24</sup> y seguimiento de entrega. Las aplicaciones corren normalmente RTP sobre UDP para hacer uso de su multiplexación y servicios de suma de verificación. RTP soporta transferencia de datos hacia múltiples

---

<sup>20</sup>El desbordamiento del búfer es una anomalía donde un programa, mientras escribe una cantidad de datos en un búfer (región de memoria usada temporalmente para almacenar datos) que no es lo suficientemente grande para contener dicha información, sobrescribiendo otras zonas de memoria que produce una excepción del sistema de acceso a memoria y seguidamente la terminación del programa.

<sup>21</sup>RSA: (Rivest, Shamir, Adleman), es un algoritmo de criptografía llave pública (utiliza dos llaves para el envío de mensajes, una pública envidada a cualquier persona y otra privada que hace parte del propietario). Ha sobrevivido a todos los intentos para romperlo por más de un cuarto de siglo y se le considera muy robusto. Su mayor desventaja es que requiere claves de por lo menos 1024 bits para una buena seguridad, lo cual lo hace muy lento.

<sup>22</sup>AES: (Advanced Encryption Standar), es un estandar de cifrado de llave simétrica (algoritmos que utilizan la misma llave para encriptar y desencriptar) adoptado por el gobierno de Estados Unidos.

<sup>23</sup><http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>

<sup>24</sup>El timestamp permite al receptor reproducir las muestras recibidas cuando varios flujos de datos estén presentes.

destinos usando distribución multicast<sup>25</sup> si es proporcionado por la red subyacente (Liu, 2000).

La posición del RTP en la pila de protocolos es algo extraña, opera de la siguiente manera: Las aplicaciones multimedia consisten en múltiples flujos de audio, video, texto, entre otros. Estos se colocan en la biblioteca RTP, la cual están en el espacio de usuario junto con la aplicación. Esta biblioteca multiplexa los flujos y los codifica en los paquetes RTP, que después se colocan en un socket<sup>26</sup>. En el otro extremo del socket, los paquetes UDP se generan e incrustan en paquetes IP. Si la computadora está en una red Ethernet, los paquetes IP se colocan a continuación en las tramas Ethernet para su transmisión. En la figura 6.15 se muestra la pila de protocolos para esta situación y en la figura 6.16 se muestra el anidamiento de los paquetes (Tanenbaum, 2003).

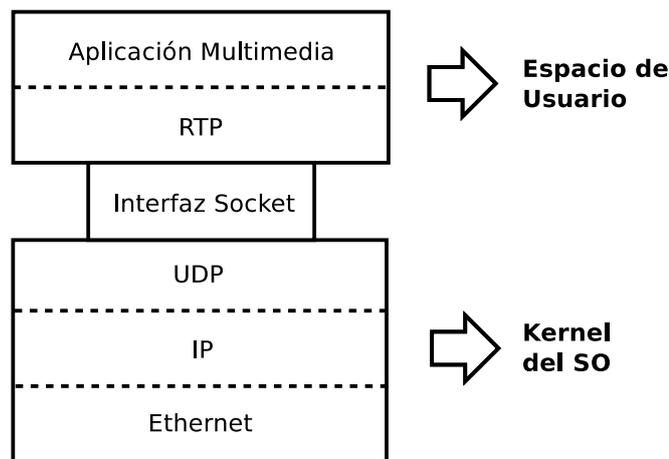


FIGURA 6.15. Pila de protocolos RTP

<sup>25</sup>Multicast es la entrega de mensajes de información a un grupo de computadores destinatarios simultáneamente en una transmisión única de la fuente creando copias cuando los enlaces se dividen en los destinos.

<sup>26</sup>Un socket es un enlace bidireccional que permite intercambiar cualquier flujo de datos de manera fiable y ordenada entre aplicaciones de software en una red.

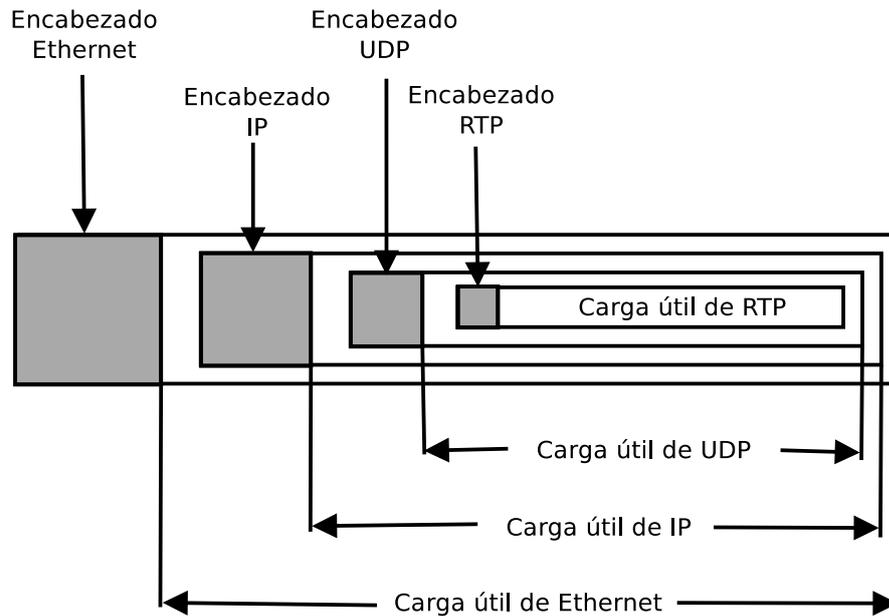


FIGURA 6.16. Anidamiento de paquetes RTP

### 6.3.5.2. RTCP

RTP Control Protocol, es el protocolo de control diseñado para trabajar en conjunción con RTP. En una sesión RTP, los participantes envían periódicamente paquetes RTCP para llevar la retroalimentación sobre la calidad de los datos de distribución, está relacionado con el flujo y funciones de control de congestión de otros protocolos de transporte. La retroalimentación puede ser de utilidad directa para el control de la codificación. Está basado en la transmisión periódica de paquetes de control hacia todos los participantes de la sesión, utilizando el mismo mecanismo de distribución que los paquetes de datos. El protocolo subyacente (RTP) debe proporcionar la multiplicación de datos y el control de los paquetes. El RFC 1889 (protocolo RTP) define 5 tipos de paquetes que transmiten el control de información, estos son:

- RR: reporte del receptor. Los reportes y estadísticas del receptor son generados por participantes que no son transmisores activos. Estos reportes contienen la retroalimentación de calidad sobre los datos entregados, incluyendo el número más alto de paquetes recibidos, el número de paquetes perdidos, desviación de

la señal (o ruido), y timestamps para calcular el retraso de ida y vuelta entre el emisor y el receptor.

- SR: reporte del transmisor: Los reportes del transmisor son generados por los transmisores activos. Además del reporte de retroalimentación de calidad como en RR, también contienen información de sincronización, conteo de paquetes y número de bytes enviados.
- SDES: source description items. Contiene información que describen los recursos.
- BYE: Indica que la participación ha terminado.
- APP: funciones específicas de aplicación. Es un uso destinado para uso experimental (por ahora) para las futuras aplicaciones que se desarrollen.

#### **6.3.5.3. RTSP**

Real Time Streaming Protocol, establece y controla uno o varios flujos de datos de audio y video sincronizados entre el cliente y el servidor. Es un protocolo cliente/servidor de presentación multimedia que permite una entrega de flujo de medios controlada sobre una red IP. Proporciona funcionalidad de control remoto para flujos de audio y video como pausa, adelantar, devolverse o posicionamiento y reproducción en cualquier parte. La fuente de datos incluye tanto para transmisiones en vivo o la reproducción de archivos almacenados (Liu, 2000).

RTSP protocolo de nivel aplicación, diseñado para trabajar con los protocolos de niveles inferiores como RTP para proporcionar un servicio de streaming a través de una red IP. RTSP establece y controla flujos continuos de audio y video entre los servidores y clientes. Un servidor proporciona servicios de reproducción o grabación de flujos de medios mientras el cliente solicita un flujo continuo de datos.

#### **6.3.6. Codec**

Los codec son generalmente conocidos por ser varios modelos matemáticos usados para codificar digitalmente (y comprimir) información de audio analógica, Muchos de esos

modelos toman en cuenta la habilidad de la mente humana para formar una impresión de información incompleta. Como una ilusión óptica, los algoritmos de compresión de voz toman ventaja de la tendencia del hombre a interpretar que se cree que se debe escuchar en vez de realmente escuchar. El propósito de varios algoritmos de codificación es encontrar un equilibrio entre la eficiencia y la calidad (Meggelen et al., 2007).

Originalmente el término Codec hace referencia a CODificación/DECodificación: un recurso que realiza la conversión entre señales analógicas y digitales. Ahora, el término parece estar más relacionado a COMpresión/DECompresión.

A continuación se muestra una tabla con algunas de las características que utilizan los codec en VoIP.

Codec	Frecuencia de muestreo (Khz)	Taza de bits de datos (Kbps)	Licencia
G.711	8	64	Libre
G.726	8	16, 24, 32, 40	Libre
G.729A	8	8	Propietario
GSM	8	13	Gratis
iLBC	8	13.3, 15.2	Gratis
Speex	8, 16, 32	De 2.15 a 22.4	Libre

TABLA 6.1. Comparación entre Codec VoIP

### 6.3.6.1. G.711

Es el codec fundamental de la red PSTN. De hecho, si se hace referencia a PCM<sup>27</sup> con respecto a la red telefónica, se podría pensar que está hablando de G.711. Dos métodos de compresión y extracción son utilizados: ulaw en Norte América y alaw en el resto del mundo, la diferencia principal es que alaw ofrece más resolución a rangos de señales

<sup>27</sup>PCM: (Pulse Code Modulation), es el método utilizado para representar señales analógicas digitalmente. El proceso consta de tres pasos, el muestreo que consiste en tomar una muestra en intervalos de tiempo (generalmente uniforme), luego sigue la cuantificación que representa la amplitud de una muestra por la amplitud del nivel discreto más cercano y por último la codificación, que consiste en asignar a cada nivel de cuantificación un código binario distinto para codificar la señal. Es el un estandar de audio digital para computadores y varios formatos como Bluray, Compact Disc y DVD, así como en los sistemas de telefonía digital.

superiores mientras que alaw ofrece más niveles de cuantización en los niveles inferiores de señal. Utiliza una tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo y 8 bits para representar cada muestra, dando como resultado una tasa de bits de 64 Kbps (Goncalves, 2007).

#### **6.3.6.2. G.726**

También es conocido como Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCP) y puede correr a varias tasas de bits<sup>28</sup>. La tasa mas común es 16 Kbps, 24 Kbps y 32 Kbps. G.726 ofrece una calidad muy cercana al codec G.711, pero usa solo la mitad de ancho de banda. Esto es posible debido a que en vez de enviar el resultado de la medición de cuantificación, solo envía la información suficiente para describir la diferencia entre la muestra actual y la anterior. G.726 perdió fuerza en los 90 debido a su imposibilidad de llevar señales de faxes y módems, pero debido a su rendimiento de ancho de banda y CPU<sup>29</sup> está volviendo a tomar fuerza. G.726 es atractivo por qué no requiere un gran trabajo computacional al sistema (Vocal.com, n.d.).

#### **6.3.6.3. G.729A**

Considerando el poco ancho de banda que utiliza, G.729A entrega una calidad de sonido impresionante. Esto se realiza a través del algoritmo CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic - Code Excited Linear Prediction). Para lograr esta compresión, el codec requiere una cantidad considerable de CPU. A causa de las patentes, no se puede usar el codec G.729A sin pagar una licencia, sin embargo a pesar de esto es muy popular y soportado por muchos sistemas telefónicos. G.729A utiliza 8 Kbps de ancho de banda (Meggelen et al., 2007).

#### **6.3.6.4. GSM**

Global System for Mobile Communications, GSM es un sistema de comunicaciones celulares y posee su propio codec, el cual se conoce como Regular Pulse Excitation Long-Term Prediction (RPE-LTP) y en su tasa de bits más alta opera a 13 Kbps. El codec GSM

---

<sup>28</sup>Taza de bits es el numero de bits que van a ser transmitidos en una unidad de tiempo.

<sup>29</sup>CPU: (Central Processing Unit), es la unidad principal para el transporte y ejecución de instrucciones de un programa en un sistema computacional.

utiliza información de muestras previas para predecir la muestra actual; la señal de voz se divide en bloques de 20 milisegundos, los cuales se envían al codec para su compresión.

#### **6.3.6.5. iLBC**

Internet Low Bit Rate Codec, proporciona una atractiva mezcla de un uso bajo de ancho de banda y calidad, y es especialmente adecuado para mantener una calidad razonable en los enlaces con pérdida de una red. Soporta dos tasas de bits: una de 13 Kbps con bloques de codificación de 30 milisegundos y una tasa de bits de 15 Kbps con bloques de codificación de 20 milisegundos. iLBC utiliza el algoritmo Linear Predictive Coding (LPC). Cuando el codec opera en bloques de 20 milisegundos de longitud, produce 304 bits por bloque; de igual forma cuando opera en bloques de 30 milisegundos, produce 400 bits por bloque.

#### **6.3.6.6. Speex**

Es un codec libre licenciado bajo xiph.org<sup>30</sup> (variante de la licencia BSD<sup>31</sup>). Es un codec con una tasa de bits variable, que puede variar entre 2.15 y 22.4 Kbps, lo que significa que dinámicamente modifica su tasa de bits para responder a los cambios de las condiciones de la red. Produce una buena calidad de voz usando el algoritmo CELP (Code Excited Linear Prediction). Su rendimiento y calidad Ofrece dos versiones: una para un ancho de banda limitado y otra para un ancho de banda amplio (Vocal.com, n.d.).

#### **6.3.7. Telefonía IP**

La telefonía IP hace referencia al proceso de llamada y tecnologías de señalización que están basadas en el protocolo IP y que ofrecen servicios de comunicaciones de final a final de datos, voz y video. El punto clave es que la telefonía IP es mucho más que simplemente VoIP, por que también involucra un grupo de estándares mas grandes (que VoIP) para la entrega de servicios de voz y video.

---

<sup>30</sup>Xiph.org: organización sin fines de lucro dedicada a la producción de herramientas de dominio público para el manejo de archivos multimedia. <http://www.xiph.org/>

<sup>31</sup>La licencia BSD es una licencia de software permisiva otorgada principalmente a los sistemas Berkeley Software Distribution (BSD).

Existen varios tipos diferentes de telefonía IP. Todos los tipos de telefonía IP varían de acuerdo a tres características: el tipo de terminales o dispositivos usados, ubicación de los gateways entre la redes IP y las PSTN y el medio de transmisión. Una amplia variedad de servicios pueden ser ofrecidos por las diferentes combinaciones de estos tres parámetros.

La forma más común de clasificar la telefonía IP, combina las dos primeras: la naturaleza de los dispositivos y la ubicación física de los gateways el cual son empleados para interconectar redes IP con redes PSTN para proporcionar servicio de final a final. El gateway en el extremo de origen de una llamada puede estar lógicamente el dispositivo terminal del usuario, en el proveedor de servicio de Internet (SIP), en un proveedor de servicio de telefonía IP especializado (IPTSP) o en la oficina central de un operador de telecomunicaciones público (PTO). Así que, los tres tipos más comunes de la telefonía IP están catalogados como: de PC a PC, de PC a teléfono y de teléfono a teléfono (Brandl, Franzens, & Daskopoulos, 2004).

#### **6.3.7.1. PC a PC**

Fue la primera generación del servicio de telefonía IP, impulsado por la disponibilidad del software de bajo costo que en muchos casos podía ser descargado gratis de Internet en 1994. Los usuarios en los dos computadores finales de una llamada de PC a PC necesitaban un computador (PC) equipado con capacidades de audio, el mismo software y una conexión a Internet. Las llamadas generalmente tenían que ser preestablecidas por qué no había forma de timbrar hacia el otro usuario, si el usuario no estaba en línea en el tiempo deseado. Las llamadas de PC a PC fueron muy adecuadas para las aplicaciones de Internet como las salas de chat, dos o más participantes pueden iniciar un contacto mutuo usando texto y datos y luego cambiar a voz. No requería un gateway o PSTN porque tales llamadas no estaban conmutadas por la red PSTN y el principal medio de transmisión es casi siempre la Internet.

#### **6.3.7.2. PC a Teléfono (o Fax)**

El siguiente adelanto fue la voz de PC a teléfono o a fax, el cual llego a ser posible alrededor del año 1996. Los recién llegados al campo fueron las compañías que ya estaban

en el negocio de la venta al por menor de la telefonía de bajo costo. Para los usuarios significó una expansión inmediata de la base de otros usuarios que podían ser contactados por teléfonos, faxes y celulares alrededor del mundo. Desde el punto de vista del proveedor de servicio, las llamadas de PC a teléfono es más compleja que las llamadas de PC a PC debido a que las llamadas necesitan ser facturadas y negociar los acuerdos de ruteo, incluyendo pagos por interconexión en las ubicaciones distantes que aplican. Por esa razón, muchos proveedores de servicio restringieron el servicio en un rango de países en los cuales ofrecían el servicio.

#### **6.3.7.3. Teléfono a Teléfono (o fax a fax)**

Es el segmento más importante del mercado porque abarca la mayoría de servicios comerciales. Ha sido comercialmente disponible desde 1997 y es línea base para el desarrollo futuro de la telefonía IP. Los servicios de la telefonía de teléfono a teléfono están más aproximados a la experiencia de telefonía tradicional y puede tener una pobre o buena calidad, dependiendo del ancho de banda de la red o las redes en las que los paquetes son transmitidos. Para el usuario final el hecho de las llamadas viajen por Internet u otra red IP no es importante, siempre y cuando el precio sea bajo y la calidad aceptable. Para los IPTSP's, la motivación principal es reducir costos particularmente en las llamadas internacionales (McTaggart & Kelly, 2000).

#### **6.3.7.4. Beneficios de la telefonía IP**

Los beneficios de las aplicaciones de la telefonía IP son derivados de una serie de capacidades fundamentales de las redes de datos que proporcionan economía, flexibilidad, escalabilidad y productividad.

- **Economía:** en lugar de conectar elementos y aplicaciones de sistemas de comunicación de voz convencionales por un precio alto (muy alto), las redes de comunicaciones IP permite al cliente construir servicios de comunicación basados en IP utilizando Ethernet. Si se tiene en cuenta la inversión entre las comunicaciones IP y las tecnologías de voz tradicionales, el costo para conectar una empresa con un sistema de telefonía tradicional a una red PSTN está reflejado en los puertos,

tarjetas y circuitos. En un puerto Ethernet se pueden remplazar por lo menos 50 circuitos de voz tradicionales, tarjetas telefónicas y equipos electrónicos que se necesitan para proporcionar un servicio equivalente con la telefonía tradicional. Una de las cosas más importantes es que los costos son significativamente bajos para proveer de conexiones a otros sitios y a otras aplicaciones. La telefonía IP es más flexible por que permite el uso de ancho de banda y tecnologías de voz para realizar los sistemas de comunicación.

- **Flexibilidad:** al contrario de los elementos de interconexión y aplicaciones usadas en la telefonía tradicional que son privativos, rígidos y restrictivos, la telefonía IP permite conexiones hechas con enlace virtuales, los recursos pueden ser distribuidos en donde sean necesarios y los recursos como gateways, circuitos, aplicaciones y servidores están centralizados. La telefonía IP también es capaz de soportar requerimientos de movilidad, administración centralizada, operaciones externas, integración de escritorio y tiene ventaja de las innovaciones en la web como mensajería instantánea, video y movilidad. La telefonía IP es muy superior a la telefonía tradicional por el desarrollo e integración con redes LAN inalámbricas y aplicaciones como video vigilancia, video por demanda, streaming de video, videoconferencia, entre otras.
- **Escalabilidad:** con los negocios en constante crecimiento, la escalabilidad ofrecida por la telefonía IP mantiene a la organización conectada y provee una alternativa y disponibilidad superior. La telefonía tradicional es muy costosa y no permite una escalabilidad que abarque todas las aplicaciones como la telefonía IP.
- **Productividad:** las aplicaciones de productividad de la telefonía IP, frecuentemente pueden transformar las aplicaciones de escritorio de la compañía como el manejador de correo, dentro de un centro de comunicaciones multimedia para mensajería integrada; permitiendo tales características como marcado con el directorio telefónico de la empresa, nombre del usuario en la pantalla del teléfono,

identificador de llamadas, llamada en espera, integración con calendarios y muchos otros servicios. Los empleados tienen más control sobre los mensajes de voz y de correo dentro de un sistema centralizado y pueden reenviar los mensajes de voz a los colegas para mejorar la colaboración y la resolución de problemas de los clientes (McTaggart & Kelly, 2000).

### 6.3.7.5. IP PBX

Un PBX es un sistema telefónico de clientes locales que administra los teléfonos en la empresa y actúa como un gateway para las redes de voz externas. Un switch/router que redirecciona los paquetes entrantes hacia la red de datos adecuada. Tradicionalmente, dos redes separadas son necesarias: una para voz y otra para datos (Meggelen et al., 2007).

En vez de dos redes separadas, una de voz y otra de datos, solo es necesaria una para el empaquetamiento de voz (VoIP) y enviada a través de la red. Un IP PBX es una combinación de switch/router y PBX que administra la VoIP, como se muestra en la figura 6.17.

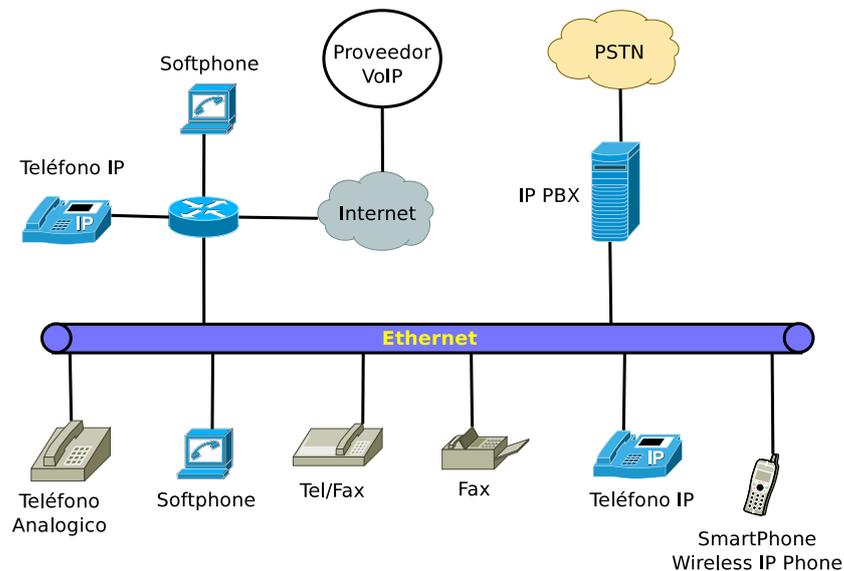


FIGURA 6.17. Arquitectura IP PBX

Esta tecnología incluye características avanzadas de comunicación sin problemas de escalabilidad y con una solidez que todas las empresas buscan. El IP PBX también permite conectar las líneas tradicionales PSTN mediante un gateway opcional. Las empresas no necesitan interrumpir su actual infraestructura y operaciones de comunicación externa, con el IP PBX, una empresa pueden inclusive mantener los números actuales de la telefonía regular. De esta manera un IP PBX cambia las llamadas locales sobre la red (de datos) telefónica de la empresa y permite a todos los usuarios compartir la misma línea de llamadas externas.

Un IP PBX consiste en uno o más teléfonos SIP<sup>32</sup>, un servidor IP PBX y un gateway VoIP (opcional) para conecta las líneas PSTN existentes. Las funciones del servidor IP PBX funciona de manera similar a un servidor proxy: Los clientes SIP ya sean softphones o teléfonos físicos (ya sean analógicos o IP) se registran dentro del servidor IP PBX y cuando los usuarios finales deseen hacer una llamada, ellos envían una petición al servidor IP PBX para establecer la conexión (Goncalves, 2007).

Algunas de las ventajas:

Mucho más fácil de instalar y configurar que un PBX analógico: un servidor IP PBX corre como un software en un computador y puede aprovechar el poder avanzado de procesamiento que puede ofrecer un computador. Cualquier persona con conocimientos de redes y computadores puede aprender y mantener un servidor IP PBX con facilidad. En comparación con los PBX analógicos donde frecuentemente se necesitan un técnico entrenado y capacitado para realizar la instalación y configuración.

Un significativo ahorro de costos: con un IP PBX se puede utilizar un proveedor de servicios de VoIP para llamadas internacionales y de larga distancia. El ahorro de costos mensual es significativo, teniendo en cuenta que se puede ahorrar hasta el 95% en algunos destinos. Si la empresa tiene sedes en varias partes (ya sea en un país o en el mundo) las llamadas entre sedes salen gratuitas.

---

<sup>32</sup>Los teléfonos SIP pueden ser de hardware o software y están asociados a una cuenta en un servidor SIP.

Más fácil de manejar con interfaz grafica (GUI): un IP PBX puede ser administrado por una interfaz grafica basada en web, permitiendo una administración y mantenimiento fácilmente.

Elimina cableado telefónico: un sistema de telefonía IP permite conectar teléfonos IP y analógicos directamente a un puerto de una red estandar de computadores. Los softphones son instalados directamente en el PC o dispositivo móvil y conectarse a la red de datos ya sea de forma alambrica o inalámbrica. Con esto se elimina el cableado tradicional de telefonía y hacen las extensiones movibles.

Escalable: La escalabilidad en los sistemas PBX analógicos no es tan fácil, al añadir mas líneas telefónicas, extensiones y/o aplicaciones, normalmente es necesario costosos módulos de hardware adicionales, en algunos casos es necesario cambiar toda la central telefónica. Esto no pasa con un IP PBX, ya que un computador estandar (arquitectura x86) puede manejar fácilmente una línea grande de extensiones y aplicaciones (Wallingford, 2005b).

Algunas utilidades y aplicaciones de un IP PBX se muestran a continuación.

Autenticación	Identificación de usuarios
Correo de voz	Grabación de llamadas
Integración con bases de datos	IVR
Integración con cuentas VoIP	Conferencia
Extensiones	Transferencia de llamadas
Registros de llamadas detallados	Desvío de llamadas
Monitorización de llamadas	Encolamiento de llamadas
Recuperación de llamadas	Encaminamiento de llamadas (DID)
Llamada en espera	Respuesta automática
Videoconferencia	Marcación por nombre
Tonos de llamadas distintivos	Llamadas de emergencia
Música en espera	Música en transferencia
Mensajería SMS	Marcación automática

TABLA 6.2. Funciones de un IP PBX

#### 6.4. IP-PBX a implementar: Asterisk

Asterisk es uno de los más populares IP PBX sobre VoIP basados en software (libre) diseñado principalmente para que corra bajo sistemas GNU/Linux. Asterisk combina más de 100 años de conocimientos telefónicos en una robusta suite de aplicaciones de telecomunicaciones integradas.

Asterisk controla las características más comunes de un PBX como correo de voz, encolamiento de llamadas, música en espera entre otros e incorpora muchas aplicaciones mas para ser configuradas. Trabaja con varios protocolos de VoIP y soporta muchas piezas de hardware<sup>33</sup> que permiten la conexión a otro tipo de redes (PSTN e ISDN). Asterisk está a la vanguardia de lo que muchos llaman "la revolución de VoIP y la telefonía" debido a

<sup>33</sup>El hardware también es libre, es decir, las especificaciones y los diagramas técnicos pueden ser adquiridos por cualquier entidad.

su bajo costo, su naturaleza de código abierto y sus bastas capacidades tanto de personalización como de aplicaciones (Jackson & Clark, 2007).

Asterisk consta de 5 componentes principales, como se muestra en la figura 6.18:

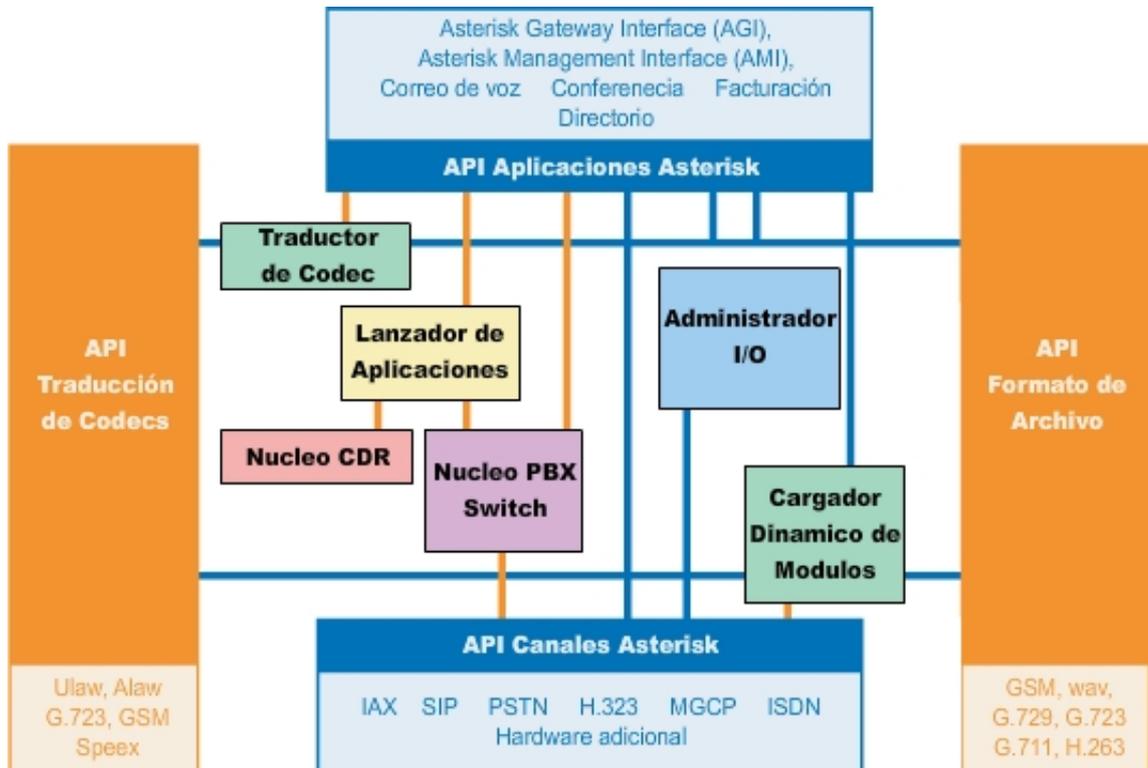


FIGURA 6.18. Arquitectura Asterisk

- **Conmutación PBX:** la esencia de es un sistema PBX, que conecta todas las llamadas entre usuarios y tareas automatizadas. El núcleo PBX conecta de manera transparente a usuarios desde diferentes tarjetas basadas en hardware e interfaces de software.
- **Canales:** equivalentes a una línea telefónica en la forma de un circuito de voz digital, consiste en una señal analógica de una línea POTS o algún protocolo de señalización.
- **Conversión de Codec:** para establecer la mayor cantidad de llamadas en una red de datos es necesario de la codificación, existen varios codecs de voz con

diferentes tasas de bits que se ajustan a las necesidades de la red y a la calidad de la voz.

- Protocolos: los protocolos de señalización son utilizados para enviar datos de un teléfono a otro, establecer las conexiones y determinar el punto de destino.
- Aplicaciones: la mayor parte de las funcionalidades de Asterisk son creadas en forma de aplicaciones como correo de voz y conferencia entre muchas más.

#### **6.4.1. Antecedentes**

Mark Spencer, el creador de Asterisk, también ha creado varias herramientas de software libre populares como Gaim (ahora Pidgin), el cliente de mensajería instantánea AOL y el administrador gráfico para el monitoreo y rastreo en red Cheops. En 1999 Mark tenía un inconveniente, él quería comprar una central PBX para su compañía donde quisiera tener correo de voz, llamadas a otras oficinas sin pagar por la llamada telefónica y que hiciera más funciones de un sistema PBX. Sin embargo al realizar la cotización se dio cuenta que todos los sistemas PBX comerciales eran demasiado costosos. Sin desanimarse, él hizo todo lo que un buen hacker<sup>34</sup> haría: desarrollar una central PBX adecuada a sus necesidades (Jackson & Clark, 2007).

El 5 de diciembre de 1999 la versión Asterisk 0.1.0 fue lanzada. Las versiones siguientes progresaban con y más aplicaciones y utilidades nuevas añadidas por desarrolladores de diferentes desarrolladores. El mayor hito de Asterisk fue el 23 de Septiembre de 2004, cuando Mark lanzó Asterisk 1.0, la primera versión IP PBX de código abierto y estable en el mercado. Con un juego de características impresionantes en esa época como un sistema completo de conferencia, correo de voz, integridad con los equipos analógicos y la capacidad de establecer conversaciones con diferentes protocolos de VoIP. Asterisk nunca ha parado de evolucionar, la versión actual<sup>35</sup> es 1.8.2.3.

---

<sup>34</sup>Hacker es una persona apasionada a la tecnología, programación de computadores, redes de datos, seguridad informática u otra ciencia de la computación, donde su pasión lo lleva a obtener grandes conocimientos y hazañas.

<sup>35</sup>27 de Enero 2011.

#### 6.4.1.1. El proyecto Zapata<sup>36</sup>

Hace 25-30 años, ATT empezó a ofrecer un API que permitía a los usuarios personalizar las funcionalidades de correo de voz y atención de llamadas en su sistema Audix. Audix corría bajo Unix y costaba demasiado dinero con funcionalidades limitadas.

En un intento de hacer las cosas más atractivas (para las compañías que no tenían un sistema PBX) algunas empresas manufactureras crearon una tarjeta que se conectaba al PC el cual corría bajo MS-DOS para contestar una línea única POTS (con un solo puerto FXO<sup>37</sup>). Eran de mala calidad (comparadas con otros sistemas completos) y costaban por encima de los USD 1000 cada una. Luego las manufactureras empezaron a mejorar sus tarjetas y venían con 4 y más puertos y con una calidad mejor que las primeras.

Jim Dixon<sup>38</sup> quien era consultor y había trabajado en el área de la telefonía desde que existía, lo "desgarro" al ver que muchos de sus clientes gastaban miles de dólares en tarjetas de comunicación, cuando a las empresas manufactureras les costaban solo cientos de dólares y además no funcionaban 100%. Decidió crear y desarrollar los drivers en sus propias tarjetas, sabía que era una idea y proyecto revolucionario, por lo que decidió bautizarlo como "Proyecto Zapata" en honor al revolucionario Mexicano Emiliano Zapata.

Una de las primeras tarjetas tenían dos T1's de datos transferidos sobre un bus entre memoria y el microprocesador y el PC, la llamo "Tormenta", escribió un driver muy completo sobre FreeBSD<sup>39</sup>, lo subió a Internet y de esta manera comenzó la telefonía Zapata. La respuesta que siempre obtenía era "Genial que trabaje sobre BSD, pero, ¿tiene driver para Linux?".

Jim Dixon nunca había visto correr Linux antes, fue a una tienda electrónica y compro una copa de Linux Red Hat 6.0 para investigar sobre el tema. La experiencia con Linux no era buena y comenzó a tener problemas en desarrollar los módulos del kernel. De

<sup>36</sup><http://www.asteriskdocs.org/modules/tinycontent/index.php?id=10>

<sup>37</sup>FXO: (Foreing eXchange Office), interfaz de señalización telefónica que recibe una línea POST.

<sup>38</sup>Jim Dixon: creador del proyecto Zapata quien también es el responsable del desarrollo de este hardware que se utiliza con Asterisk.

<sup>39</sup>FreeBSD es un sistema operativo libre basado en Unix.

todas maneras lo público en Internet esperando una respuesta de algún gurú<sup>40</sup>. En 48 horas recibió un correo de Mark Spencer ofreciéndose para realizar exactamente eso y le comento que tenía algo que sería perfecto para que trabaje en conjunto (Asterisk). De allí nació Digium, empresa que actualmente provee hardware de telefonía IP y da soporte a Asterisk.

#### **6.4.2. AGI**

El AGI (Asterisk Interface Gateway), provee de una interfaz por la cual programas externos pueden controlar el plan de discado de Asterisk. Normalmente los script<sup>41</sup> elaborados con el AGI son usados para hacer lógica avanzada, comunicar con sistemas de bases de datos (como PostgreSQL o MySQL) y acceder a recursos externos. Con esta interfaz, las posibilidades de programación son muy amplias, permitiendo el uso de diferentes lenguajes de programación como Perl, PHP, C o en cualquier otro lenguaje de programación moderno (Meggelen et al., 2007).

Los scripts del AGI se comunican con Asterisk mediante 3 librerías estándar de programación de Unix: STDIN, STDOUT y STDERR. Estas librerías son utilizadas para enviar recibir y recibir información desde y hacia programas externos. STDIN (STanDar INput), es la información que es enviada al programa ya sea desde el teclado o desde otro programa (en este caso Asterisk). STDOUT (STanDar OUT) es la librería del script de AGI utilizada para devolver información hacia Asterisk. Por último, el script puede utilizar la librería STDERR (STanDar ERRor) para diagnosticar mensajes de error.

#### **6.4.3. ¿Por que Asterisk?**

La elección de la plataforma de telefonía Asterisk se centro en los objetivos de esta tesis, las características de la misma y las ventajas que ofrece. Existen diferentes alternativas que pueden ofrecer y cumplir con las mismas expectativas pero no con las mismas características, precios, escalabilidad o flexibilidad y facilidad de implementación.

---

<sup>40</sup>Gurú es una forma coloquial de llamar a las personas con un conocimiento extraordinario, su significado original hace referencia a algún maestro espiritual.

<sup>41</sup>Los scripts son programas externos que controlan una o más aplicaciones de software.

#### 6.4.3.1. Ventajas

- Plataforma de código abierto, por lo tanto permite la modificación del código para ser adaptado a diferentes requerimientos y/o escenarios. Las actualizaciones y corrección de bugs <sup>42</sup> son corregidos rápidamente gracias al trabajo de programadores alrededor del mundo. También permite que evolucione más rápido el desarrollo de nuevas asociadas.
- Provee una lista larga de características incluidas en avanzados sistemas de telefonía que frecuentemente asocia costos elevados como las funciones de monitoreo de llamadas, encolamiento de llamadas, conferencia, entre otros.
- La empresa Digium (los mismos creadores de Asterisk) creó el protocolo IAX (UDP), que permite la señalización y el flujo de datos al mismo tiempo, evitando el overhead <sup>43</sup> y permite el envío de más llamadas a través del mismo enlace (por el puerto 4569).
- Integración con los protocolos de señalización SIP, H.323, MGCP, SCCP (Cisco).
- Integración con la red de telefonía PSTN.
- Integración con lenguajes de programación mediante el AGI.
- Los costos de mantenimiento, instalación, configuración de la plataforma y sus nuevas y diferentes funciones no requieren ningún costo extra a no ser que el soporte sea brindado mediante una membresía. Existe una cantidad amplia de información en internet que ayudan con estas cuestiones técnicas.
- Integración con una amplia línea de fabricantes de hardware de comunicaciones. Digium es la principal proveedora de hardware con soporte nativo para Asterisk.

---

<sup>42</sup>Bug: fallo de codificación del software que afecta negativamente el funcionamiento del mismo. Este fallo puede presentarse en la eficiencia, seguridad o consumo de recursos.

<sup>43</sup>Overhead: hace referencia al consumo extra de ancho de banda debido a la información de las cabeceras de los diferentes protocolos.

#### **6.4.3.2. Desventajas**

- Las comunicaciones se realizan por medio de una red de datos y esta sujeta a implicaciones como: pérdida de señal, pérdida de paquetes de red, interferencias, atenuación y ruido.
- Dificultad en administración y configuración si no se tienen conocimientos (en muchas ocasiones amplios conocimientos) de la plataforma.
- Los costos de hardware de comunicaciones no son económicos.

## **7. METODOLOGÍA**

El propósito de esta metodología es mostrar el enfoque del trabajo que se realizó para resolver los problemas y de la misma manera explica las razones por las cuales esta implementación fue considerada como una alternativa para la resolución de problemas.

Los métodos de estudio son los que proveen la dirección a la investigación, para este caso particular estos métodos se centran en entrevistas y análisis de archivos.

### **7.1. Recolección de información**

Las preguntas de la entrevista estuvieron enfocadas al sistema de telefonía convencional que tiene PSS. La recolección de información se obtuvo de trabajadores y directivos, se muestra de forma sintetizada.

#### **Fortalezas del sistema telefónico de PSS**

- Calidad de sonido
- Disponibilidad
- Llamadas ilimitadas nacional

#### **Debilidades del sistema telefónico de PSS**

- Costos de llamadas internacionales
- Alcance
- Ausencia de canales de voz
- Perdida de llamadas en horarios no laborales
- Perdida de llamadas cuando los canales están ocupados

#### **Funciones faltantes**

- Correo de voz
- Menú de voz
- Extensiones para cada área
- Extensiones móviles
- Integraron con dispositivos móviles

- Tele-Conferencia
- Integración con las otras sedes

### 7.1.1. Características de la empresa

PSS es una empresa que ofrece soluciones de tecnología informática, su sede principal se encuentra en Bogotá. Existen otras dos sedes secundarias que se encuentran en Medellín y Cartagena. La cantidad de empleados, clientes y proveedores se dividen de la siguiente manera:

Sede	Empleados	Clientes	Proveedores
Bogotá	15	48	26
Medellín	7	21	8
Cartagena	5	17	8

TABLA 7.1. Fuerza de trabajo y contactos de PSS

### 7.1.2. Diseño de red de datos actual

La red de datos de PSS en su sede principal (Bogotá), sede donde se encuentran los servidores de la empresa y donde se adaptara la soluciscrita en este documento, cuenta con las siguientes características:

- Cableado UTP Cat 6.
- Red inalámbrica IEEE 802.11: Dlink DWL-3200AP.
- Conexión a internet de 4 Mbps.
- Dirección IP publica: 60.167.95.250.
- Servidor: IBM System x3200 M3.

También cuenta con los siguientes servicios de red:

- Firewall: Endian Community edition
- DNS: BIND
- Proxy: Squid

- HTTP: Apache
- DBMS: MySQL
- SAMBA
- Impresoras: CUPS

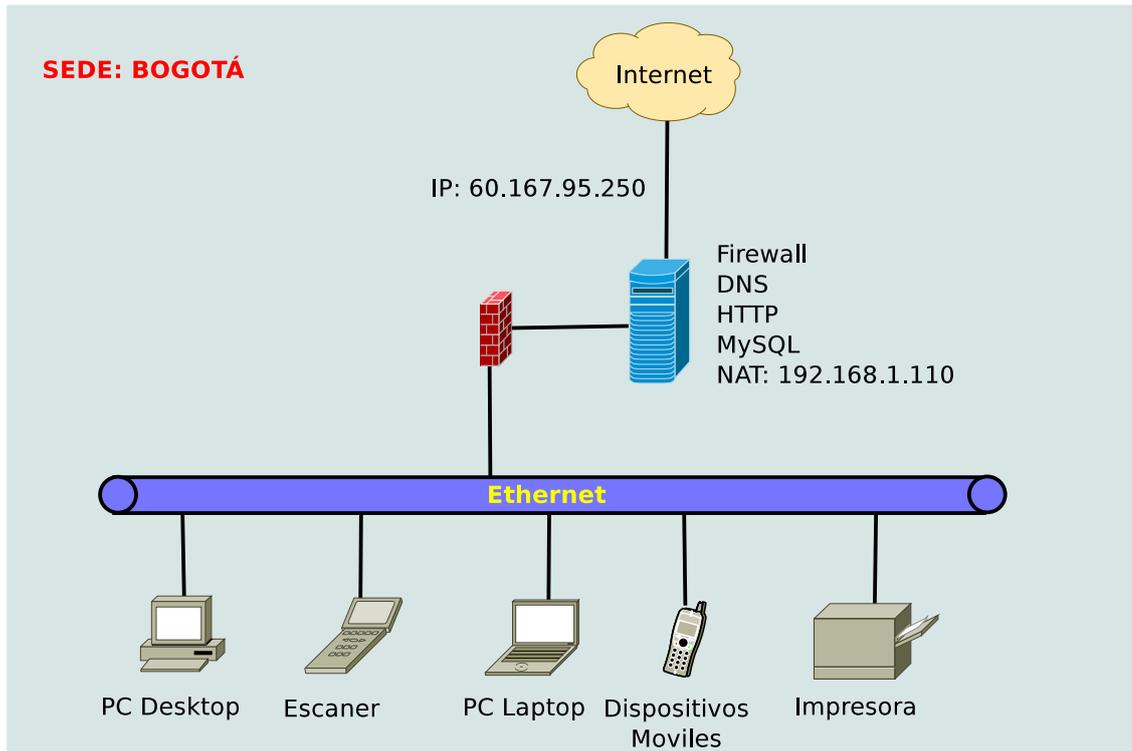


FIGURA 7.1. Red de datos de PSS

### 7.1.3. Sistema telefónico

La telefonía implementada en la empresa PSS es analógica y convencional, hace parte de la red PSTN de cada proveedor y sin ninguna funcionalidad de PBX. Las llamadas a teléfonos fijos son ilimitadas para todo el territorio nacional en sus 3 sedes. Las llamadas internacionales son proporcionadas por el mismo proveedor que la telefonía fija nacional y las llamadas a celular se realizan con otras empresas, proveedoras del servicio.

#### 7.1.4. Estimación de gastos en telefonía

Los gastos en telefonía que se muestran a continuación corresponden a una estimación aproximada y real en periodo de enero de 2010 hasta enero de 2011. Están dados en pesos Colombianos (COP).

##### 7.1.4.1. Telefonía básica

Hace referencia a la telefonía fija nacional, las tarifas fueron fijas.

Sede	Gastos Anuales
Bogotá	600.000
Medellín	504.000
Cartagena	480.000
<b>Total</b>	<b>1'584.000</b>

TABLA 7.2. Gastos anuales de telefonía fija nacional

##### 7.1.4.2. Telefonía Celular

Todos los planes de celular tienen 1000 minutos a cualquier destino nacional. Las tarifas de los planes fueron fijas.

Sede	Cant. Minutos	Gastos Anuales
Bogotá	48.000	4'8000.000
Medellín	36.000	3'600.000
Cartagena	24.000	2'400.000
<b>Total</b>		<b>10'800.000</b>

TABLA 7.3. Gastos anuales de telefonía celular

##### 7.1.4.3. Llamadas internacionales

Los costos correspondientes de llamadas internacionales abarcan los destinos mas frecuentes a celulares y fijos. El costo por minuto a los diferentes destinos es:

Destino	Celular	Fijo
USA	300	300
Canada	300	300
Argentina	700	400
España	1.100	600

TABLA 7.4. Tarifas a destinos internacionales por la compañía telefónica

Cantidad promedio de minutos internacionales utilizados en el ultimo año.

Destino	Cantidad de minutos	Total
USA	16.425	4'927.500
Canada	11.100	3'330.000
Argentina (Cel)	2.190	1'533.000
Argentina (Fijos)	7.680	3'072.000
España (Cel)	1.860	2'046.000
España (Fijos)	6.900	4'140.000
<b>Total</b>		<b>19'048.500</b>

TABLA 7.5. Minutos internacionales utilizados por PSS en el ultimo año

#### 7.1.4.4. Total

Si se totaliza el gasto de llamadas telefónicas en el ultimo año, se estima lo siguiente:

Tipo de llamada	Costo anual
Fijo nacional	1'584.000
Celular nacional	10'800.000
Internacional	19'048.500
<b>Total</b>	<b>31'432.500</b>

TABLA 7.6. Costo total de telefonía anual de PSS

## **8. INGENIERÍA DEL PROYECTO**

En esta sección se muestra el modelado y requerimientos de software para describir, visualizar y especificar el sistema de telefonía de acuerdo a las necesidades de PSS.

## 8.1. Requerimientos funcionales

<b>Requerimientos Funcionales</b>	
<b># Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>RF001</b>	Validar usuario
<b>RF002</b>	Validar administrador
<b>RF003</b>	Crear extensión
<b>RF004</b>	Modificar extensión
<b>RF005</b>	Eliminar extensión
<b>RF006</b>	Establecer alcance de la extensión
<b>RF007</b>	Identificar alcance de la extensión
<b>RF008</b>	Realizar llamada
<b>RF009</b>	Terminar llamada
<b>RF010</b>	Crear correo de voz
<b>RF011</b>	Modificar configuración de correo de voz
<b>RF012</b>	Eliminar correo de voz
<b>RF013</b>	Repetir mensaje de voz
<b>RF014</b>	Borrar mensaje de voz
<b>RF015</b>	Enviar mensaje de voz a otro usuario
<b>RF016</b>	Guardar mensaje de voz
<b>RF017</b>	Validar usuario correo de voz
<b>RF018</b>	Grabar llamada
<b>RF019</b>	Crear conexión con proveedor de VoIP
<b>RF020</b>	Modificar conexión con proveedor de VoIP
<b>RF021</b>	Eliminar conexión con proveedor de VoIP

TABLA 8.1. Requerimientos funcionales

<b>Requerimientos Funcionales</b>	
<b>RF022</b>	Limitar el alcance de las llamadas para los diferentes perfiles de usuario
<b>RF023</b>	Crear sala de conferencia
<b>RF024</b>	Modificar sala de conferencia
<b>RF025</b>	Eliminar sala de conferencia
<b>RF026</b>	Registrar en conferencia
<b>RF027</b>	Crear IVR
<b>RF028</b>	Modificar IVR
<b>RF029</b>	Eliminar IVR
<b>RF030</b>	Realizar copias de seguridad a los archivos de configuración
<b>RF031</b>	Realizar copias de seguridad a grabaciones de llamadas
<b>RF032</b>	Conexión con dispositivos móviles

TABLA 8.2. Requerimientos funcionales

## 8.2. Requerimientos no funcionales

<b>Requerimientos No Funcionales</b>		
<b># Requerimiento</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>RNF001</b>	Alcance de llamadas	Nacional, Internacional, Interno
<b>RNF002</b>	Copias de seguridad	Copias de seguridad todos los días a una hora determinada
<b>RNF003</b>	Asterisk	Versión 1.8
<b>RNF004</b>	GNU/Linux	Distribución: Ubuntu Server. Versión: 10,04 LTS
<b>RNF005</b>	Ancho de banda	El ancho de banda de Internet para las llamadas al exterior: 4 Mbps
<b>RNF006</b>	Menú IVR	Menú interactivo de voz para dirigir la llamada al área indicada: ventas, proveedores, secretaria
<b>RNF007</b>	Procesador	Doble Nucleo 2 Ghz
<b>RNF008</b>	Disco Duro	160 GB
<b>RNF009</b>	Memoria RAM	2 GB
<b>RNF010</b>	Administración Web-min	Versión 1.5 o superior
<b>RNF011</b>	Proveedores de VoIP	Utilizados para realizar llamadas nacionales e internacionales: VoIP-Mundo, Net2Phone
<b>RNF012</b>	Salas de conferencia	Salas con acceso restringido: Ventas y Ejecutivos
<b>RNF013</b>	Dispositivos móviles	Comunicación con dispositivos con sistemas iOS y Android
<b>RNF014</b>	DNS	La conexión con el servidor de telefonía se realiza mediante el servicio de red DNS

TABLA 8.3. Requerimientos no funcionales

### 8.3. Casos de uso

#### 8.3.1. Gestionar extensiones

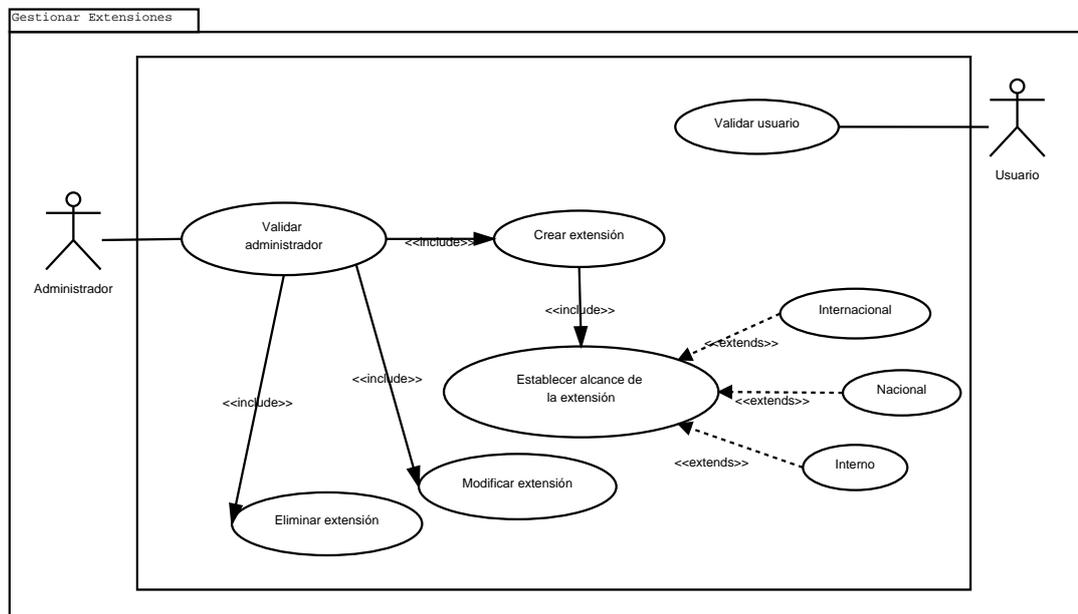


FIGURA 8.1. Caso de uso: Gestionar extensiones

### 8.3.2. Gestionar correo de voz

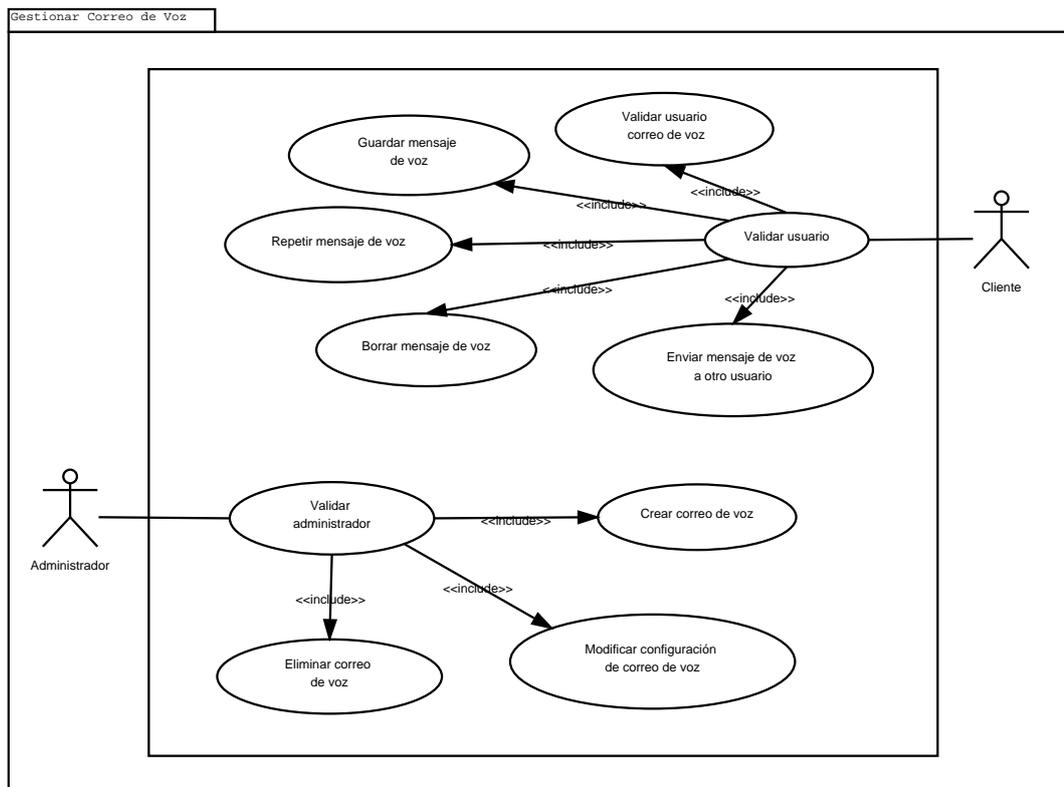


FIGURA 8.2. Caso de uso: Gestionar correo de voz

### 8.3.3. Gestionar llamada

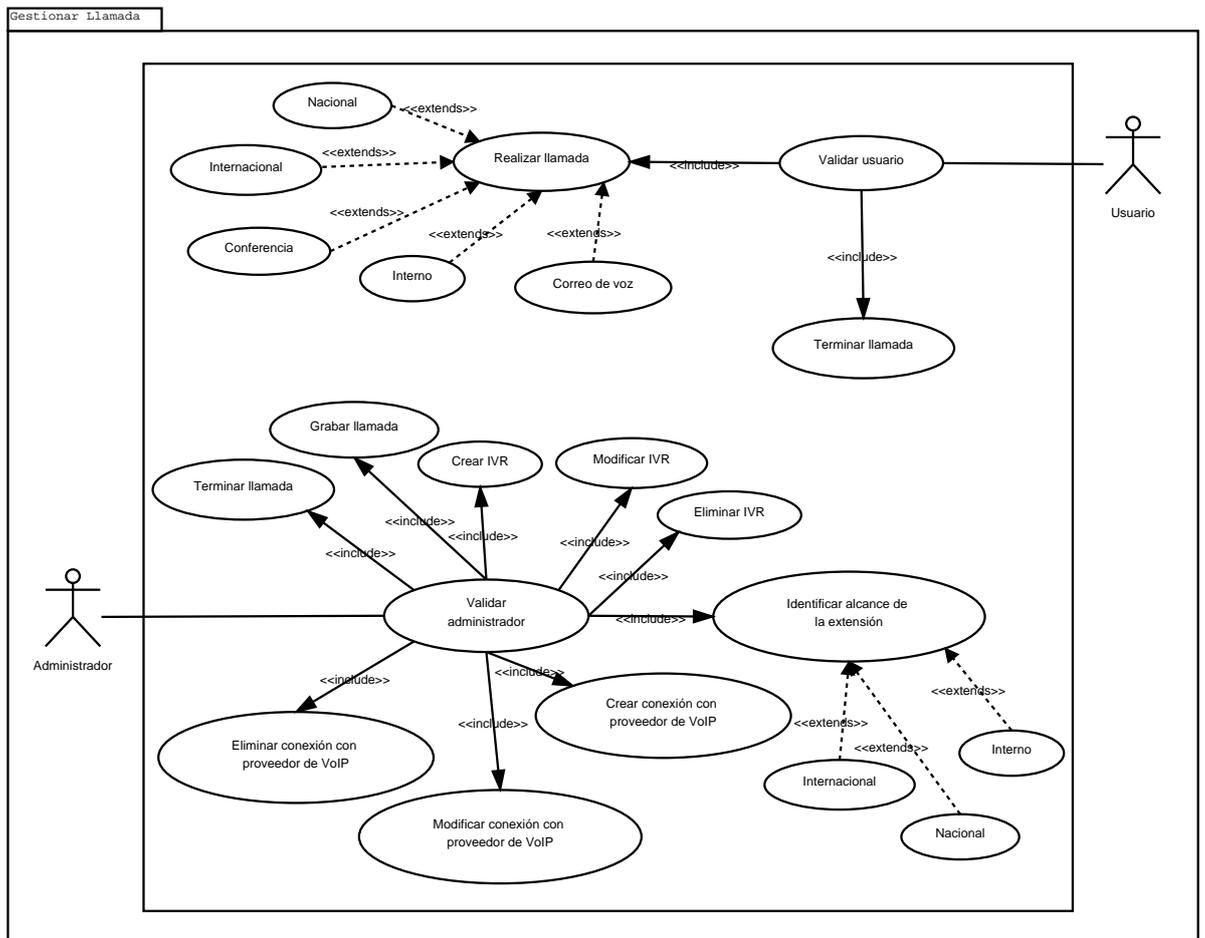


FIGURA 8.3. Caso de uso: Gestionar llamada

### 8.3.4. Gestionar conferencia

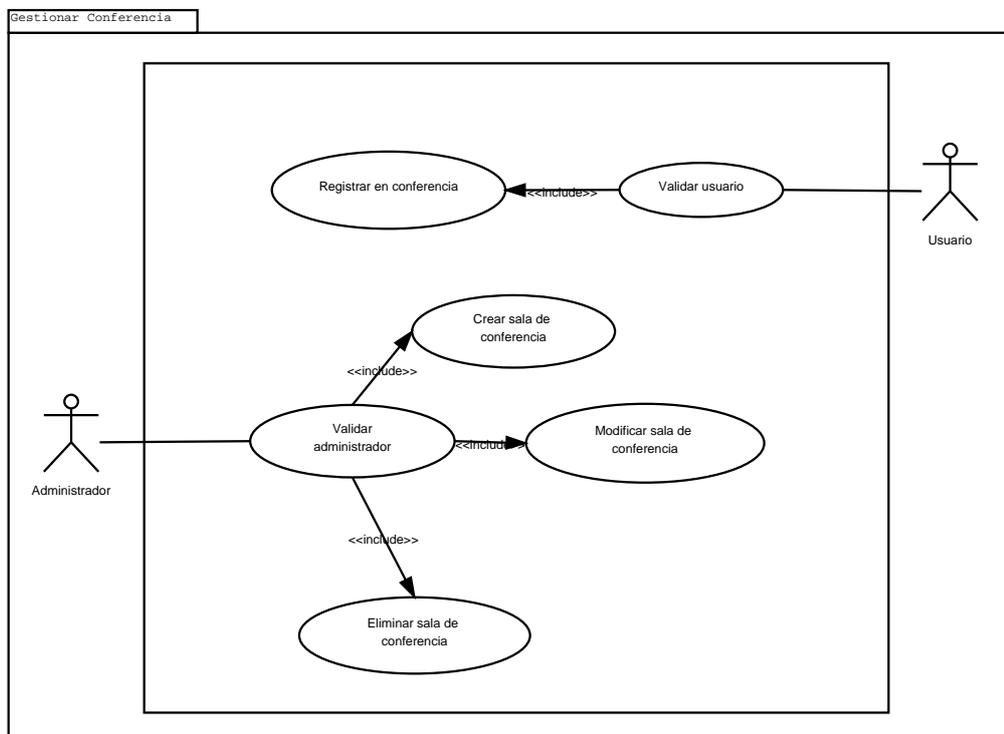


FIGURA 8.4. Caso de uso: Gestionar conferencia

## 8.4. Casos de uso expandidos

### 8.4.1. Validar usuario

<b># Ref.</b>	CU001
<b>Caso de uso</b>	Validar Usuario
<b>Versión</b>	0.1
<b>Actor/es</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor del ingreso al sistema de telefonía con las restricciones asociadas a cada usuario
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b> <b>RF</b> RF001
<b>Pre condición</b>	El usuario debe haber sido creado y el servidor Asterisk ejecutándose
<b>Escenario Normal</b>	
1. Este caso de uso comienza cuando el usuario desea acceder al sistema de telefonía mediante un softphone, teléfono IP o smartphone 2. El teléfono IP, softphone o smartphone solicita información de inicio de sesión 3. El usuario ingresa el nombre de usuario, contraseña y dirección del servidor Asterisk y puerto de comunicación 4. El sistema valida la información suministrada por el usuario 5. Este caso de uso finaliza cuando el usuario accede al sistema de telefonía 6. Fin	
<b>Pos condición</b>	El perfil del actor queda listo para su uso
<b>Excepciones</b>	4.1 Si el nombre de usuario, contraseña o dirección del servidor Asterisk no es correcto, cliente no puede iniciar sesión.
<b>Frecuencia</b>	4 veces al día
<b>Prioridad</b>	Alta
<b>Comentarios</b>	El usuario permanece conectado al servidor hasta que termine la sesión

TABLA 8.4. Caso de uso expandido: Validar usuario

### 8.4.2. Validar administrador

<b># Ref.</b>	CU002	
<b>Caso de uso</b>	Validar administrador	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Administrador	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor del ingreso al sistema	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	<b>RF</b> RF002
<b>Pre condición</b>	El actor debe tener permisos de súper usuario en el sistema GNU/Linux	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea ingresar a la consola de administración de Asterisk</li> <li>2. El sistema GNU/Linux solicita permisos de súper usuario</li> <li>3. El actor ingresa la contraseña de súper usuario</li> <li>4. El actor ingresa a la consola de administración de Asterisk</li> <li>5. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El actor tiene acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Excepciones</b>	3.1 Si el actor ingresa de manera incorrecta la contraseña de súper usuario, el sistema GNU/Linux no permite el acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Frecuencia</b>	1 vez al día	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	El actor puede realizar diferentes tareas de administración de Asterisk	

TABLA 8.5. Caso de uso expandido: Validar administrador

### 8.4.3. Gestionar usuario

<b># Ref.</b>	CU003	
<b>Caso de uso</b>	Gestionar usuario	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Administrador	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de crear, modificar y eliminar los usuarios del sistema	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU002
	<b>RF</b>	RF002, RF003, RF004, RF005
<b>Pre condición</b>	El actor debe acceder al sistema GNU/Linux con permiso de súper usuario	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea hacer crear, modificar o eliminar un usuario del sistema de telefonía</li> <li>2. El actor modifica y guarda cambios en el archivo sip.conf ubicado en la carpeta /etc/asterisk para crear, modificar o eliminar un usuario</li> <li>3. El actor inicia sesión en la consola de administración de Asterisk</li> <li>4. El sistema de telefonía solicita contraseña de acceso</li> <li>5. El actor ejecuta el comando 'sip reload' para aplicar los cambios en el servidor Asterisk</li> <li>6. El sistema de telefonía se actualiza con los nuevos cambios</li> <li>7. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El sistema de telefonía aplica los cambios instantáneamente	
<b>Excepciones</b>	5.1 Si el actor no ingresa la contraseña indicada, no puede tener acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Frecuencia</b>	3 veces a la semana	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>		

TABLA 8.6. Caso de uso expandido: Gestionar usuario

#### 8.4.4. Gestionar correo de voz

<b># Ref.</b>	CU004	
<b>Caso de uso</b>	Gestionar correo de voz	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Administrador	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de crear, modificar el correo de voz a los usuarios del sistema	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU002
	<b>RF</b>	RF002, RF0010, RF011, RF012
<b>Pre condición</b>	El actor debe acceder al sistema GNU/Linux con permiso de súper usuario	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea realizar cambios al correo de voz de los usuarios</li> <li>2. El actor modifica y guarda cambios en los archivos extensions.conf y voicemail.conf ubicados en la carpeta /etc/asterisk para crear, modificar o eliminar un usuario</li> <li>3. El actor inicia sesión en la consola de administracion de Asterisk</li> <li>4. El sistema de telefonía solicita contraseña de acceso</li> <li>5. El actor ejecuta el comando 'reload' para aplicar los cambios en el servidor Asterisk</li> <li>6. El sistema de telefonía se actualiza con los nuevos cambios</li> <li>7. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El sistema de telefonía aplica los cambios instantáneamente	
<b>Excepciones</b>	5.1 Si el actor no ingresa la contraseña indicada, no puede tener acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Frecuencia</b>	3 veces a la semana	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	En este caso de uso el actor puede establecer la extensión de correo de voz para los usuarios	

TABLA 8.7. Caso de uso expandido: Gestionar correo de voz

#### 8.4.5. Acceder a correo de voz

<b># Ref.</b>	CU005				
<b>Caso de uso</b>	Acceder a correo de voz				
<b>Versión</b>	0.1				
<b>Actor/es</b>	Usuario				
<b>Tipo</b>	Primario				
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de crear, modificar el correo de voz a los usuarios del sistema				
<b>Referencias cruzadas</b>	<table border="0"> <tr> <td><b>CU</b></td> <td>CU001</td> </tr> <tr> <td><b>RF</b></td> <td>RF001, RF013, RF014, RF015, RF016, RF017, RF032</td> </tr> </table>	<b>CU</b>	CU001	<b>RF</b>	RF001, RF013, RF014, RF015, RF016, RF017, RF032
<b>CU</b>	CU001				
<b>RF</b>	RF001, RF013, RF014, RF015, RF016, RF017, RF032				
<b>Pre condición</b>	El actor debe estar validado en el sistema				
<b>Escenario Normal</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea ingresar al correo de voz</li> <li>2. El actor marca la extensión de correo de voz</li> <li>3. El sistema de telefonía solicita nombre de usuario y contraseña</li> <li>4. El actor ingresa la información solicitada</li> <li>5. El sistema valida la información</li> <li>6. El actor ingresa al correo de voz</li> <li>7. Fin</li> </ol>					
<b>Pos condición</b>	El usuario accede al correo de voz				
<b>Excepciones</b>	5.1 Si el actor no ingresa la información correcta, el sistema no permite el acceso				
<b>Frecuencia</b>	2 veces al día				
<b>Prioridad</b>	Alta				
<b>Comentarios</b>					

TABLA 8.8. Caso de uso expandido: Acceder a correo de voz

#### 8.4.6. Gestionar conferencia

<b># Ref.</b>	CU006	
<b>Caso de uso</b>	Gestionar conferencia	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Administrador	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de crear, modificar o eliminar una nueva sala de conferencia	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU002
	<b>RF</b>	RF002, RF023, RF024, RF025
<b>Pre condición</b>	El actor debe acceder al sistema GNU/Linux con permiso de súper usuario	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea realizar cambios a las salas de conferencia</li> <li>2. El actor modifica y guarda cambios en el archivo meetme.conf ubicado en la carpeta /etc/asterisk para crear, modificar o eliminar un usuario</li> <li>3. El actor inicia sesión en la consola de administración de Asterisk</li> <li>4. El sistema de telefonía solicita contraseña de acceso</li> <li>5. El actor ejecuta el comando 'reload' para aplicar los cambios en el servidor Asterisk</li> <li>6. El sistema de telefonía se actualiza con los nuevos cambios</li> <li>7. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El sistema de telefonía aplica los cambios instantáneamente	
<b>Excepciones</b>	4.1 Si el actor no ingresa la contraseña indicada, no puede tener acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Frecuencia</b>	3 veces en la semana	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	En este caso de uso el actor puede establecer el numero de la sala y la contraseña de acceso para los usuarios	

TABLA 8.9. Caso de uso expandido: Gestionar conferencia

#### 8.4.7. Acceder a conferencia

<b># Ref.</b>	CU007	
<b>Caso de uso</b>	Acceder a conferencia	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Usuario	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de ingresar a una sala de conferencia	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU001
	<b>RF</b>	RF001, RF026, RF032
<b>Pre condición</b>	El actor debe estar validado en el sistema	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea ingresar a una sala de conferencia</li> <li>2. El actor marca la extensión de la sala de conferencia</li> <li>3. El sistema de telefonía solicita la contraseña de acceso y pronunciar el nombre</li> <li>4. El actor ingresa la información solicitada</li> <li>5. El sistema valida la información</li> <li>6. El actor ingresa a la sala de conferencia</li> <li>7. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El usuario accede a la sala de conferencia	
<b>Excepciones</b>	5.1 Si el actor no ingresa la información correcta, el sistema no permite el acceso	
<b>Frecuencia</b>	1 vez al día	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	En este caso de uso el actor pronuncia su nombre para que el sistema de telefonía le indique a las demás personas que se encuentran en la sala de conferencia sobre su presencia	

TABLA 8.10. Caso de uso expandido: Acceder a conferencia

#### 8.4.8. Gestionar llamada

<b># Ref.</b>	CU008	
<b>Caso de uso</b>	Gestionar llamada	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Administrador	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de manejar una llamada de acuerdo al perfil del usuario y al destino que se comunica	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU002
	<b>RF</b>	RF009, RF018, RF019, RF020, RF021, RF027, RF028, RF029
<b>Pre condición</b>	El actor debe acceder al sistema GNU/Linux con permiso de súper usuario	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea realizar cambios al manejo de la llamada</li> <li>2. El actor modifica y guarda cambios en los archivos sip.conf y extensions.conf ubicados en la carpeta /etc/asterisk para gestionar las llamadas</li> <li>4. El actor inicia sesión en la consola de administración de Asterisk</li> <li>5. El actor ejecuta el comando 'reload' para aplicar los cambios en el servidor Asterisk</li> <li>6. El sistema de telefonía se actualiza con los nuevos cambios</li> <li>7. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El sistema de telefonía aplica los cambios instantáneamente	
<b>Excepciones</b>	4.1 Si el actor no ingresa la contraseña indicada, no puede tener acceso a la consola de administración de Asterisk	
<b>Frecuencia</b>	5 veces en la semana	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	En este caso de uso el actor puede gestionar: el alcance de los perfiles de usuario, los menús IVR, la conexión con los proveedores de VoIP, grabaciones de las llamadas, la musica de fondo y en espera	

TABLA 8.11. Caso de uso expandido: Gestionar llamada

### 8.4.9. Realizar llamada

<b># Ref.</b>	CU009	
<b>Caso de uso</b>	Realizar llamada	
<b>Versión</b>	0.1	
<b>Actor/es</b>	Usuario	
<b>Tipo</b>	Primario	
<b>Descripción</b>	El sistema da la posibilidad al actor de realizar una llamada de acuerdo a su perfil	
<b>Referencias cruzadas</b>	<b>CU</b>	CU001
	<b>RF</b>	RF001, RF007, RF008, RF009
<b>Pre condición</b>	El actor debe estar validado en el sistema	
<b>Escenario Normal</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Este caso de uso comienza cuando el actor desea realizar una llamada.</li> <li>2. El actor ingresa el numero de destino y marca</li> <li>3. El sistema empieza a grabar la llamada</li> <li>4. El sistema maneja la llamada de acuerdo al destino marcado</li> <li>5. Fin</li> </ol>		
<b>Pos condición</b>	El sistema de telefonía graba la llamada	
<b>Excepciones</b>	5.1 Si el actor no ingresa la información correcta, el sistema no permite el acceso	
<b>Frecuencia</b>	15 veces al día	
<b>Prioridad</b>	Alta	
<b>Comentarios</b>	Este caso de uso termina cuando el usuario termina la llamada	

TABLA 8.12. Caso de uso expandido: Realizar llamada

## 8.5. Diagrama de actividades

Los diagramas de actividades expuestos en este documento, hacen parte de los procedimientos paso a paso que tiene que seguir el usuario y el administrador para realizar cada una de las actividades. Estas actividades están definidas tanto por el sistema operativo como el sistema de telefonía.

### 8.5.1. Validar usuario

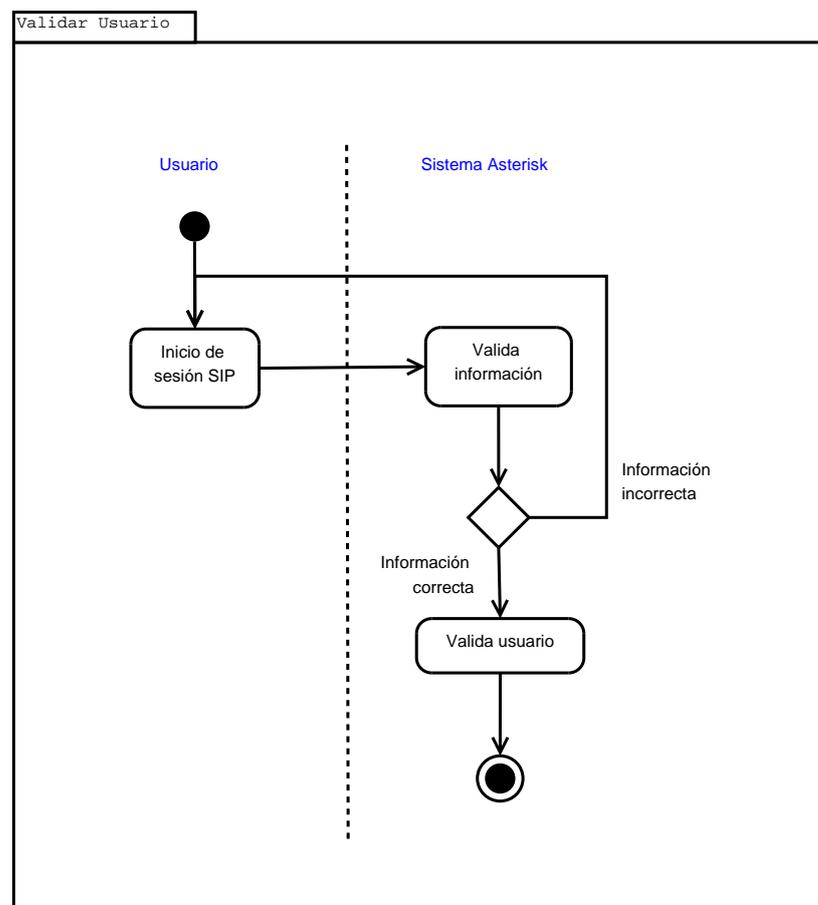


FIGURA 8.5. Diagrama de actividad: Validar Usuario

## 8.5.2. Validar administrador

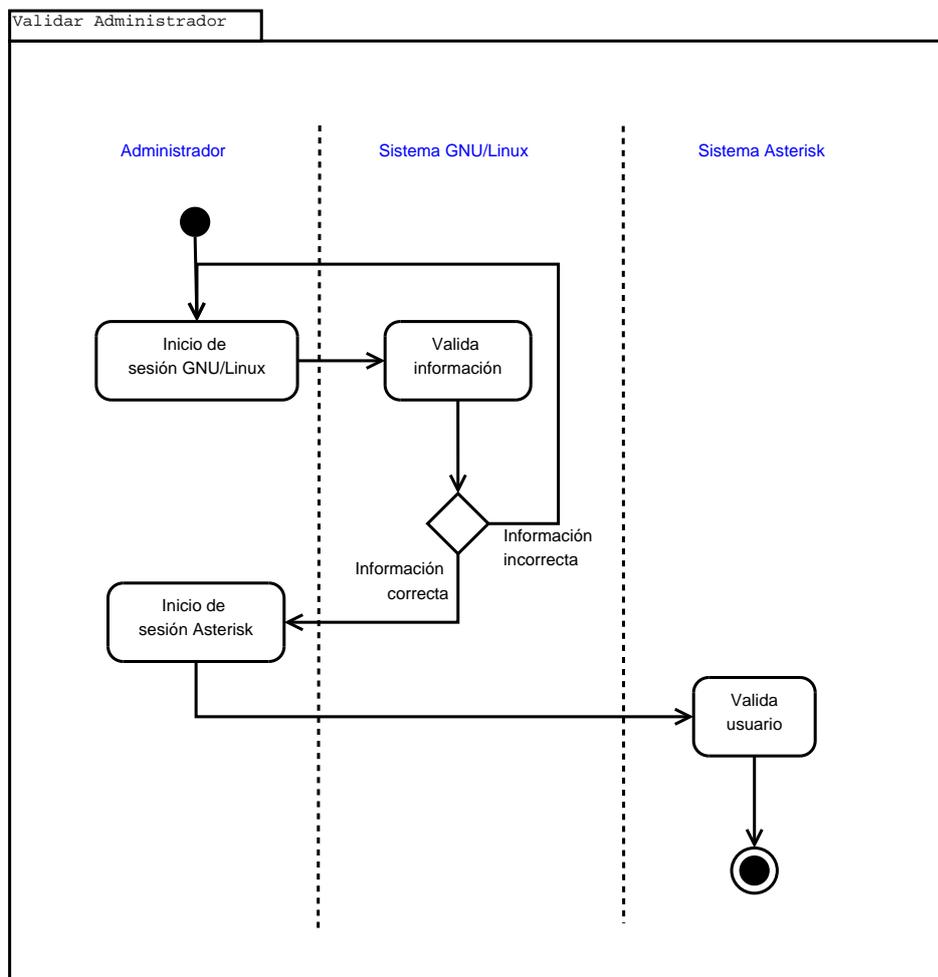


FIGURA 8.6. Diagrama de actividad: Validar administrador

### 8.5.3. Administrar usuarios, extensiones, y conferencia

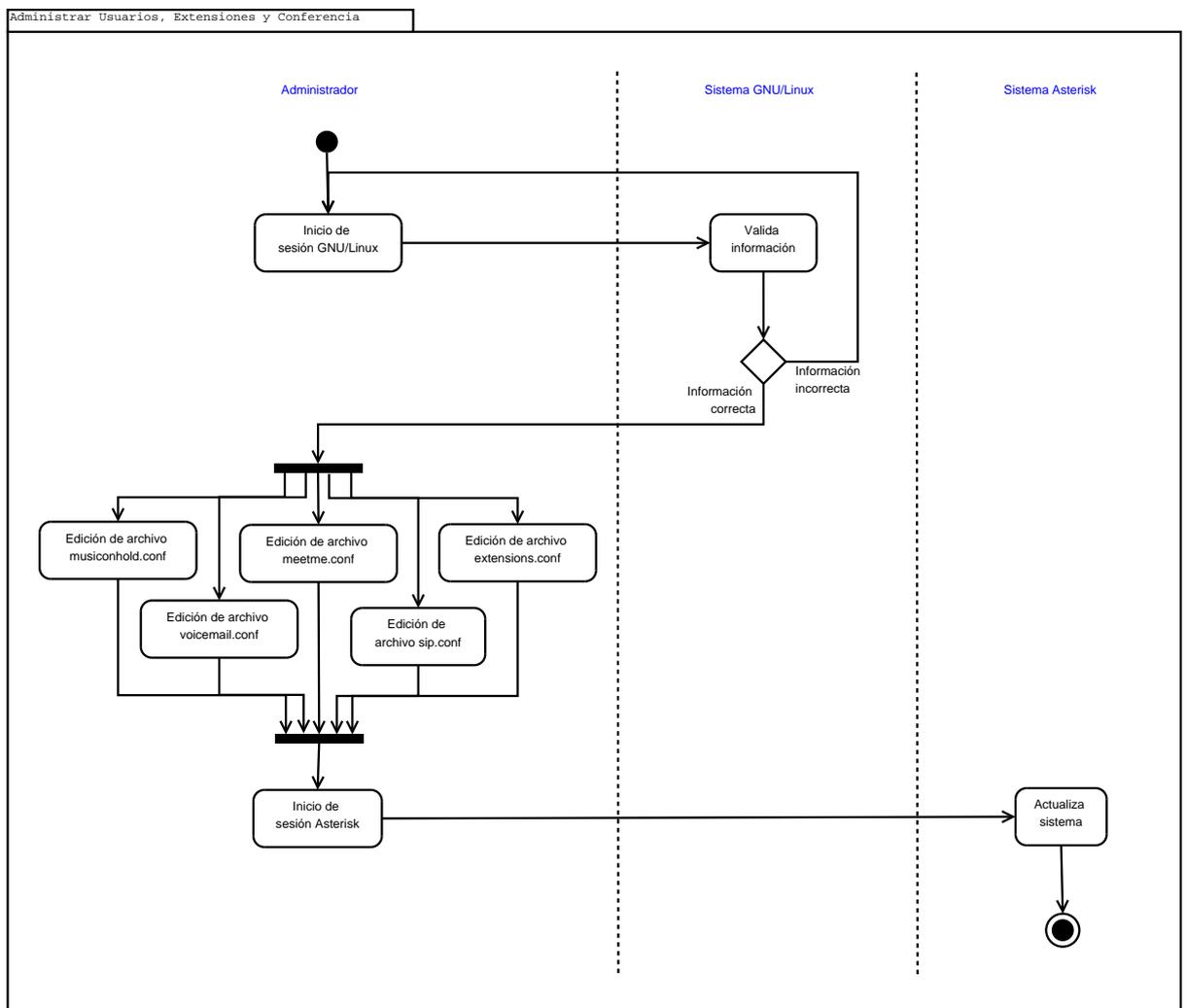


FIGURA 8.7. Diagrama de actividad: Administrar usuarios, extensiones, y conferencia

### 8.5.4. Realizar llamada

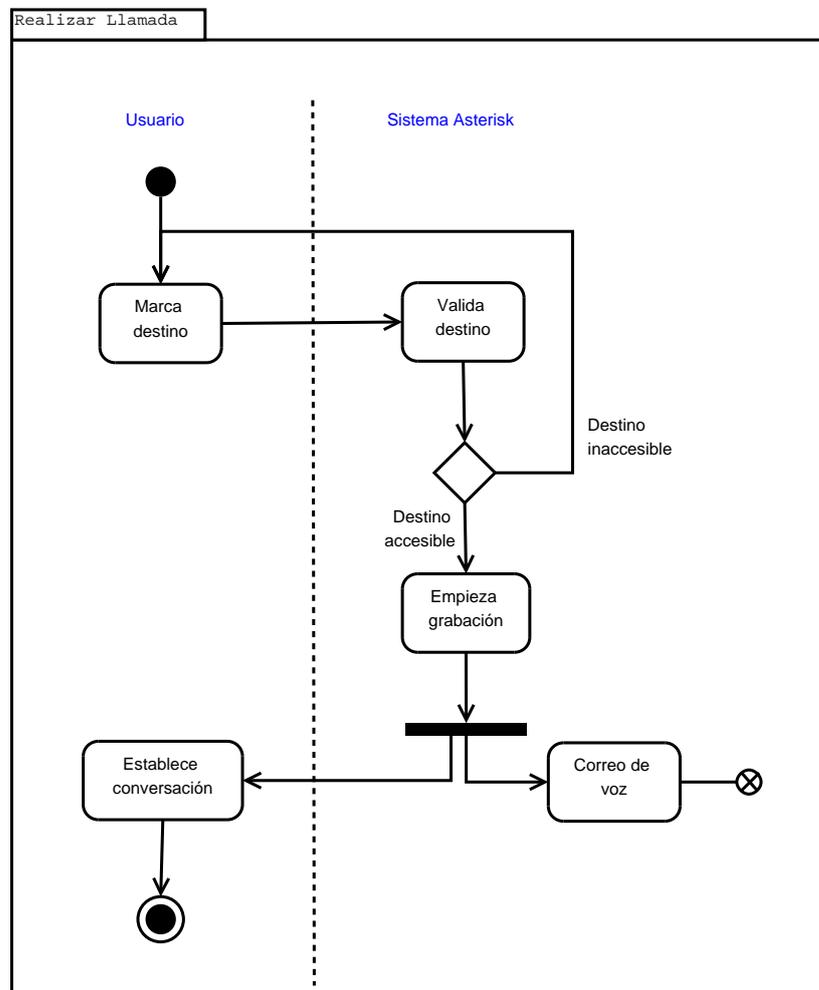


FIGURA 8.8. Diagrama de actividad: Realizar llamada

### 8.5.5. Acceso correo de voz

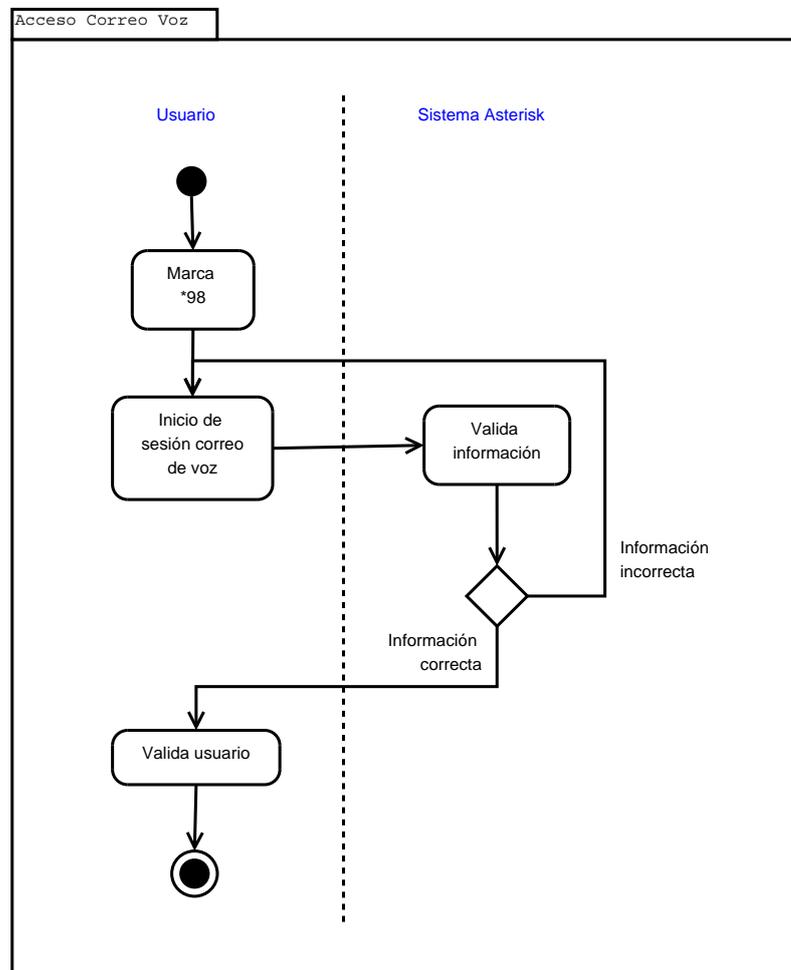


FIGURA 8.9. Diagrama de actividad: Acceso correo de voz

### 8.5.6. Acceso a sala de conferencia

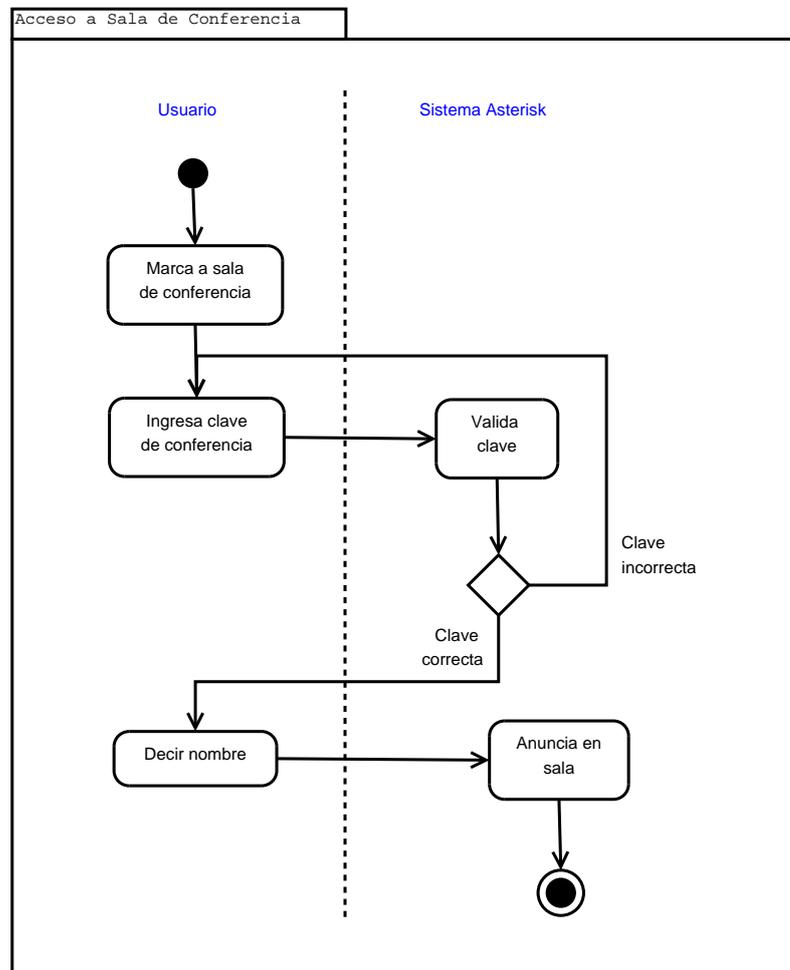


FIGURA 8.10. Diagrama de actividad: Acceso a sala de conferencia

### 8.6. Diagrama de despliegue

El siguiente diagrama de despliegue muestra el hardware integrado en PSS donde se pone en marcha la implementación del nuevo sistema de telefonía .

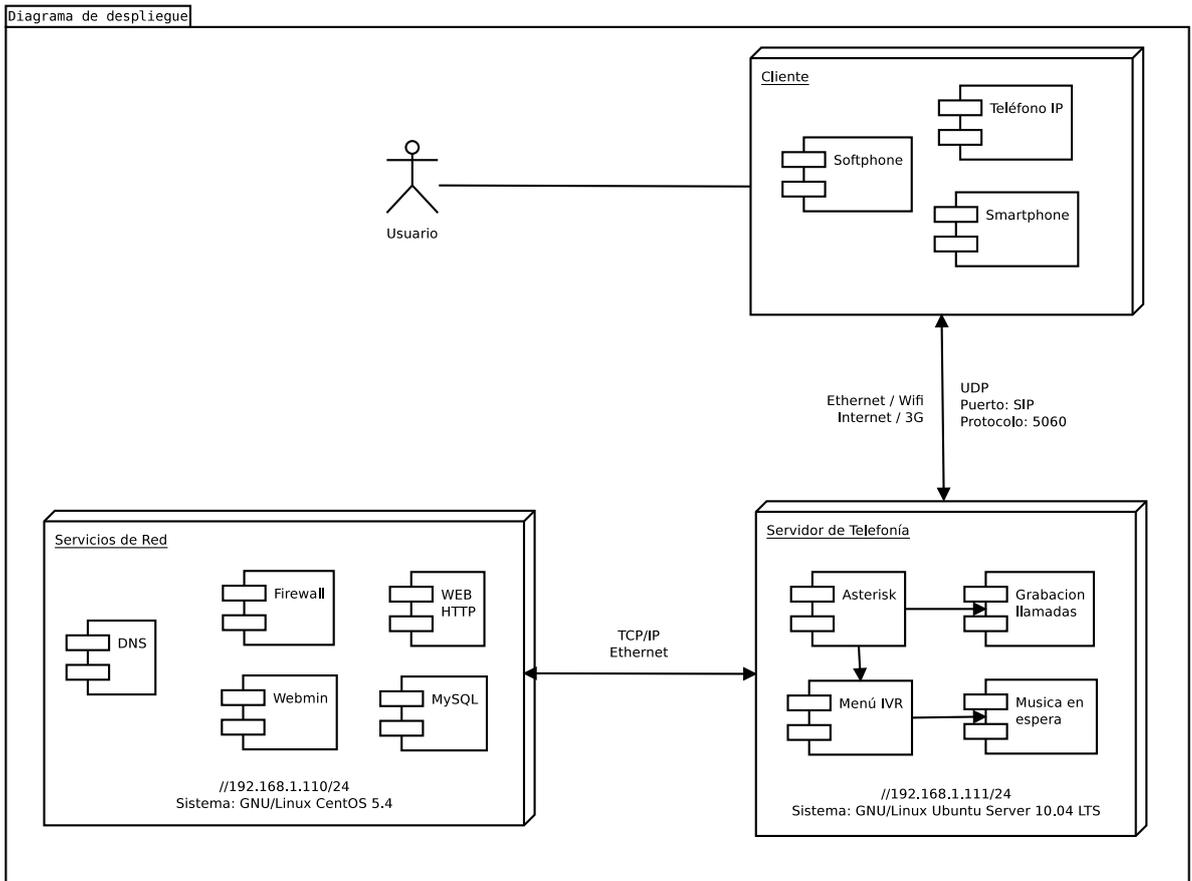


FIGURA 8.11. Diagrama de despliegue

## **9. ESTIMACIÓN DE RESULTADOS**

### **9.1. Diseño de la red de datos y sistema telefónico de la solución**

La red de datos se mantiene con los servicios que tiene, los dispositivos de hardware, red y estaciones de trabajo. la implementación del nuevo servicio de telefonía VoIP es totalmente transparente para el usuario final además de no tener cambios drásticos <sup>1</sup> en los servicios de red existentes y en funcionamiento.

---

<sup>1</sup>La única modificación en los servicios que existen esta en la configuración del Firewall.

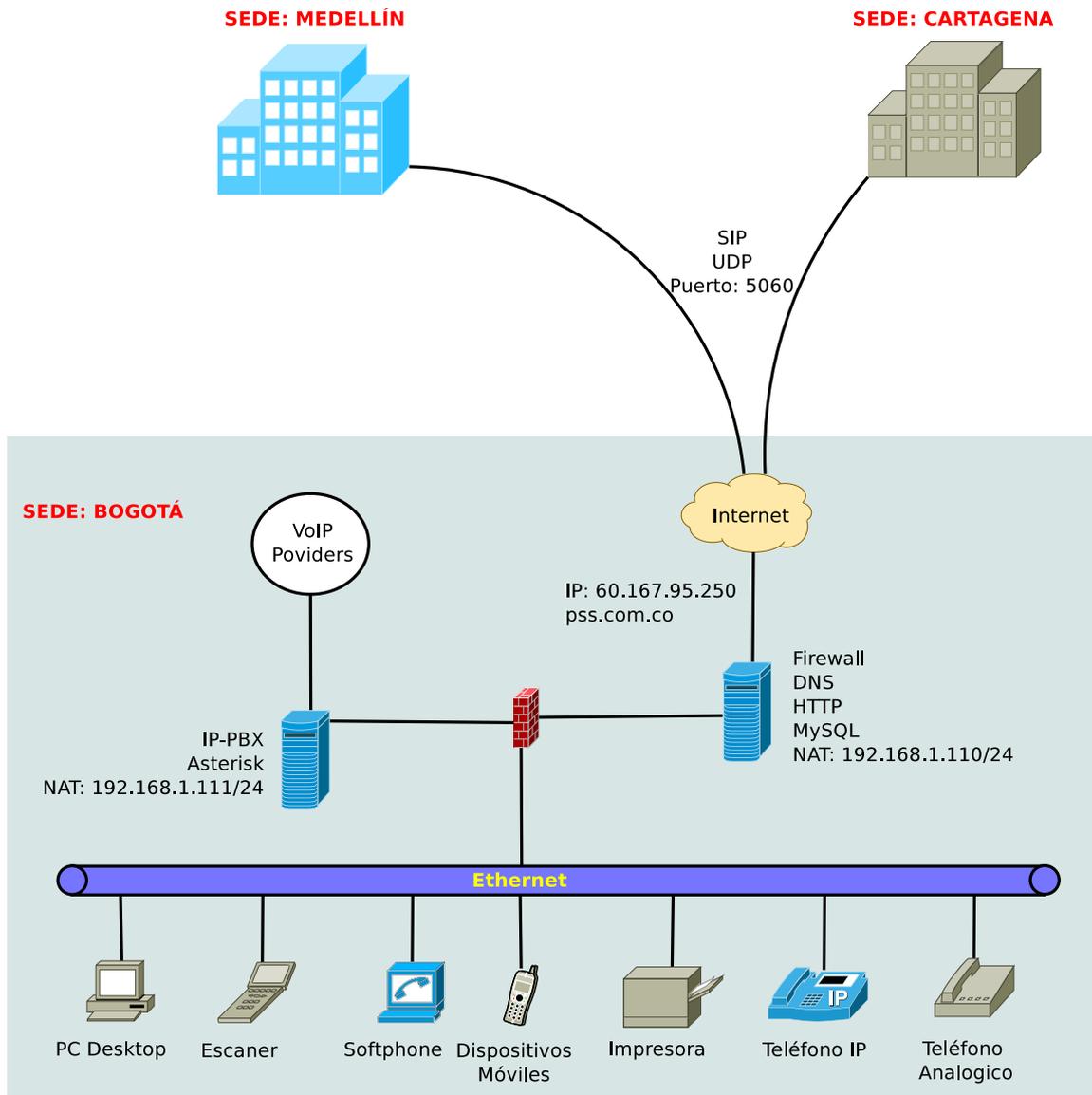


FIGURA 9.1. Red de datos de PSS e integración de la implementación

Como se muestra en la figura 9.1 el único cambio físico de la red hace referencia al nuevo servidor dedicado de telefonía. Los otros cambios son intangibles y hacen parte del nuevo servicio de telefonía. El servidor de telefonía tiene como puerta de enlace el servidor Endian (Firewall) y DNS. Toma una dirección IP privada y fija, asignada por DHCP (reservada de un conjunto de direcciones IP).

El nuevo servicio de telefonía accede a los proveedores de VoIP para poder realizar llamadas fuera del alcance de la red o a otro tipo de redes. Las sedes de Medellín y Cartagena tienen acceso al servidor haciendo la petición al dominio publico de PSS (pss.com.co); cuando realiza la petición el Firewall redirige las peticiones al servidor de telefonía y de esta manera las dos sedes utilizan los servicios de telefonía. Los nuevos servicios de telefonía y de red son:

- Asterisk
- Extensiones telefónicas
- Llamadas internas
- Llamadas internacionales o nacionales
- IVR
- Grabación de llamadas
- Conferencia
- Correo de voz
- Backup (rsync)
- Webmin
- Open SSH

### **9.1.1. Clientes SIP**

Los clientes SIP son dispositivos de hardware y/o software que realiza peticiones al servidor utilizando el puerto UDP 5060 (en la mayoría de los casos cuando se establece por defecto), puerto perteneciente al protocolo de inicio de sesión SIP, protocolo utilizado para la comunicación en este proyecto.

En estos clientes establecen la conexión al servidor y permite al usuario (cliente) del sistema tener una extensión telefónica y acceso a todas las funcionalidades permitidas por el servidor de telefonía Asterisk.

Los siguientes clientes SIP se utilizaron en el proyecto debido a que cumplen con los requerimientos y brindan la flexibilidad y alcance suficiente para lograr los objetivos de esta tesis.

#### **Teléfono IP Cisco SPA525G**

- Soporta hasta 5 líneas telefónicas (VoIP) o extensiones.
- Display de alta resolución a color (3.2", 320 x 240).
- Soporta manos libres inalámbrico (Bluetooth).
- Soporta tecnología PoE (Power Over Ethernet).
- Características de llamada en espera, identificador de llamadas, transferencia de llamadas, conferencia y altavoz.

#### **Teléfono IP Cisco SPA504G**

- Soporta hasta 4 líneas telefónicas (VoIP) o extensiones.
- Display monocromático
- Soporta tecnología PoE (Power Over Ethernet).
- Características de llamada en espera, identificador de llamadas, transferencia de llamadas, conferencia y altavoz.

#### **Softphone CSipSimple**

- Cliente para smartphones o dispositivos Android
- Permite grabar llamadas.
- Licencia GNU.
- Soporta alta variedad de codecs (HD y optimizados)
- Asistente de configuración básico, avanzado, experto.
- Se puede conectar al servidor mediante redes WiFi o 3G.

#### **Softphone Bira para iPhone**

- Cliente para dispositivos móviles con sistema iOS (Apple).
- Integración con contactos.
- Soporta alta variedad de codecs.

- Permite asegurar la señalización de llamada y encriptación de audio.

### **Softphone Xlite para PC**

- Cliente para PC (Windows, GNU/Linux y Mac).
- Soporta videollamada.
- Versión gratuita.

## **9.2. Estimación de gastos**

La estimación de gastos corresponde a una estimación aproximada y real de los precios de llamadas a los destinos más frecuentes de PSS como también al hardware, software y planes de datos 3G que se utilizan en la solución diseñada en esta tesis. Los precios que se especifican con USD corresponden a dólares estadounidenses, la conversión a pesos Colombianos (COP) de esta moneda, esta sujeta a cambios de la tasa TRM <sup>2</sup> que tenga en su debido tiempo, para este caso (28 de Mayo de 2011) la tasa TRM corresponde a 1807 (COP) por cada dólar que se cotice. Los precios en moneda Colombiana que estén relacionados con el dólar NO contienen impuestos de IVA, aduana o cualquier otro impuesto de ley.

### **9.2.1. Costo de minutos con VoIP**

A continuación se muestra el valor de los minutos de telefonía utilizando un proveedor de VoIP. Los precios son tomados el día 28 de Mayo de 2011, están dados en pesos Colombianos (COP) y sujetos a cambios (sujetos a la tasa TRM del dólar, principalmente).

Valor por minuto a celulares en Colombia: 89

Destinos internacionales:

---

<sup>2</sup>TRM: Taza Representativa del Mercado.

Destino	Celular	Fijo
USA	29	29
Canada	20	20
Argentina	250	40
España	199	29

TABLA 9.1. Precio de minutos a los destinos internacionales mas frecuentes

### 9.2.2. Costos de inversión en hardware, software y otros servicios

Item	Especificación	USD x UND	COP x UND	UND	Total (COP)
Servidor	IBM Systems x3200 M3	1700	3'071.900	1	3'071.900
Teléfono IP	Cisco SPA525G	339	612.573	4	2'450.292
Teléfono IP	Cisco SPA504G	140	252.980	8	2'023.840
Softphones	Bria para iPhone	8	14.456	3	43.368
Planes 3G	2 GB mes x 1 año	N/A	480.000	5	2'400.000
<b>Total</b>					<b>9.989.400</b>

TABLA 9.2. Costo total de telefonía anual de PSS

### 9.3. Recuperación de la inversión

Para la recuperación de la inversión solo se tiene en cuenta las llamadas a celulares en Colombia e internacionales (celulares y fijos), debido a que no hay ningún limite en las llamadas hacia fijos en Colombia, tampoco existe un registro detallado del consumo y dentro del prototipo a implementar no existe ninguna integración con la red PSTN. También es necesario tener en cuenta que los precios de la nueva solución tecnológica están sujetos a cambios en cualquier momento (sujetos a la tasa TRM del dolar, principalmente) y pueden cambiar de un proveedor a otro. Solo se pretende dar una estimación aproximada.

Un año con telefonía tradicional:

Tipo de llamada	Costo anual
Fijo nacional	1'584.000
Celular nacional	10'800.000
Internacional	19'048.500
<b>Total</b>	<b>31'432.500</b>

TABLA 9.3. Costo total de telefonía anual de PSS

Un año con telefonía VoIP:

Destino	Cant. Minutos	Costo anual
Celular Colombia	108.000	9'612.000
USA	16.425	476.325
Canadá	11.100	222.000
Argentina (Celular)	2190	547.500
Argentina (Fijos)	7.680	307.200
España (Celular)	1.860	370.140
España (Fijos)	6.900	200.100
<b>Total</b>		<b>11'735.265</b>

TABLA 9.4. Costo total de telefonía anual de PSS utilizando VoIP

Ahorro anual en telefonía: 19'697.235 equivalente al 63% de la telefonía convencional.

Tiempo estimado para recuperar la inversión: 6 meses.

Porcentaje de ahorro en llamadas internacionales:

Destino	Celular	Fijo
USA	90%	90%
Canadá	93%	93%
Argentina	64%	90%
España	81%	95%
<b>Promedio</b>	<b>82%</b>	<b>92%</b>

TABLA 9.5. Ahorro porcentual en llamadas internacionales

## 9.4. Configuración del servidor

En esta sección se muestra algunas configuraciones que se tuvieron en cuenta para la implementación de la solución.

### 9.4.1. Extensiones y proveedores de VoIP

Para definir las extensiones y los proveedores de VoIP es necesario incluirlos y configurarlos de acuerdo a las necesidades dentro del archivo de texto sip.conf ubicado en la carpeta /etc/asterisk/ en el servidor GNU/Linux donde está instalado el servicio de telefonsterisk.

#### 9.4.1.1. Configuración general

```
[general]
context=default
register=>3259637254:2870@ippbx.net2phone.com
register=>6685570:27949@sip.voip-mundo.com
udpbindaddr=0.0.0.0
tcpenable=no
tcpbindaddr=0.0.0.0
srvlookup=yes
language=es
```

### **9.4.1.2. Configuración proveedor VoIP**

```
[voip-mundo]
type=friend
username=6685570
secret=27949
host=sip.voip-mundo.com
fromuser=6685570
nat=yes
qualify=yes
canreinvite=no
authname=6685570
insecure=very
```

### **9.4.1.3. Configuración usuario**

```
[800]
username=800
type=friend
secret=800
callerid= "Alejandro Rodriguez" <800>
host=dynamic
nat=no
context=internacional
mailbox=800@voicemail
callgroup=1
pickupgroup=1
```

## **9.4.2. Plan de discado**

El plan de discado es el centro de operaciones de Asterisk, define como se van a manejar las llamadas entrantes y salientes del sistema, esta dividido en contextos de llamada para

las diferentes extensiones de usuario. El archivo `extensions.conf` se encuentra en la carpeta `/etc/asterisk/`

#### 9.4.2.1. Configuración general

```
[general]
static=yes
writeprotect=no
clearglobalvars=no
```

#### 9.4.2.2. Variables Globales

```
[globals]
ano=${STRFTIME(${EPOCH},,%C%y)}
mes=${STRFTIME(${EPOCH},,%m)}
dia=${STRFTIME(${EPOCH},,%d)}
hora=${STRFTIME(${EPOCH},,%H)}
min=${STRFTIME(${EPOCH},,%M)}
seg=${STRFTIME(${EPOCH},,%S)}
```

#### 9.4.2.3. Proveedor VoIP

```
[net2phone_int]
exten =>_9.,1,Dial(SIP/net2phone-int/${EXTEN:1},120,r)
```

```
[net2phone_nac]
exten =>_9.,1,Dial(SIP/net2phone-int/57${EXTEN:1},120,r)
```

```
[voip_mundo_int]
exten =>_8.,1,Dial(SIP/voip-mundo/${EXTEN:1},120)
```

```
[voip_mundo_nac]
exten =>_8.,1,Dial(SIP/voip-mundo/57${EXTEN:1},120)
```

#### 9.4.2.4. Llamadas internas y externas

```
[internacional]
include => net2phone_int
include => voip_mundo_int
include => voicemail
include => idioma
include => menu_es
include => menu_en
include => servicios
include => conferencia
exten => _8XX,1,MixMonitor
(/root/llamadas_pss/${ano}-${mes}-${dia}-${hora}:${min}:
${seg}-${CALLERID(num)}to${EXTEN}.wav)
exten => _8XX,n,Dial(SIP/${EXTEN},45,tTm)
exten => _8XX,n,Voicemail(${EXTEN}@voicemail)
exten => _8XX,n,Playback(vm_goodbye)
exten => _8XX,n,Hangup
```

#### 9.4.2.5. Correo de voz

```
[voicemail]
exten => *98,1,Answer
exten => *98,n,Wait(1)
exten => *98,n,VoiceMailMain(${CALLERID}@voicemail)
exten => *98,n,hangup
```

#### 9.4.3. Archivo voicemail.conf

Este archivo se encuentra en la carpeta /etc/asterisk/ y define el correo de voz de las extensiones.

```
[voicemail]
```

```
800 => 800,Alejandro Rodriguez, alejandro@localhost
801 => 801,Raul Rodriguez, raul@localhost
802 => 802,Juan Lopez, juan@localhost
```

### 9.4.3.1. Menú IVR

```
[menu_es]
exten => 91,1,answer()
exten => 91,n,MixMonitor
(/root/llamadas_pss/${ano}-${mes}-${dia}-${hora}:${min}:
${seg}-${CALLERID(num)}to${EXTEN}.wav)
exten => 91,n,background(/var/lib/asterisk/pss/menu)
exten => 91,n,waitExten(5)

exten => 1,1,Goto(servicios,92,1)

exten => 2,1,Goto(internacional,801,1)

exten => 3,1,Goto(internacional,802,1)

exten => 4,1,Goto(internacional,803,1)

exten => 9,1,Goto(menu_es,91,1)

exten => i,1,Playback(/var/lib/asterisk/pss
/marcacion_incorrecta)
exten => i,n,Goto(menu_es,91,1)

exten => t,1,Playback(vm-goodbye)
exten => t,n,Hangup()
```

### **9.4.3.2. Conferencia**

```
[conferencia]
exten=>600,1,MeetMe(600,pMi)
exten=>601,1,MeetMe(601,pMi)
```

### **9.4.3.3. Archivo meetme.conf**

Este archivo se encuentra en la carpeta `/etc/asterisk/` y establece los cuartos de conferencia con su respectiva contraseña.

```
[rooms]
conf=>600,54321
conf=>601,12345
```

## 10. CONCLUSIONES

Llevar a cabo la implementación de nuevas tecnologías o servicios relacionados con las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), implica conocer el problema a resolver, la finalidad, las limitaciones y el alcance del proyecto, basándose en los fundamentos teóricos y la ética profesional.

Los sistemas de telefonía basados en VoIP han establecido nuevos estándares de la telefonía actual y por esta razón es frecuentemente llamada "El futuro de las comunicaciones". El propósito detrás de esta tecnología es brindar a las compañías y a las personas, soluciones de telefonía con las ventajas que ofrecen las redes de datos e Internet como también una reducción de costos.

El ahorro de con el uso de tecnologías de comunicaciones basadas en VoIP es grande, por que permite contactar a los empleados de la empresa en cualquier parte del mundo totalmente gratis <sup>1</sup>. Ahora si se hace una comparación entre las tarifas de llamadas internacionales a teléfonos fijos y celulares usando VoIP y un sistema de telefonía tradicional, existen proveedores de VoIP que ofrecen tarifas hasta un 95% mas económicas, inclusive ofrecen algunos destinos totalmente gratis e ilimitados.

La flexibilidad y escalabilidad que ofrece la combinación de centrales telefónicas basadas en software como lo es Asterisk y tecnologías de comunicaciones basadas en VoIP para las empresas, permiten una oportunidad de expansión del negocio debido a que es posible conectar diferentes clases de dispositivos como teléfonos analógicos, teléfonos IP, dispositivos móviles en diferentes tipos de redes de datos como LAN, 3G, 4G y Wifi.

Asterisk brinda a la compañía servicios de centrales telefónicas potentes con la diferencia de que la administración se realiza desde un servidor, esto hace que el mantenimiento de la plataforma sea ejecutado por los administradores de red. La mayoría de servicios implementados e realizan en archivos de configuración y no en hardware de difícil instalación y poca escalabilidad.

---

<sup>1</sup>Gratis si el empleado se encuentra conectado al servidor mediante un cliente SIP

El criterio de un ingeniero de sistemas es de vital importancia para tomar decisiones, planificar, llevar a cabo soluciones relacionadas con las TIC. Este criterio se aprende en la universidad y se pule con la constante lucha del trabajo diario.

## **11. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Para poder tener acceso a la telefonía PSTN es necesario de un dispositivo de hardware ya sea una tarjeta analógica PCI/PCI Express Digium, Sangoma o proveedores certificados de Digium. De acuerdo al crecimiento de PSS se necesitaran gateways para poder tener varios canales de comunicación con la telefonía PSTN o inclusive tarjetas digitales PCI/PCI Express que soporten líneas T1/E1.

Es altamente recomendable crear o implementar aplicaciones WEB que brinden al usuario un teléfono WEB para conectarse al servidor desde el navegador, también la administración de la cuenta de forma gráfica y amigable.

Integración con proveedores de VoIP como MajicJack, Skype y Gtalk.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, T., Sedigh, N., & Lambadaris, I. (2005, Mayo). A comparative study of the SIP and IAX VoIP Protocols. *IEEE*, 5.
- Brandl, M., Franzens, K., & Daskopoulos, D. (2004). *IP Telephony Cookbook*. Europa: TERENA.
- Davidson, J., Peters, J., Bhatia, M., Kalidindi, S., & Mukherjee, S. (2006). *Voice over IP Fundamentals* (2 ed.). Estados Unidos: Cisco Press.
- Dwivedi, H. (2009). *Hacking VoIP: Protocols, Attacks, and Countermeasures* (1 ed.). Estados Unidos: No Starch Press.
- Escudero, A., & Berthilson, L. (2007, Octubre). *VoIP Para Desarrollo*.
- Gillispie, J. P., & Shepherd, T. (2005). *VoIP and IP Telephony: Planning for Convergence in State Government*. Estados Unidos: NAISCO.
- Gomillion, D., & Dempster, B. (2005). *Building Telephony Systems with Asterisk*. Inglaterra: PACKT PUBLISHING.
- Goncalves, F. E. (2007). *Asterisk Guía de la configuración* (1 ed.). Brasil: Independiente.
- Goncalves, F. E. (2010, Febrero). *Asterisk Guide, Voz Sobre IP*. [http://www.asteriskguide.com/mediawiki/index.php/Voz\\_sobre\\_IP/](http://www.asteriskguide.com/mediawiki/index.php/Voz_sobre_IP/). (En Línea; Accedido 30 Septiembre de 2010)
- Hallock, J. (2004a, Noviembre). *A Brief History of VoIP*. <http://www.joehallock.com/>. (En Línea; Accedido 22 Septiembre de 2010)
- Hallock, J. (2004b, Noviembre). *The Current Status of VoIP*. <http://www.joehallock.com/edu/pdfs/>. (En Línea; Accedido 22 Septiembre de 2010)
- Hallock, J. (2004c, Diciembre). *The Future of VoIP*. <http://www.joehallock.com/edu/pdfs/>. (En Línea; Accedido 22 Septiembre de 2010)

- Jackson, B., & Clark, C. (2007). *Asterisk Hacking*. Estados Unidos: SYNGRESS.
- Kelly, T. (2005). *VoIP For Dummies*. Estados Unidos: WILEY.
- Liu, C. (2000, Julio). Multimedia Over IP: RSVP, RTP, RTCP, STSP. *The Ohio State University. Department of Computer Science and Engineering*, 24. (<http://www.cse.ohio-state.edu/>)
- McTaggart, C., & Kelly, T. (2000, Mayo). IP Telephony Workshop. *ITU*, 36.
- Meggelen, J. V., Madsen, L., & Smith, J. (2007). *Asterisk The Future of Telephony* (2 ed.). Estados Unidos: O'REILLY.
- Porter, T., Kanclirz, J., Zmolek, A., Rosela, A., Cross, M., Chaffin, L., et al. (2006). *Practical VoIP Security*. Estados Unidos: SYNGRESS.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras* (4 ed.). Prentice Hall.
- Vocal.com. (n.d.). *Speech Coders*. <http://www.vocal.com/>. (En Linea; Accedido 27 Enero de 2011)
- Wallace, K. (2008). *Cisco Voice over IP* (3 ed.). Estados Unidos: Cisco Press.
- Wallingford, T. (2005a). *Switching to VoIP*. Estados Unidos: O'REILLY.
- Wallingford, T. (2005b). *VoIP Hacks: Tips and Tools for Internet Telephony*. Estados Unidos: O'REILLY.

## GLOSARIO

*Algoritmo:* es una secuencia de instrucciones o reglas bien definidas que se ejecutan en orden para resolver un problema de forma eficiente.

*Ancho de banda:* en conexiones a red de datos o Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.

*Asterisk:* es un programa de software libre que proporciona funcionalidades de una central telefónica (PBX).

*Base de datos:* es un sistema destinado a organizar, almacenar y recuperar grandes (o pequeñas) cantidades de datos fácilmente. Consiste en una organizada colección de datos para múltiples usos y normalmente se encuentra en formato digital.

*Bearer (canal B ISDN):* hace referencia al canal B de la red ISDN le cual transporta principalmente datos o voz, tiene una tasa de bits de 64 Kbps.

*Canal (de comunicacion):* hace referencia a un medio de transmisión físico como un cable o una conexión lógica en un medio multiplexado como un canal de radio. Es utilizado para transmitir una señal o información como por ejemplo un flujo de datos.

*Cliente/servidor:* es una arquitectura de software que se divide en dos partes, la primera es la parte del servidor y la segunda es el conjunto de clientes. donde el cliente realiza peticiones al servidor y este le da una respuesta de acuerdo a lo establecido.

*Codec:* es un dispositivo o programa de computador capaz de codificar y/o decodificar

flujos de datos o señales analógicas o digitales.

*Codificar*: traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados al sistema binario mediante códigos preestablecidos.

*Conmutación de circuitos*: es aquella en la que los equipos de conmutación deben establecer un camino físico entre los medios de comunicación previo a la conexión entre los usuarios, liberándose al terminar la comunicación.

*Conmutador (o switch)*: dispositivo de redes de computador que conecta 2 o más segmentos de red.

*Enlace de datos*: conexión entre dos puntos finales utilizado para enviar y recibir información digital

*Estándar*: es el establecimiento de una norma o requisitos sobre sistemas técnicos. Mediante un documento se establece los requisitos de acuerdo a criterios, métodos, procesos y prácticas técnicas o ingenieriles.

*Full dúplex*: es un sistema de comunicación que permite a las dos partes (emisor y receptor) enviar mensajes simultáneamente en un canal bidireccional.

*FXO*: Foreign eXchange Office, interfaz de señalización telefónica que recibe una línea POST.

*Gatekeeper*: provee de control de admisión de llamada, control y administración del ancho de banda y traducción de direcciones de red (NAT) en un sistema de telefonía.

*Gateway*: es un nodo de red de datos que permite interconectar redes con protocolos y

arquitecturas que tienen como base protocolos distintos.

*GNU/Linux*: es uno de los términos empleados para referirse a la combinación del núcleo o kernel libre similar a Unix denominado Linux, que es usado con herramientas de sistema GNU.

*Frecuencia*: para un proceso cíclico como una rotación, oscilación u onda, la frecuencia es definida como el número de ciclos que se repite por unidad de tiempo.

*Hacker*: persona apasionada a la tecnología, programación de computadores, redes de datos, seguridad informática u otra ciencia de la computación, donde su pasión lo lleva a obtener grandes conocimientos y hazañas.

*Hertz (Hercio)*: es la unidad de frecuencia en el sistema internacional (SI) definida como el número de ciclos por segundo de un fenómeno periódico.

*MCU*: Multipoint Control Unit, permite la conectividad en tiempo real para diversos participantes y diferentes ubicaciones para atender una videoconferencia o conferencia.

*Multicast*: es la entrega de mensajes de información a un grupo de computadores destinatarios simultáneamente en una transmisión única de la fuente creando copias cuando los enlaces se dividen en los destinos.

*Multimedia*: término que se utiliza para referirse a cualquier objeto o sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales), para representar o comunicar información, de allí la expresión multi-medios, los medios pueden ser texto, imágenes, sonido o video.

*Multiplexar*: es un proceso donde múltiples mensajes de señales analógicas o flujos digitales de información son combinados dentro de una señal a través de un medio compartido.

*Paquete*: es una unidad fundamental de transporte de información en todas las redes de computadoras modernas.

*Peer to Peer (P2P)*: es una arquitectura de red distribuida que divide las tareas o los trabajos de carga entre los nodos de la red. Todos los nodos actúan como clientes y servidores al mismo tiempo entre si y permiten el intercambio directo de información en cualquier formato.

*Plan de discado*: es un software o configuraciones residentes en algunos gateways y/o IP PBX que determina el manejo que debe darse a las llamadas entrantes o salientes.

*Protocolo*: Es el conjunto de reglas normalizadas para la representación, señalización, autenticación y detección de errores necesario para enviar información a través de un canal de comunicación.

*Proxy*: un servidor proxy actúa como un intermediario de las peticiones de los clientes en busca de recursos, en otros servidores. Un cliente hace la petición a un servidor proxy de algún servicio como por ejemplo una conexión a una página web, el servidor proxy evalúa la petición de acuerdo a los filtros establecidos.

*Script*: son programas externos que controlan una o más aplicaciones de software.

*Señal*: variación de una corriente eléctrica u otra magnitud física que se utiliza para transmitir información.

*Señal analógica*: es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético

y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo.

*Señal digital:* es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango.

*Software libre:* es la denominación del software que respeta la libertad de los usuarios sobre su producto adquirido y, por tanto, una vez obtenido puede ser usado, copiado, estudiado, cambiado y redistribuido libremente.

*Stream:* es un flujo de datos que contiene información multimedia.

*Smartphone:* es un teléfono celular que ofrece herramientas, utilidades y conectividad mas avanzadas que un teléfono celular convencional, entre estas características se encuentran: conexión a Internet, correo electrónico, wifi, lector de documentos digitales, entre otras.

*Sofphones:* programa basado en software que simula un teléfono y es usado para realizar llamadas telefónicas a través de una red de datos (o Internet).

## **ANEXO A. ACRÓNIMOS**

*AES*: Advanced Encryption Standard.

*AGI*: Asterisk Gateway Interface.

*ASCII*: American Standard Code for Information Interchange.

*BES*: Back End Servers.

*BRI*: Basic Rate Access.

*CAC*: Call Control Admission.

*DID*: Direct Inward Dialing.

*DTMF*: Dual Tone Multi Frequency.

*DSL*: Digital subscriber line.

*FXO*: Foreign eXchange Office.

*GNU*: GNU is Not Unix.

*GSM*: Global System for Mobile Communications.

*GUI*: Graphic User Interface.

*IAX*: Inter Asterisk eXchange.

*IP*: Internet Protocol.

*IETF*: Internet Engineering Task Force.

*IPTSP*: IP Telephony Service Provider.

*IVR*: Interactive Voice Response.

*ISDN*: Integrated Services Digital Network.

*ISP*: Internet Service Provider.

*ISUP*: ISDN User Part.

*ITU*: International Telecommunications Union.

*Kbps*: Kilobits per second.

*LAN*: Local Area Network.

*MCU*: Multipoint Control Unit.

*MGCP*: Media gateway Control Protocol.

*NAT*: Network Address Translation.

*NTP*: Network Time Protocol.

*P2P*: Peer to Peer.

*PBX*: Private Branch eXchanges.

*PDA*: Personal Digital Assistant. *POTS*: Plain Old Telephony Service.

*PRI*: Primary Rate Interface.

*PSS*: Profesional Services LTDA.

*PTO*: Public Telecommunications Operators. *PSTN*: Public Switched Telephony Network.

*RDSI*: Red Digital de Servicios Integrados.

*SS7*: System Signaling 7.

*RSA*: Rivest, Shamir y Adleman.

*RTP*: Real-Time Transport Protocol.

*RTCP*: RTP Control Protocol.

*RTSP*: Real Time Streaming Protocol.

*SIP*: Session Initiation Protocol.

*SSP*: Services Switching Point.

*STP*: Signal Transfer Point.

*SCP*: Services Control Point.

*SSH*: Secure Shell.

*TCP/IP*: Transport Control Protocol/ Internet Protocol.

*TDM*: Time Division Multiplexing.

*UA*: User Agent.

*UAC*: User Agent Client.

*UAS*: User Agent Server.

*UDP*: User Datagram Protocol.

*VoIP*: Voice over IP.

*WAN*: Wide Area Network.

*WWW*: World Wide Web.

## ANEXO B. MANUAL DE USUARIO: SOFTPHONE (WINDOWS)

Este manual se dirige a usuarios que tengan una extensión dentro del sistema de telefonía Asterisk. Las personas que utilicen y tengan conocimientos básicos del sistema operativo Windows XP/Vista/7. Este manual se centra en la configuración del softphone X-Lite para que el usuario inicie sesión en el servidor y pueda realizar y recibir llamadas.

Antes de realizar la configuración, el usuario ha debido de descargar e instalar el softphone en el PC.

Así se muestra la aplicación luego de ser instalada y ejecutada.



FIGURA B.1. Softphone X-Lite Version 4.0

Para entrar a la configuración de la cuenta, es necesario hacer clic en "Softphone - Account Settings", como se muestra a continuación.



FIGURA B.2. Iniciar a configurar el sofphone

En este manual se realiza la configuración de la extensión tomando como ejemplo la extensión numero "800" con su respectiva clave de acceso. La configuración se realiza de la siguiente manera:

Account Name: PSS (Puede ser cualquier identificador)

Protocol: SIP (Esta por defecto)

User ID: 800

Domain: pss.sytes.net (Este localizador URL redirecciona las peticiones al servidor Asterisk)

Password: Contraseña respectiva del usuario

Display name: Alejandro Rodriguez (Puede ser cualquier nombre)

Authorization name: 800

SIP Account

Account Voicemail Topology Presence Transport Advanced

Account name: PSS

Protocol: SIP

Allow this account for

Call

IM / Presence

User Details

\* User ID: 800

\* Domain: pss.sytes.net

Password: ●●●

Display name: Alejandro Rodriguez

Authorization name: 800

Domain Proxy

Register with domain and receive calls

Send outbound via:

Domain

Proxy Address:

Dial plan: #1\|a.T;match=1;prestrip=2;

OK Cancel

FIGURA B.3. Configuración X-Lite 4.0

Estableciendo conexión.

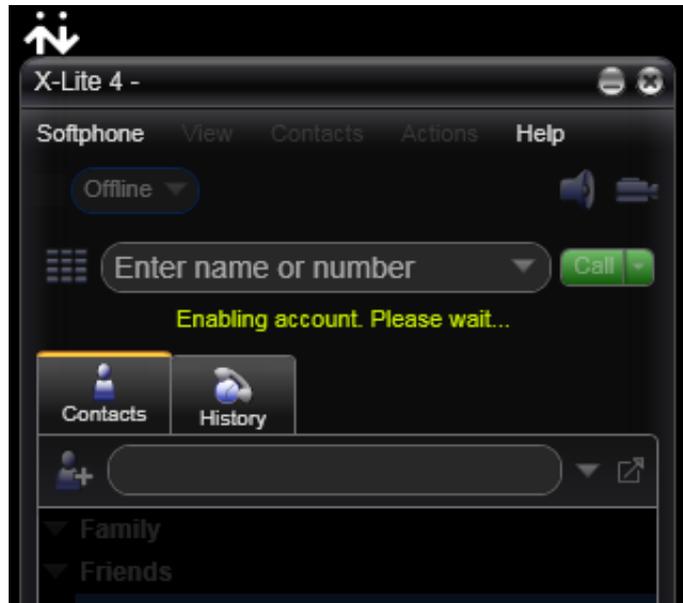


FIGURA B.4. Estableciendo conexión

Conexión exitosa.



FIGURA B.5. Conexión exitosa

Llamada saliente a 801.



FIGURA B.6. Llamada saliente a 801

El alcance de las llamadas salientes esta predefinido por los diferentes perfiles de usuario.

El perfil internacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internacionales: [num<sup>1</sup>] + [indicativo del país] + [numero telefónico]

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

<sup>1</sup>num es un numero establecido para el canal de salida.

El perfil nacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil interno debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internas: numero de la extensión.

Llamada entrante de Raul Rodriguez.



FIGURA B.7. Llamada entrante de Raul Rodriguez

Las opciones de configuración que no se establecieron en este manual se dejan como predeterminadas por la aplicación.

## ANEXO C. MANUAL DE USUARIO: TELÉFONO IP (CISCO SPA-504G)

Este manual se dirige a usuarios que tengan una extensión dentro del sistema de telefonía Asterisk. Este manual se centra en la configuración del teléfono IP Cisco SPA-504G para que el usuario inicie sesión en el servidor y pueda realizar y recibir llamadas.

Antes de realizar la configuración, el usuario ha debido de conectar el teléfono IP a la red y conocer la dirección IP de administración. También es necesario de un PC y navegador web.

El usuario abre un navegador web y se dirige a la dirección IP de administración del teléfono IP, en este ejemplo es 192.168.0.1. Se puede conocer la dirección IP en el menú del teléfono "Setup - Network - Current IP".



FIGURA C.1. Dirección IP de administración

Luego de ingresar, el usuario ingresa a la sesión de administrador "Admin Login", esto para habilitar las opciones de administración.



FIGURA C.2. Sesión de administrador

Selecciona una de las cuatro extensiones disponibles para empezar a configurar. En la sección de "SIP Port" se establece el puerto de comunicaciones 5060.

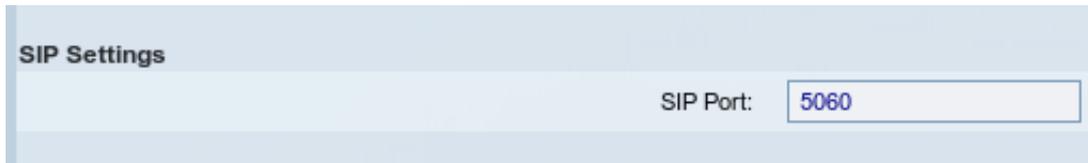


FIGURA C.3. Configuración puerto SIP

En la sección de "Proxy" se establece el localizador URL pss.sytes.net, debido a que este localizador redirecciona las peticiones al servidor Asterisk.



FIGURA C.4. Servidor proxy

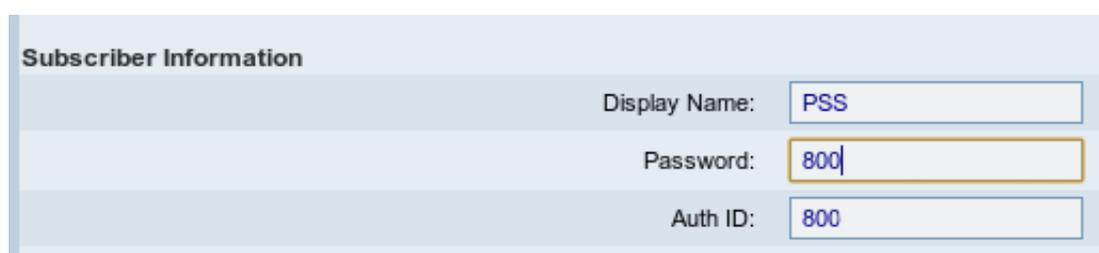
En la sección "Subscriber information" se establece la información de la extensión. En este manual se realiza la configuración de la extensión tomando como ejemplo la extensión número "800" con su respectiva clave de acceso. La configuración se realiza de la siguiente manera:

Display Name: PSS (Puede ser cualquier otro identificador)

Password: Contraseña respectiva del usuario

Auth ID: 800

User ID: 800



The image shows a web form titled "Subscriber Information". It contains three input fields: "Display Name" with the value "PSS", "Password" with the value "800", and "Auth ID" with the value "800".

FIGURA C.5. Información de la extensión

Para que el teléfono establezca los cambios ingresados es necesario dar clic en "Submit All Changes". Esta acción hace que el teléfono se reinicie.



FIGURA C.6. Guardar cambios

Así se muestra el teléfono después de realizar las respectivas configuraciones. La luz verde de la izquierda significa que se está utilizando la primera extensión del teléfono y hay comunicación con el servidor Asterisk.

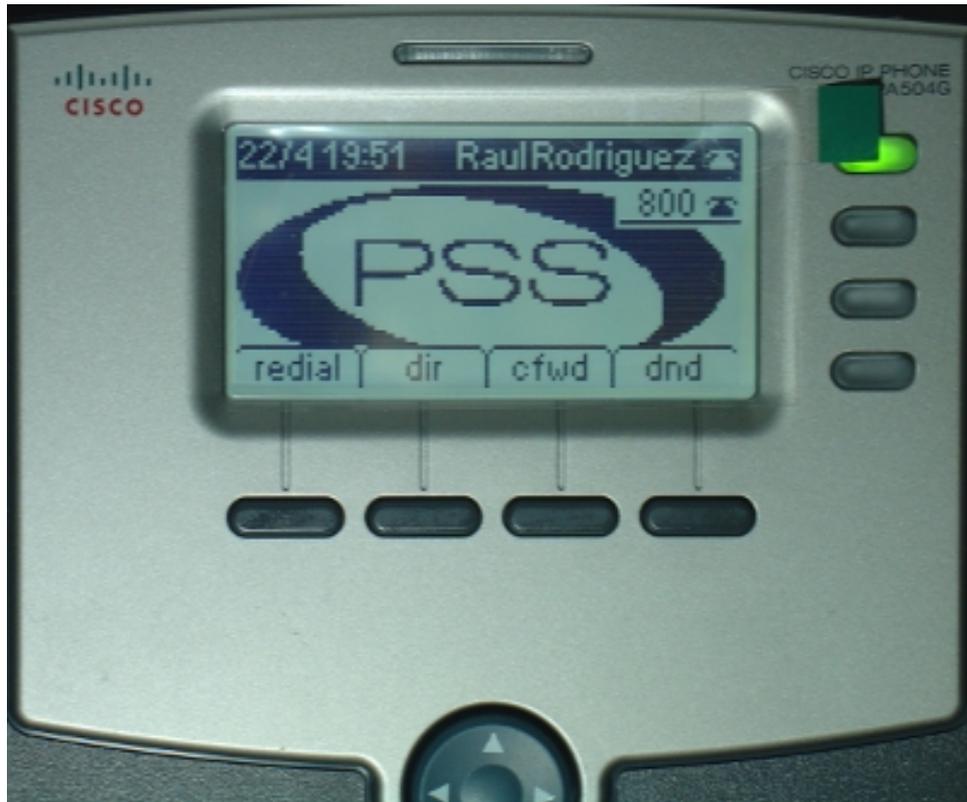


FIGURA C.7. Cisco SPA-504G

Llamada saliente a la extensión 801.

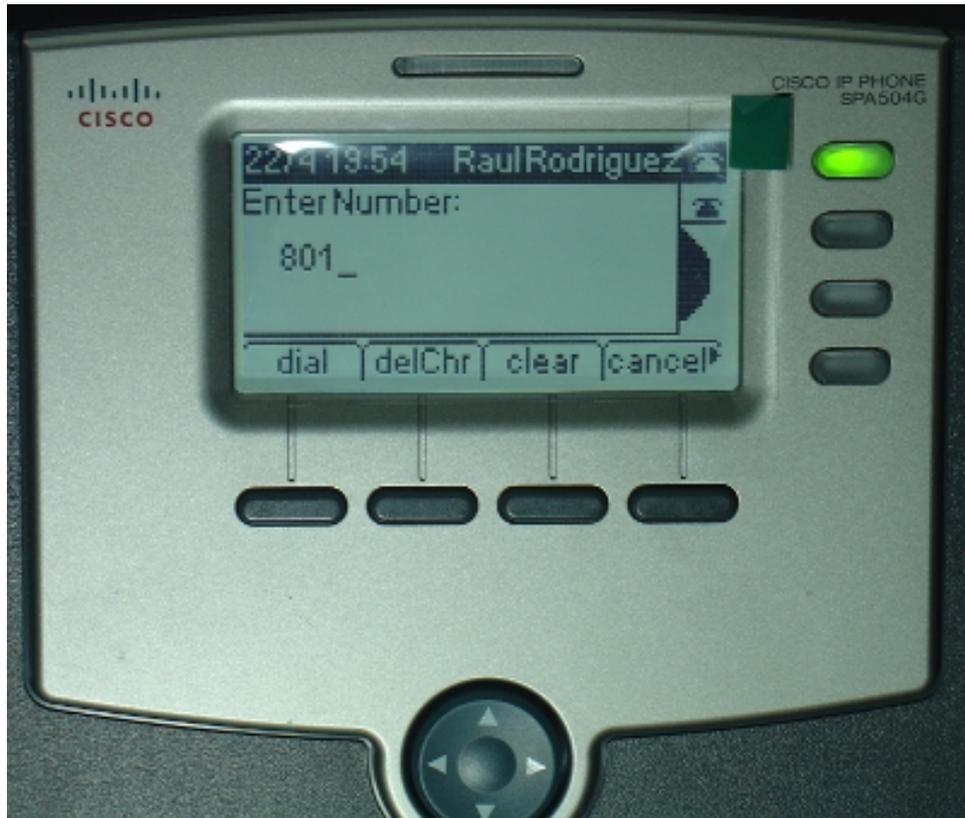


FIGURA C.8. Llamada saliente a 801

El alcance de las llamadas salientes esta predefinido por los diferentes perfiles de usuario.

El perfil internacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internacionales: [num<sup>1</sup>] + [indicativo del país] + [numero telefónico]

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil nacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

---

<sup>1</sup>num es un numero establecido para el canal de salida.

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil interno debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internas: numero de la extensión.

Llamada entrante de Raul Rodriguez.

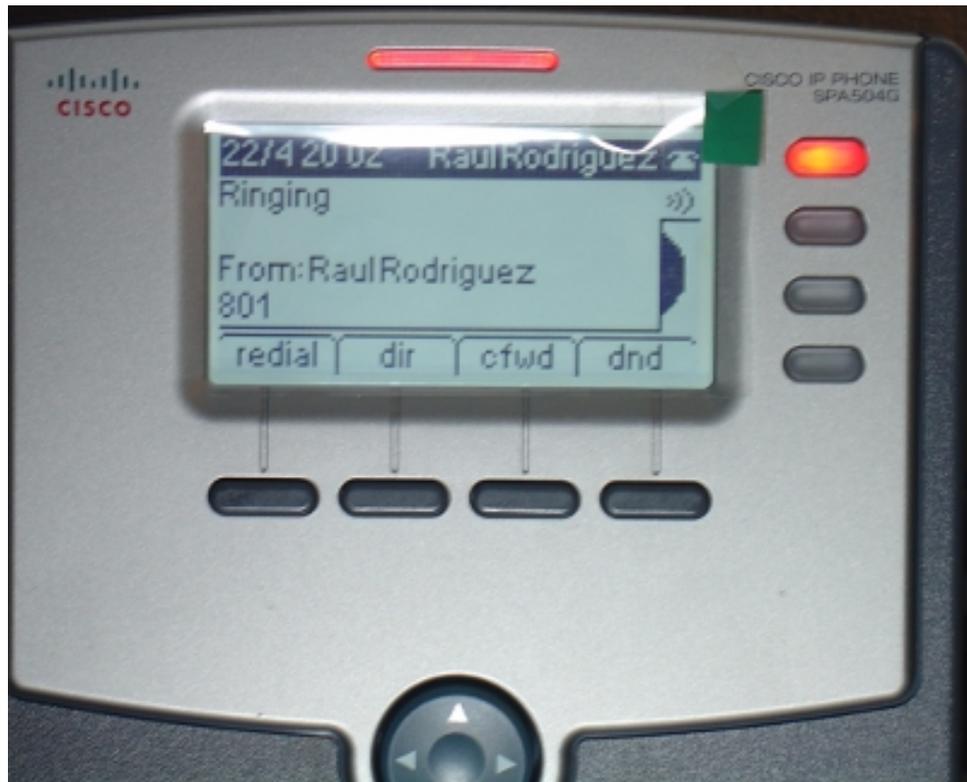


FIGURA C.9. Llamada entrante de Raul Rodriguez

Las opciones de configuración que no se establecieron en este manual se dejan como predeterminadas por el teléfono.

## **ANEXO D. MANUAL DE USUARIO: ANDROID (HTC-DESIRE)**

Este manual se dirige a usuarios que tengan una extensión dentro del sistema de telefonía Asterisk. Las personas que utilicen y tengan conocimientos básicos del manejo del sistema operativo para smartphones Android. Este manual se centra en la configuración de la aplicación CSipSimple para que el usuario inicie sesión en el servidor y pueda realizar y recibir llamadas.

Antes de realizar la configuración, el usuario ha debido de descargar e instalar la aplicación CSipSimple en el smartphone con Android. Para el manual se utilizó un smartphone de la empresa HTC, modelo Desire, versión de Android 2.2 (Froyo).

Así se muestra la aplicación en la pantalla, para ser ejecutada.

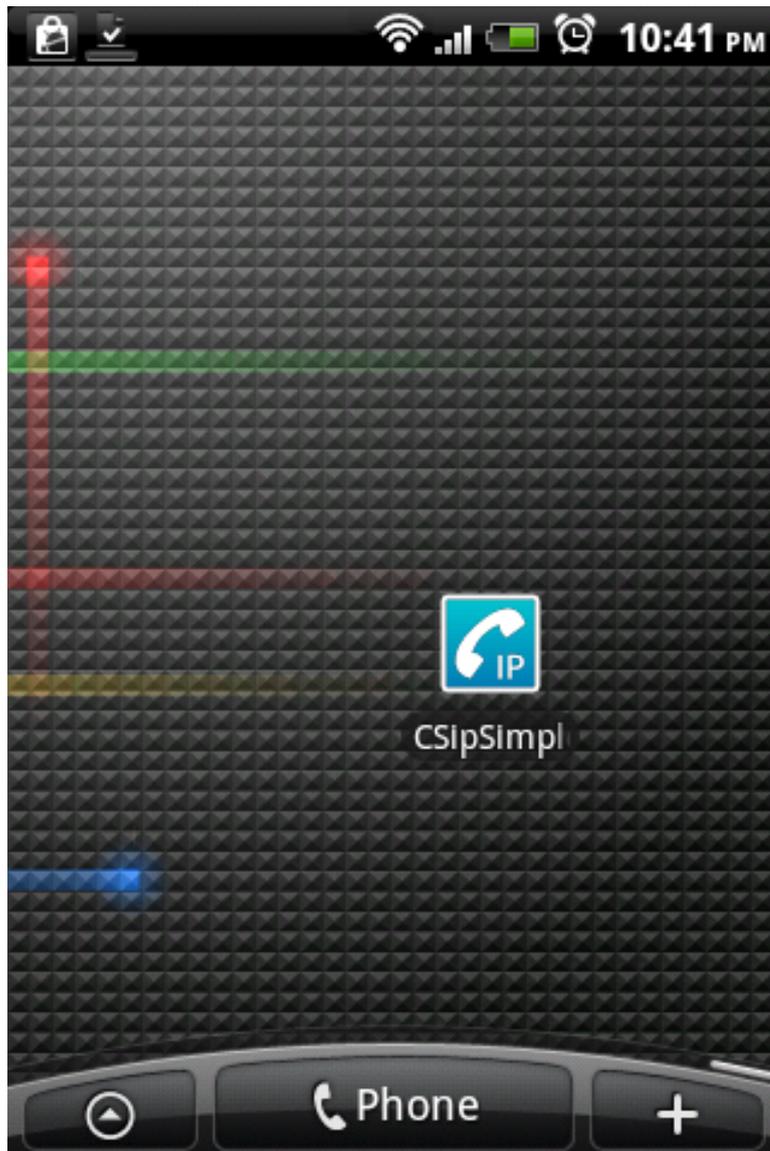


FIGURA D.1. Aplicación CSipSimple Android

Al hacer iniciar la aplicación, muestra un administrador de cuentas SIP.

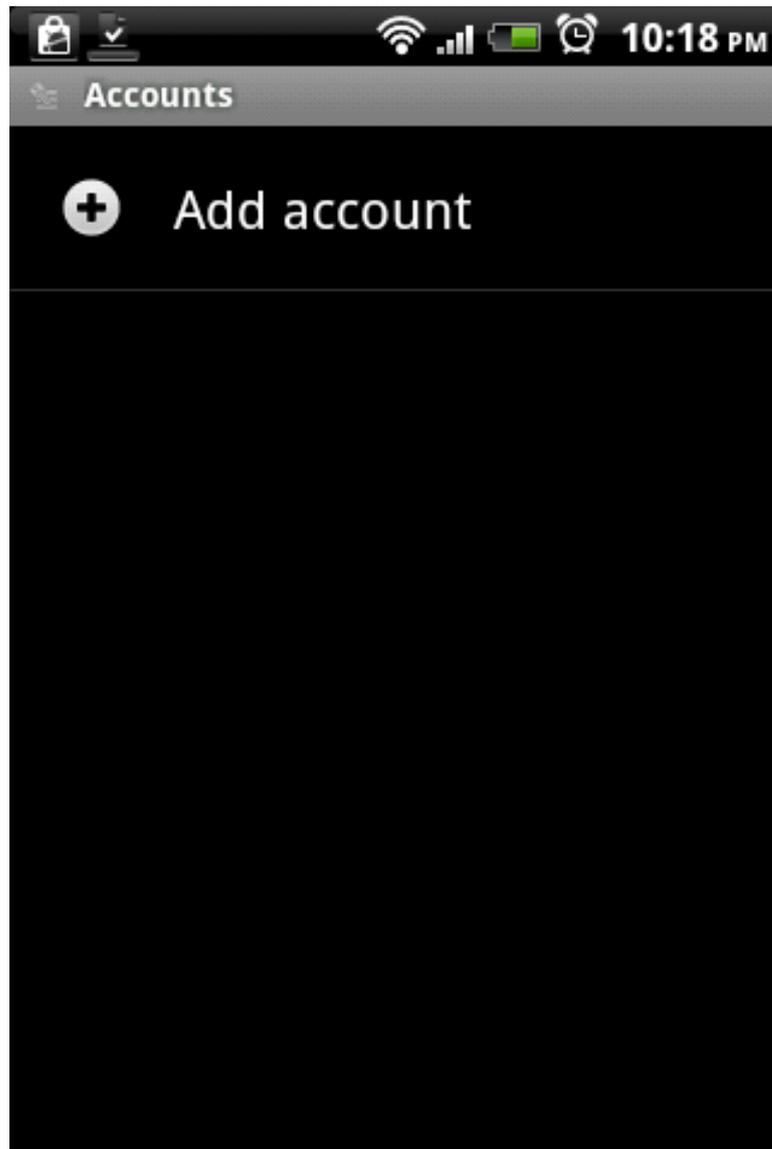


FIGURA D.2. Administración de cuentas

Existen varios tipos de asistente de configuración para conectar una cuenta al servidor, en este caso, se elige el asistente "Basic".

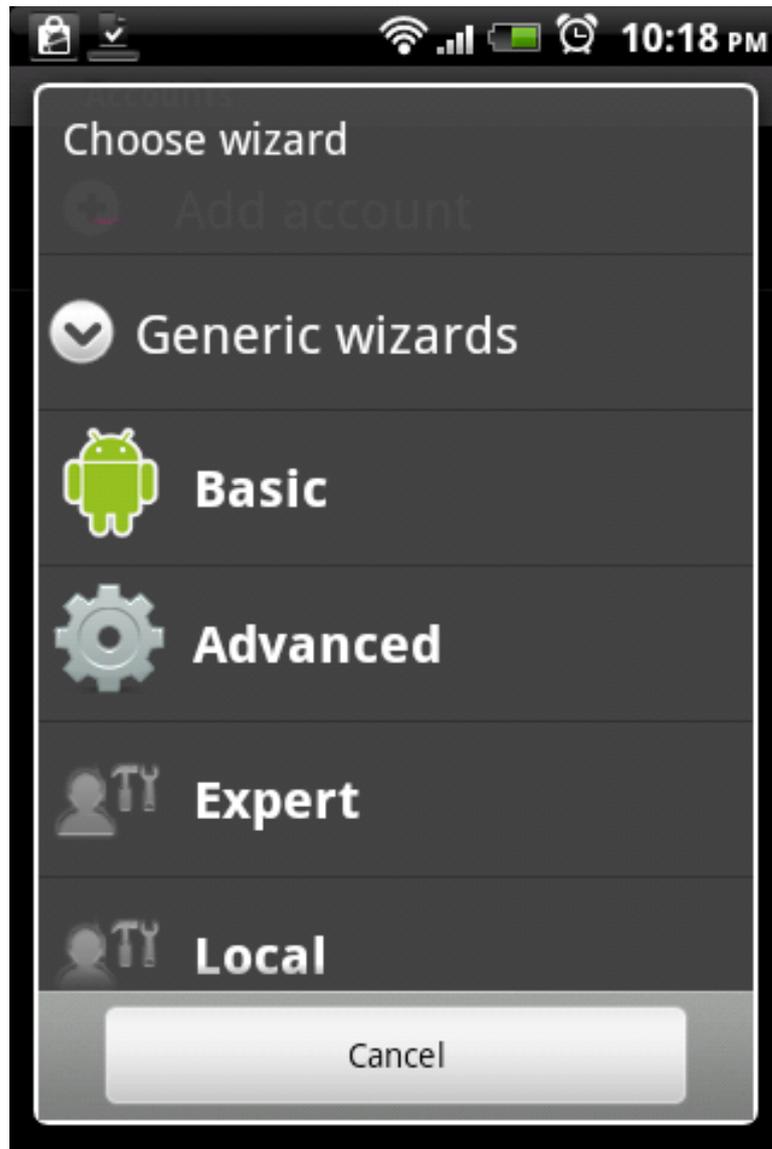


FIGURA D.3. Asistente de configuración

El asistente "Basic" muestra los siguientes campos a configurar:

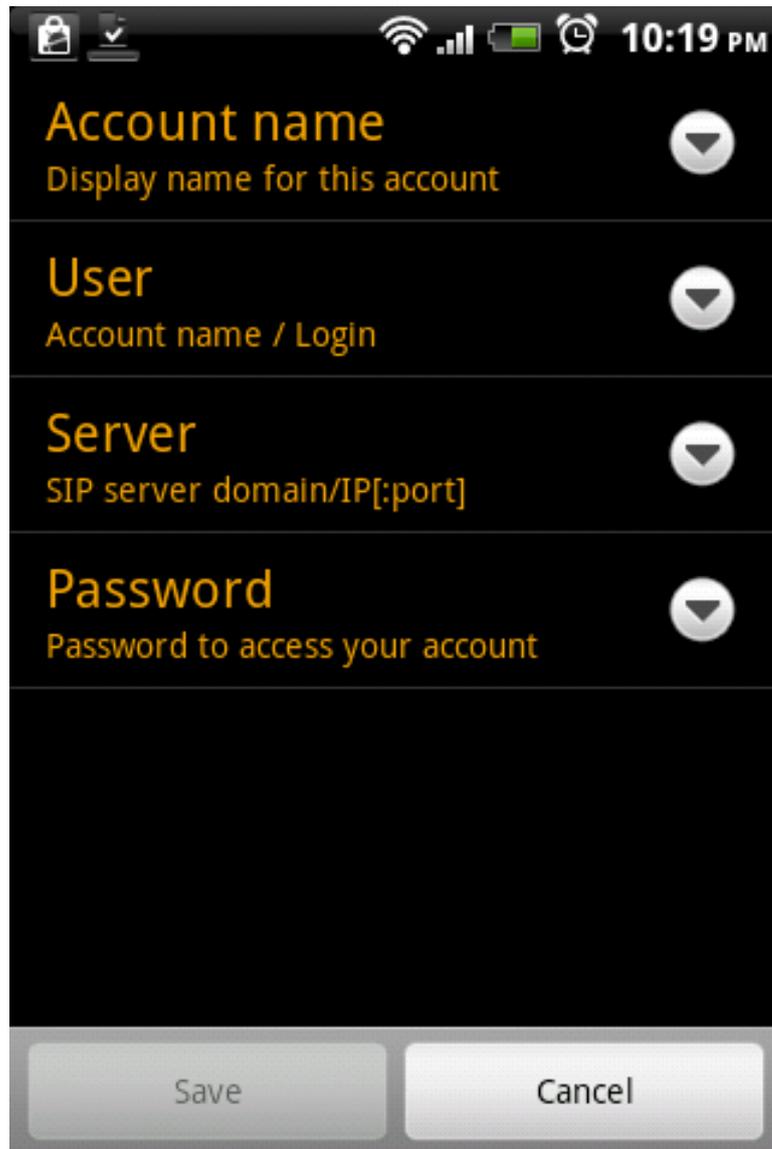


FIGURA D.4. Menú administración

En este manual se realiza la configuración de la extensión tomando como ejemplo la extensión numero "800" con su respectiva clave de acceso.

El campo "Account name" se establece como: PSS. Puede ser cualquier otro identificador.

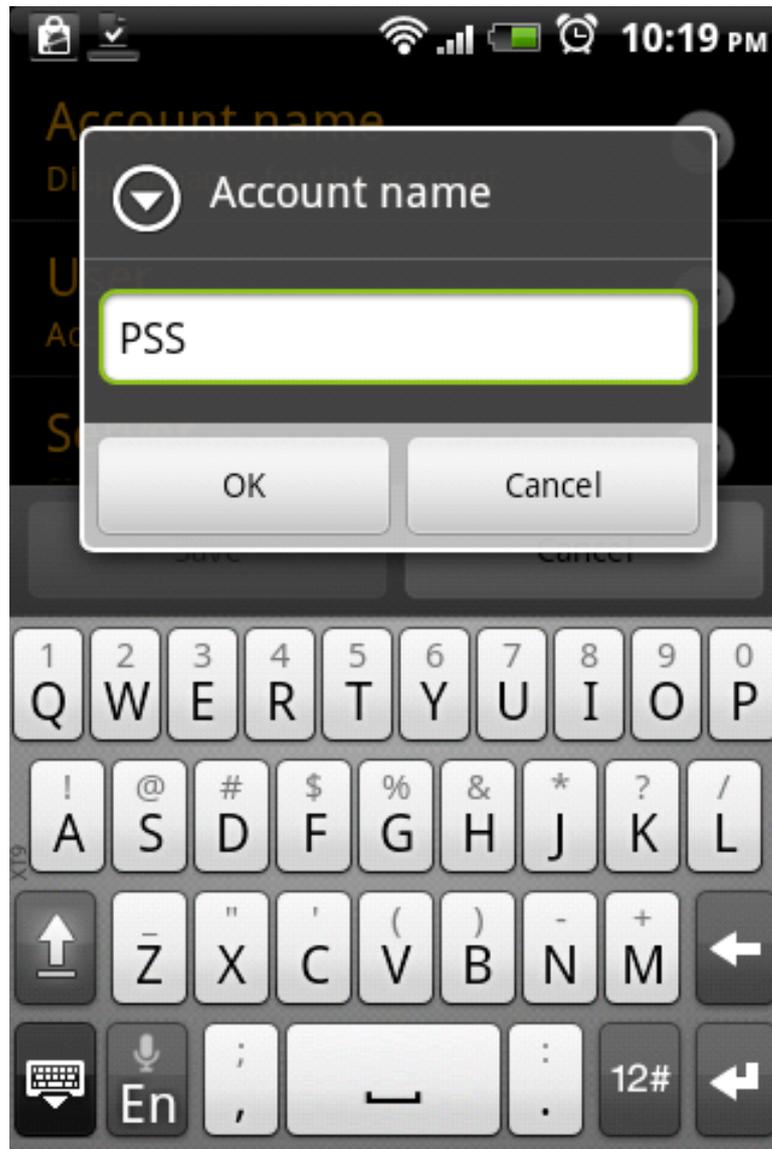


FIGURA D.5. Nombre de la cuenta

El campo "User" se establece como: 800

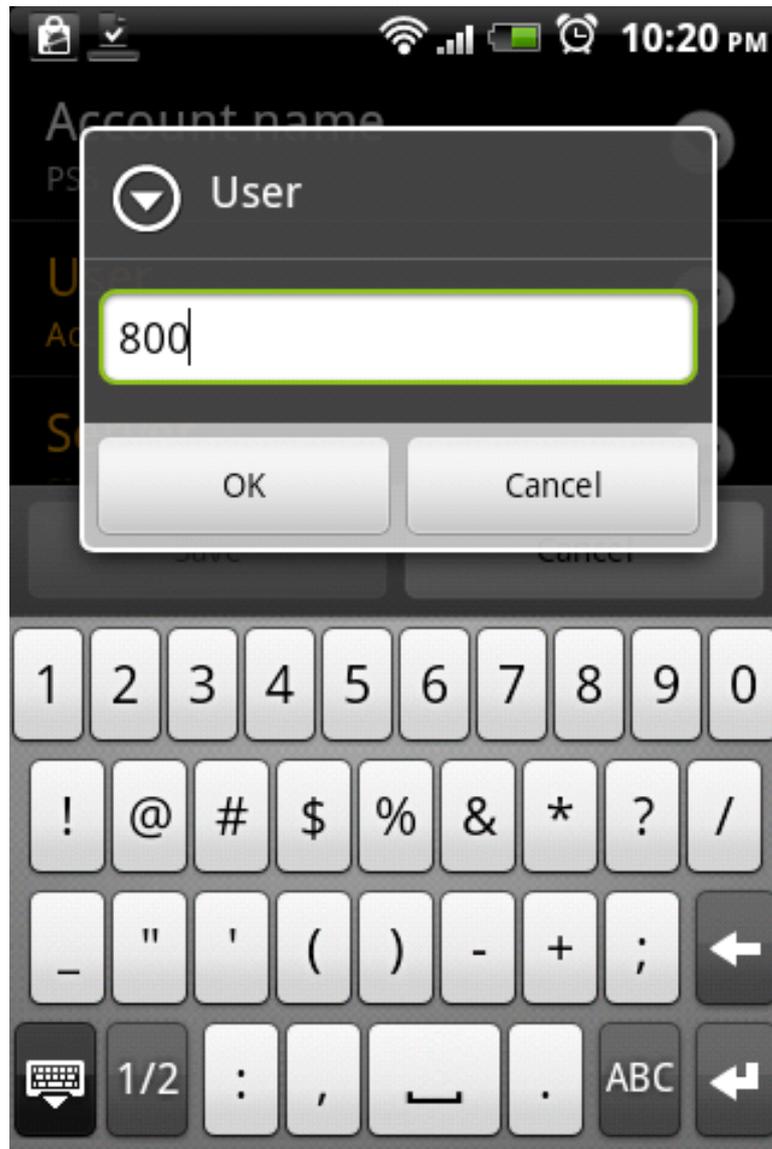


FIGURA D.6. Nombre de usuario

El campo "Server" se establece como: pss.sytes.net. Debido a que este localizador redirecciona las peticiones al servidor Asterisk.



FIGURA D.7. Dirección IP del servidor o URL

El campo "Password" se establece con la contraseña respectiva del usuario.

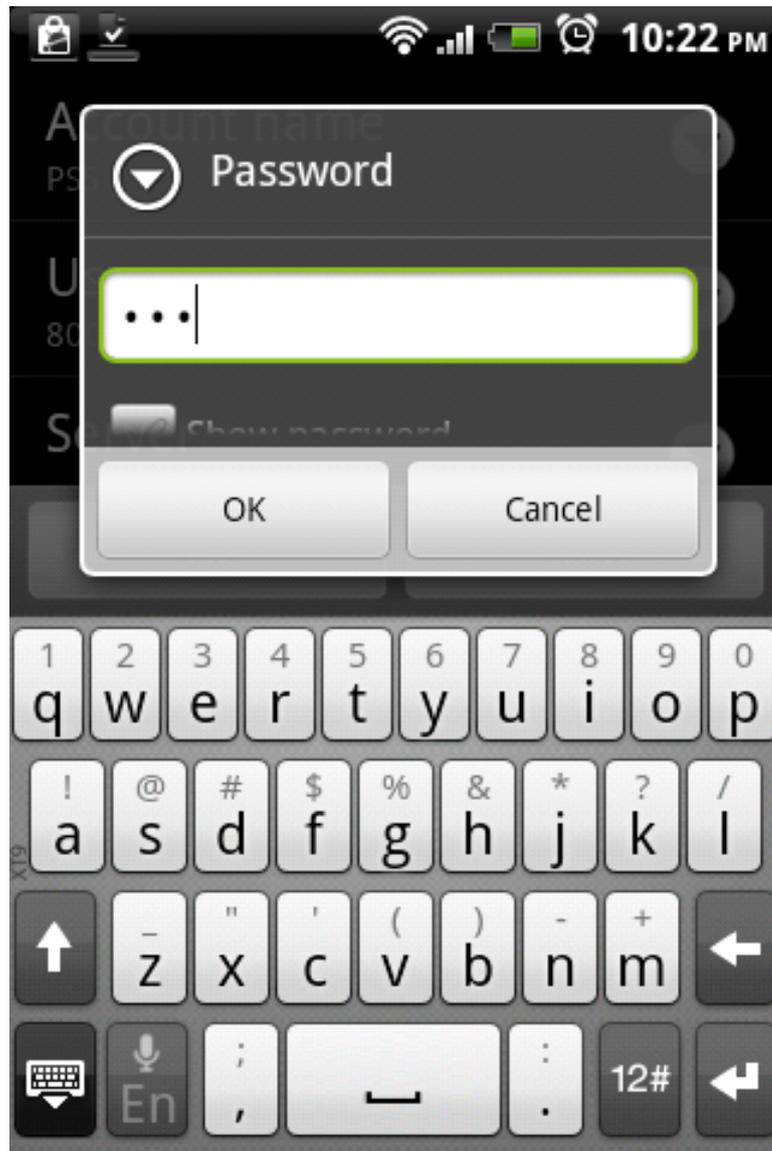


FIGURA D.8. Contraseña de la extensión

Resumen de la configuración de la cuenta:

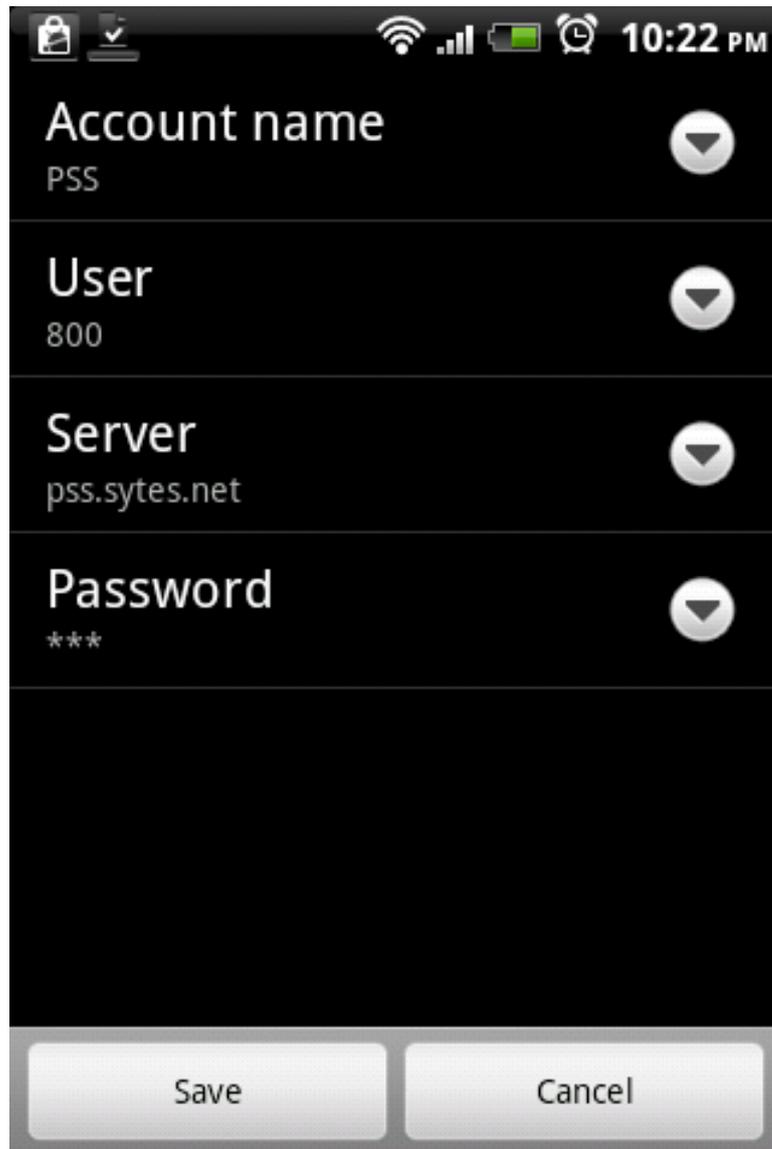


FIGURA D.9. Cuenta configurada

El registro de la cuenta es satisfactorio cuando el icono de la cuenta es verde.

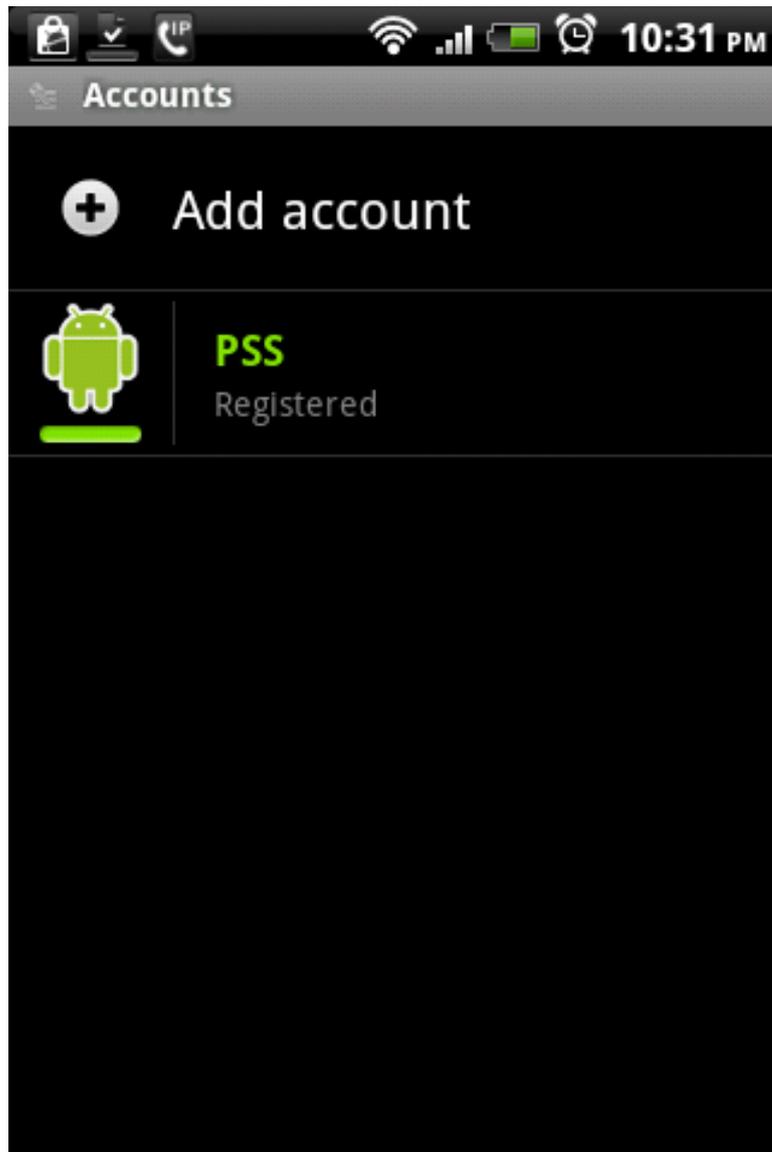


FIGURA D.10. Cuenta registrada

Llamada saliente a 801.

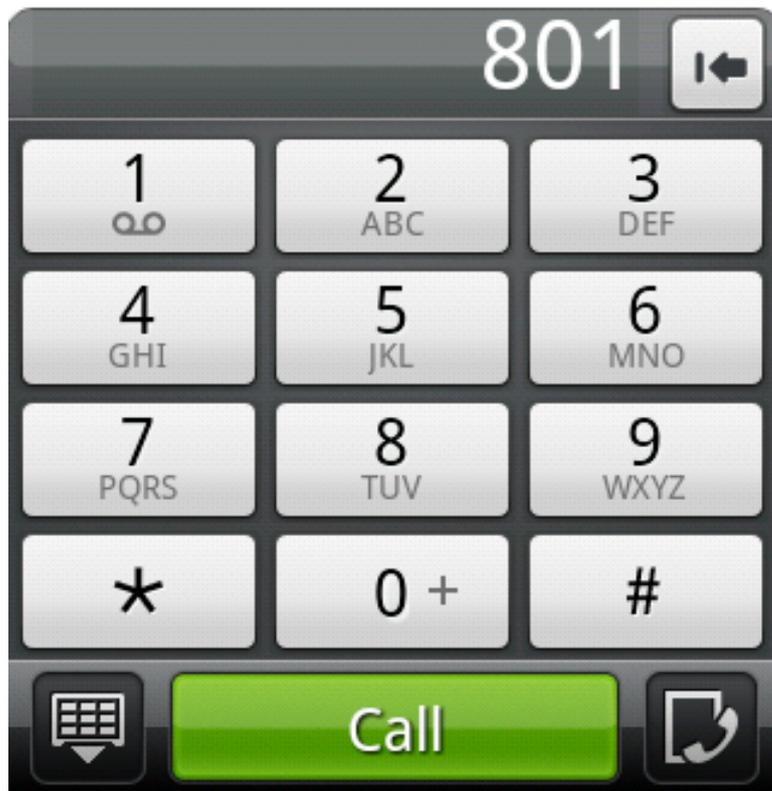


FIGURA D.11. Llamada saliente a 801

El smartphone ofrece los diferentes canales de comunicación para la llamada saliente.

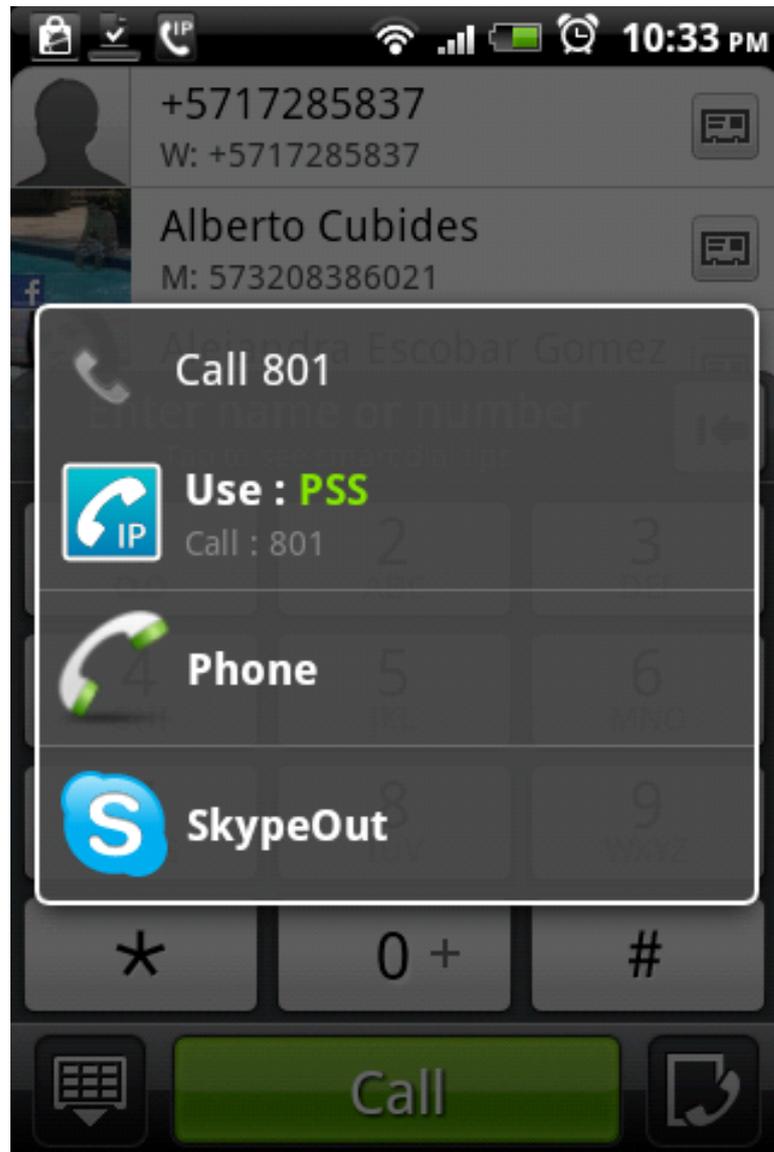


FIGURA D.12. Elegir canal de comunicación

Llamada saliente a 801.



FIGURA D.13. Llamada saliente a 801

El alcance de las llamadas salientes esta predefinido por los diferentes perfiles de usuario.

El perfil internacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internacionales: [num<sup>1</sup>] + [indicativo del país] + [numero telefónico]

<sup>1</sup>num es un numero establecido para el canal de salida.

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil nacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil interno debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internas: numero de la extensión.

Las opciones de configuración que no se establecieron en este manual se dejan como predeterminadas por la aplicación.

## **ANEXO E. MANUAL DE USUARIO: IOS (IPOD TOUCH 4G)**

Este manual se dirige a usuarios que tengan una extensión dentro del sistema de telefonía Asterisk. Las personas que utilicen y tengan conocimientos básicos del manejo del sistema operativo iOS de Apple. Este manual se centra en la configuración de la aplicación "Bria for iPhone Edition" para que el usuario inicie sesión en el servidor y pueda realizar y recibir llamadas.

Antes de realizar la configuración, el usuario ha debido de descargar e instalar la aplicación Bria for iPhone Edition en el dispositivo con sistema operativo iOS (iPod Touch, iPhone, iPad). Para el manual se utilizó un iPod Touch de cuarta generación, versión de iOS 4.

Así se muestra la aplicación en la pantalla, para ser ejecutada.

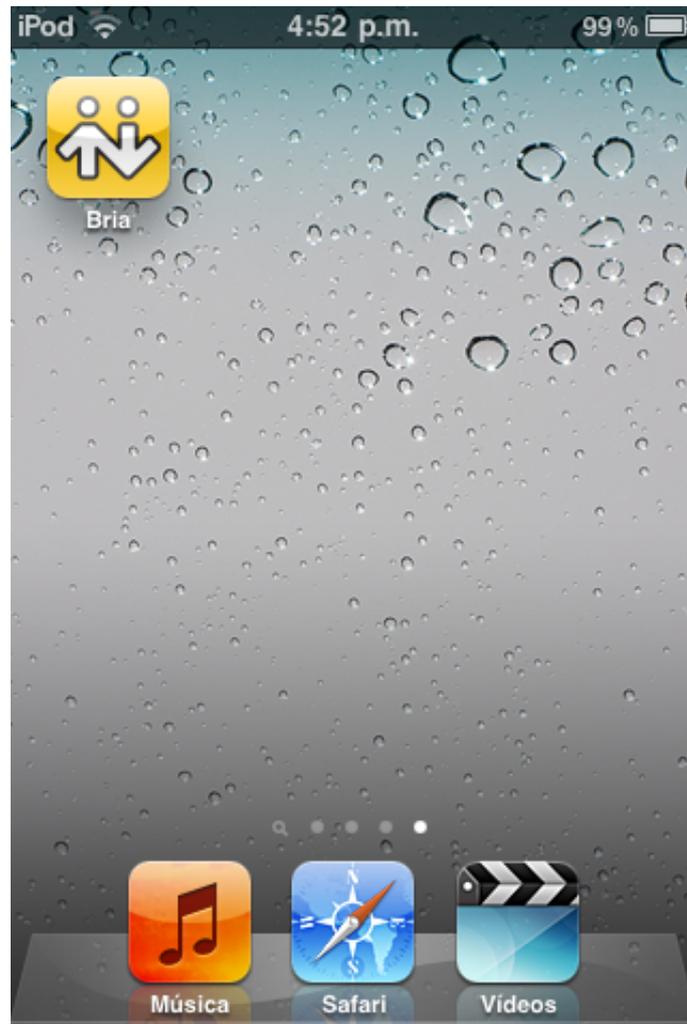


FIGURA E.1. Aplicación Bria for iPhone Edition

Inicio de la aplicación.



FIGURA E.2. Iniciando Bria for iPhone Edition

En esta sección se muestra la configuración de las cuentas existentes, para agregar hay que ir a donde está el icono ”+”.

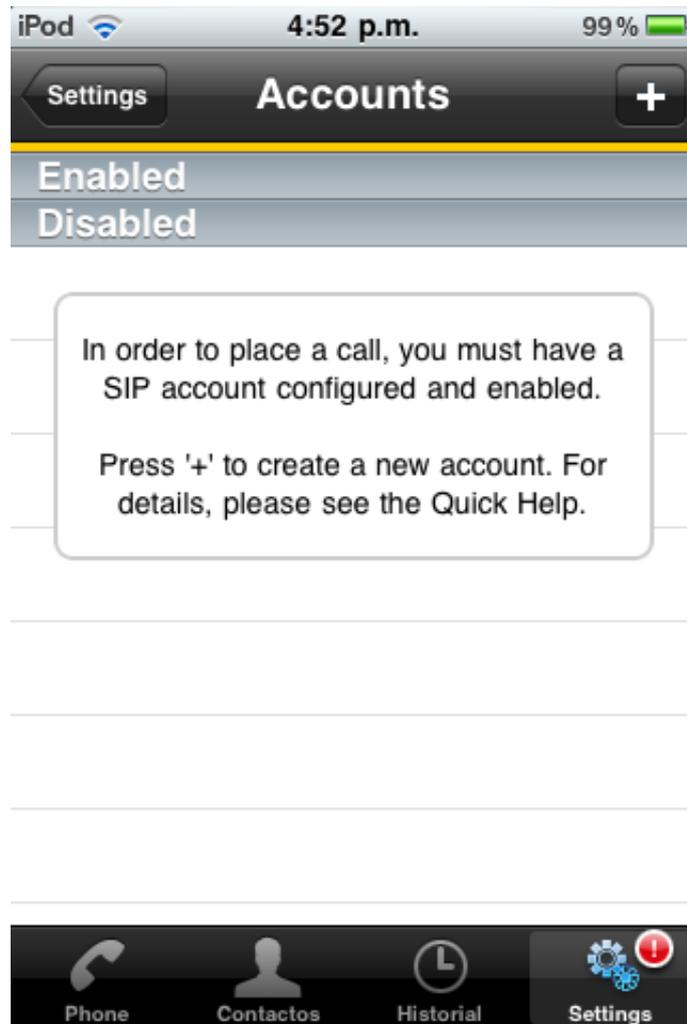


FIGURA E.3. Agregar cuenta SIP

Se agrega la información de la cuenta. En este manual se realiza la configuración de la extensión tomando como ejemplo la extensión numero "800" con su respectiva clave de acceso.

Account Name: PSS (Puede ser cualquier identificador)

Sisplay as: Alejandro Rodriguez (Puede ser cualquier identificador)

Username: 800

Password: Contraseña respectiva del usuario

Domain: pss.sytes.net (Este localizador URL redirecciona las peticiones al servidor Asterisk)

Para habilitar la cuenta, ir a "Enabled".

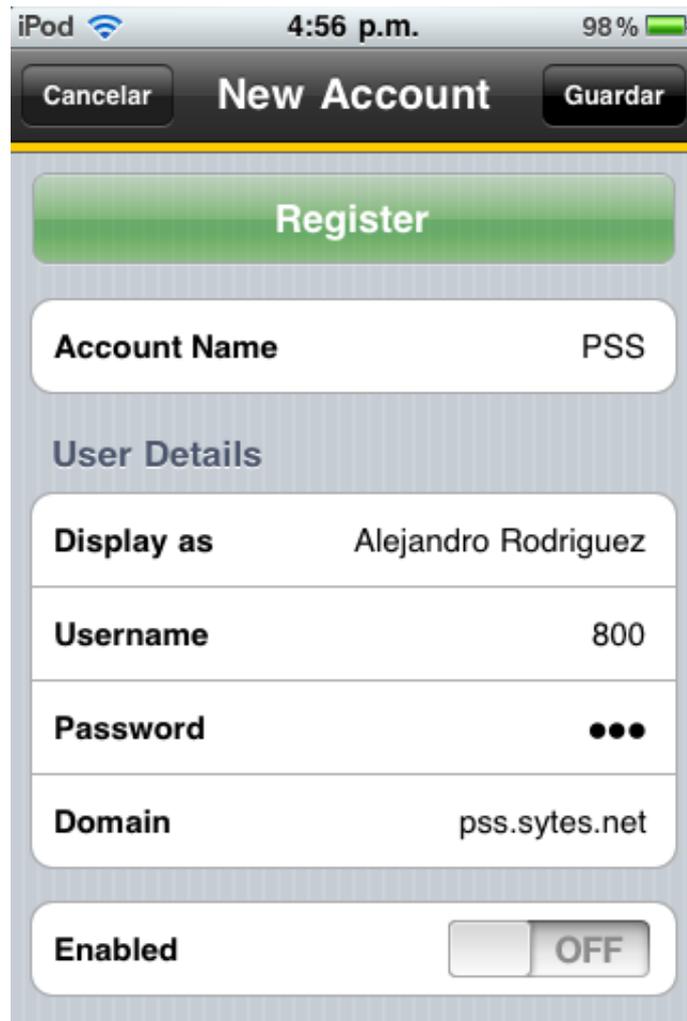


FIGURA E.4. Información de la cuenta

En la siguiente imagen se muestra que la cuenta fue configurada y conectada al servidor satisfactoriamente.

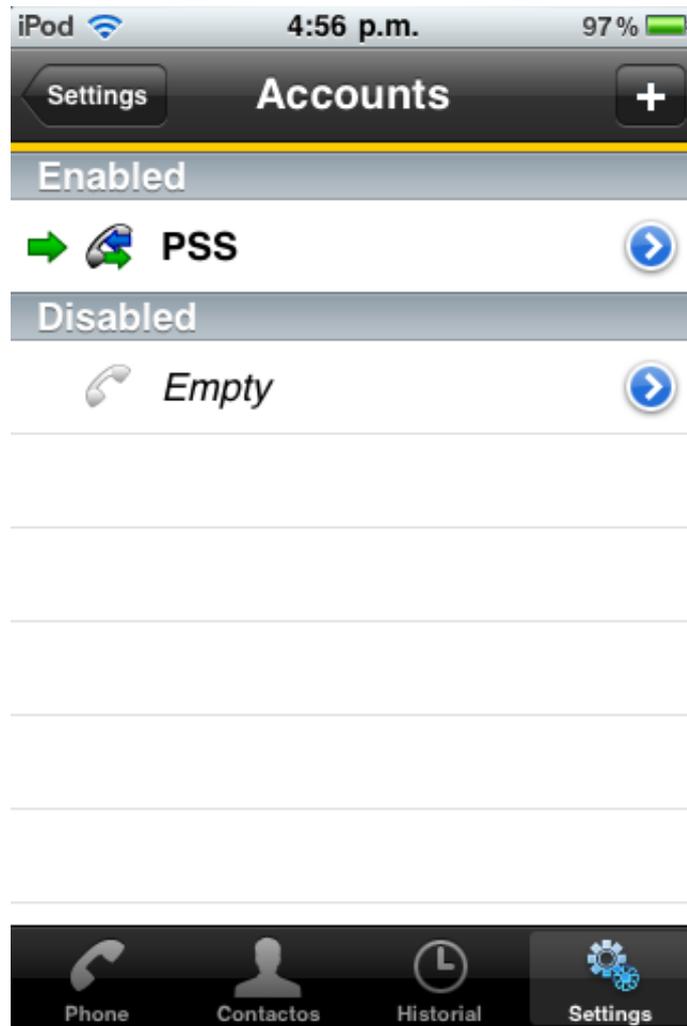


FIGURA E.5. Cuenta habilitada

Teclado numérico de la aplicación.

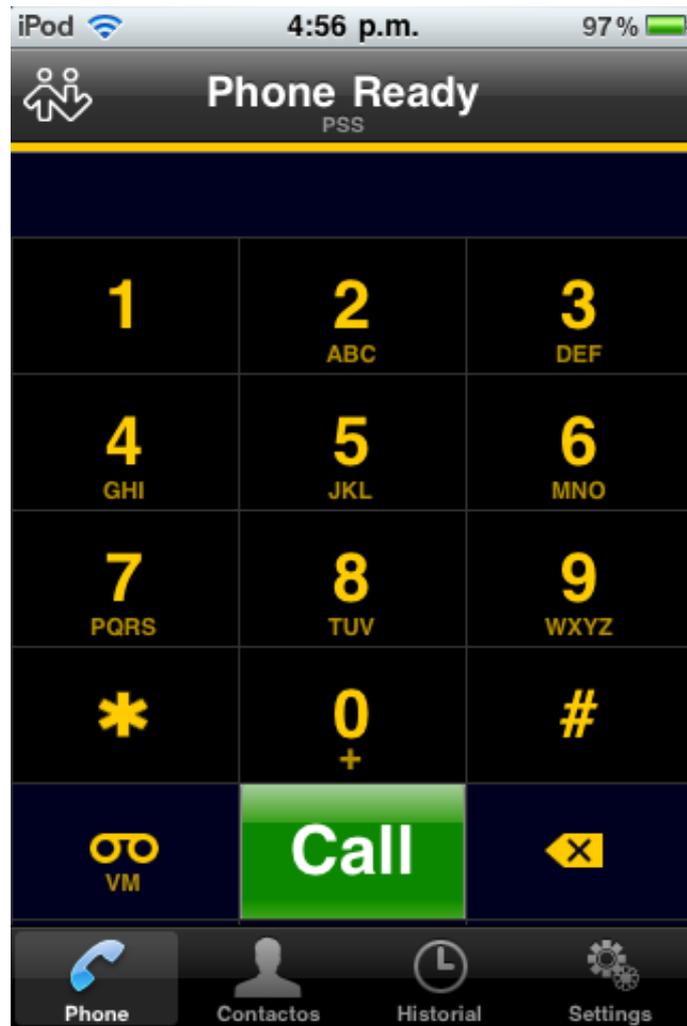


FIGURA E.6. Teclado numérico

Llamada saliente a la extensión 801.



FIGURA E.7. Llamada saliente a 801

El alcance de las llamadas salientes esta predefinido por los diferentes perfiles de usuario.

El perfil internacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internacionales: [num<sup>1</sup>] + [indicativo del país] + [numero telefónico]

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

<sup>1</sup>num es un numero establecido para el canal de salida.

El perfil nacional debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas nacionales: [num] + [57] + [indicativo del área] + [numero telefónico fijo]

Llamadas a celular: [num] + [57] + [numero celular]

Llamadas internas: numero de la extensión.

El perfil interno debe realizar el discado de la siguiente manera:

Llamadas internas: numero de la extensión.

Llamada entrante de Raul Rodriguez.

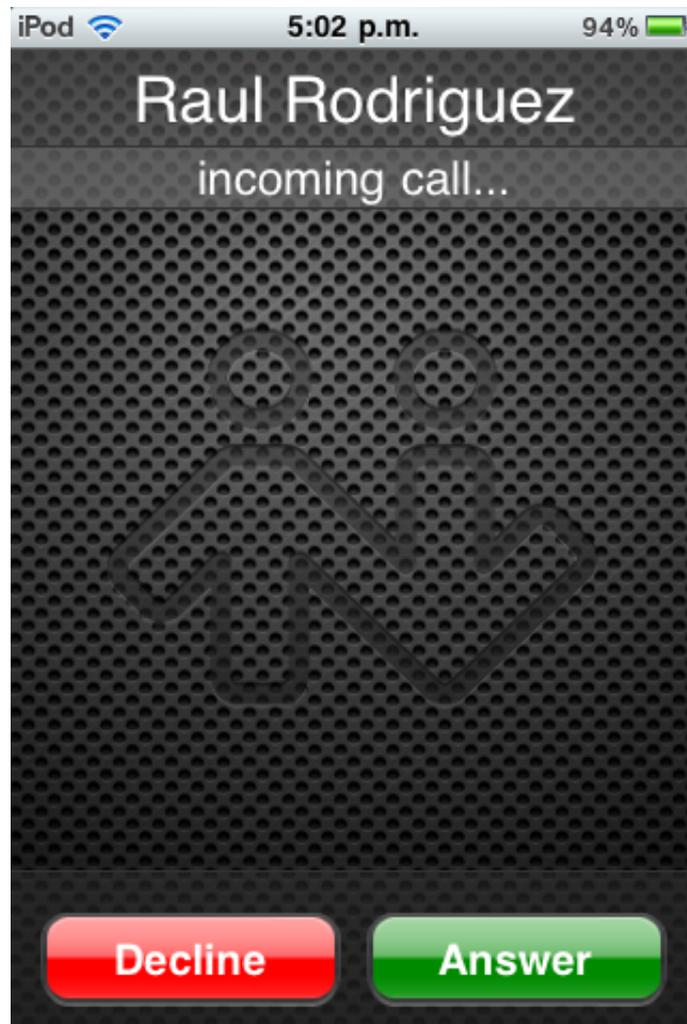


FIGURA E.8. Llamada entrante

Las opciones de configuración que no se establecieron en este manual se dejan como predeterminadas por la aplicación.