UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Diseño de la plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones mediante VoIP

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte (20) puntos

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:
Nombre: Victor Pestrzynsky

Firma:
Nombre: José Luis Díaz

Firma:
Nombre: José Luis Díaz

REALIZADO POR *Marieugenia Fernández Mendoza*
Vincenzo Saturno Braggiato

PROFESOR GUIA *José Luis Díaz*

FECHA *24 de Septiembre de 2007*

DISEÑO DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA CENTROS DE COMUNICACIONES MEDIANTE VOIP

Fernández, Marieugenia
fernandezmarieugenia@gmail.com

Saturno, Vincenzo
enzosaturno@gmail.com

La prestación de servicios de telefonía utilizando la tecnología de VoIP, es una alternativa cada vez más importante en el sector de las telecomunicaciones, principalmente debido a la gran reducción de costos y a la mayor cantidad de beneficios que introduce en comparación con la telefonía tradicional. En el presente Trabajo Especial de Grado se evidencia el diseño de la plataforma tecnológica necesaria para la implementación de Centros de Comunicaciones mediante VoIP. Para ello, se requirió inicialmente de una investigación teórica que fundamentara todos los conceptos, protocolos y tecnologías a utilizar durante las fases prácticas. El proyecto es desarrollado bajo software libre, recurriendo a Linux como sistema operativo para la implementación de la interfaz gráfica del computador de control del Centro de Comunicaciones, el software tarifador, y para la instalación, configuración y operación de Asterisk, la aplicación que cumple funciones de central telefónica IP. De esta forma, es posible la utilización de terminales telefónicos convencionales conectados a un ATA o teléfonos IP, para la realización de las llamadas que se podrán llevar a cabo en cualquiera de las 18 cabinas, las cuales cuentan también con visores o displays para que los usuarios observen en tiempo real la duración y costo de sus llamadas. Finalmente, con el diseño de la red local del Centro, y los códigos fuente de los programas desarrollados, se ofrece un paquete operativo completo, y una solución integral para la implementación tecnológica de Centros de Comunicaciones utilizando VoIP.

Palabras Clave: VoIP, Centros de Comunicaciones, Asterisk, Interfaz Gráfica.

Índice General

Resumen.....i

Agradecimientos.....ii

Índice General.....iii

Índice de Figuras.....viii

Índice de Tablas.....ix

Introducción.....x

I. Planteamiento del proyecto.....1

I.1. Planteamiento del problema.....1

I.2. Objetivo General.....2

I.3. Objetivos Específicos.....2

I.4. Limitaciones y Alcances.....3

II. Marco referencial.....4

II.1. VoIP.....4

II.1.1. Protocolos.....4

II.1.1.1. Protocolo Internet (IP).....4

II.1.1.2. Protocolos de Señalización.....5

II.1.1.2.1. H.323.....6

II.1.1.2.2. SIP.....7

II.1.1.3. Protocolos de Transporte.....10

II.1.1.3.1. UDP 10

II.1.1.3.2. RTP 10

II.1.1.3.3. RTCP 11

II.1.2. Arquitectura de red VoIP 12

II.1.2.1. Terminales 12

II.1.2.1.1. Analógicos 12

II.1.2.1.2. Digitales 12

II.1.2.2. Routers 13

II.1.2.3. Gatekeepers 14

II.1.2.4. Gateways 14

II.1.3. Parámetros de la VoIP 16

II.1.3.1. Calidad de Servicio (QoS) 16

II.1.3.2. Retardo o Latencia 16

II.1.3.3. Jitter 17

II.1.4. Ventajas de VoIP 17

II.1.5. Desventajas de VoIP 19

II.2. Software Asterisk 19

II.2.1. Codecs 20

II.2.2. Archivo sip.conf 21

II.2.3. Archivo extensions.conf 21

II.3. Redes LAN 22

II.3.1. Hub Ethernet 23

II.3.2. Hub USB 24

II.4. Centros de Comunicaciones 24

III. Metodología y Desarrollo 26

III.1. Investigación teórica 26

III.2. Software Asterisk 27

III.2.1. Instalación 27

III.2.2. Configuración 30

III.2.2.1. sip.conf 31

III.2.2.2. extensions.conf 32

III.2.3. Funcionamiento 35

III.3. Interfaz gráfica y software tarificador 36

III.3.1. Instalación del ambiente de desarrollo 36

III.3.2. Interfaz gráfica 38

III.3.3. Software tarifador 39

III.4. Selección de dispositivos 40

III.5. Diseño e Integración final 42

III.5.1. Diseño 42

III.5.2. Integración final 44

IV. Resultados 49

IV.1. Investigación teórica 49

IV.2. Software Asterisk 50

IV.2.1. Instalación 50

IV.2.2. Configuración 52

IV.2.2.1. sip.conf 52

IV.2.2.2. extensions.conf 53

IV.2.3. Funcionamiento 54

IV.3. Interfaz gráfica y software tarificador 55

IV.3.1. Instalación del ambiente de desarrollo 55

IV.3.2. Interfaz gráfica 56

IV.3.3. Software tarifador 59

IV.4. Selección de dispositivos 60

IV.5. Diseño e integración final 64

IV.5.1. Diseño 64

IV.5.2. Integración final 67

V. Conclusiones y Recomendaciones 70

V.1. Conclusiones 70

V.2. Recomendaciones 72

VI. Bibliografía 73

Apéndice A: Antecedentes de VoIP

Apéndice B: Funcionamiento básico del Protocolo SIP

Apéndice C: Funciones de los Protocolos RTP y RTCP

Apéndice D: Protocolo MGCP

Apéndice E: Protocolo IAX

Apéndice F: Estándar USB

Apéndice G: Configuración de Dirección IP estática en los ATA GrandStream HandyTone-386

Apéndice H: Parámetros de Configuración del Teléfono IP Linksys SPA921

Apéndice I: Tabla de Comandos de Asterisk

Apéndice J: Archivo *sip.conf*

Apéndice K: Archivo *extensions.conf*

Apéndice L: Ambiente de Desarrollo Boa Constructor

Apéndice M: Código Fuente de la Interfaz Gráfica

Apéndice N: Tabla de Comandos del Visor CrystalFontz CFA634-NFA-KU

Anexo A: Softphone X-Lite

Anexo B: Tabla de Tarifas de la empresa NGT

Índice de Figuras

Figura 1. Agentes y Servidores 9

Figura 2. Interoperatividad entre protocolos de transporte de VoIP 11

Figura 3. Modelo de sistema de Telefonía IP 15

Figura 4. CLI de Asterisk 51

Figura 5. Consola de Asterisk durante la realización de llamadas 55

Figura 6. Ventana principal del Centro de Comunicaciones 57

Figura 7. Cuadro de dialogo 58

Figura 8. Cabina 1 58

Figura 9. Llamadas en la Cabina 1 59

Figura 10. Teléfono Ericsson Dialog 4222 61

Figura 11. Visor seleccionado (CrystalFontz CFA634-NFA-KU) 64

Figura 12. Diseño de la Red del Centro de Comunicaciones 66

Figura 13. Visor en funcionamiento 68

Figura 14. Interfaz Web de configuración de ATA 69

Figura 15. Modelo de convergencia de servicios en una red SIP

Figura 16. Interfaz Web para la configuración del teléfono IP Linksys SPA 921

Figura 17. Ambiente de Desarrollo Boa Constructor

Figura 18. Softphone X-Lite

Índice de Tablas

Tabla 1. Lenguaje de programación instalado 56

Tabla 2. Características técnicas del Teléfono Digital Ericsson Dialog 4222 61

Tabla 3. Visores evaluados 63

Tabla 4. Características técnicas del Visor CrystalFontz CFA634-NFA_KU 64

Tabla 5. Dispositivos necesarios en el diseño de la Red del Centro de Comunicaciones 67

Tabla 6. Lista de algunas opciones permitidas por Asterisk

Tabla 7. Comandos de Control del visor CrystalFontz CFA634-NFA-KU

Introducción

Desde hace décadas la telefonía tradicional, se ha basado en redes exclusivamente desplegadas para la transmisión de conversaciones de voz, bajo el concepto de conmutación de circuitos y sobre un ancho de banda fijo, es decir, para lograr la comunicación entre dos puntos distantes se requiere del establecimiento físico de un circuito durante el tiempo que dure la llamada. Esquema que sin duda alguna, ha cumplido y sigue cumpliendo exitosamente su misión.

Sin embargo en los últimos tiempos, con la aparición de Internet, se comenzaron a suscitar una serie de cambios que involucraron por completo a las redes telefónicas; en principio, porque esta nueva red de datos fundamentada en conmutación de paquetes, se sustentó sobre la de conmutación de circuitos ya existente, mediante la utilización de módems para así lograr su masificación. De esta forma, rápidamente los requerimientos, exigencias y usuarios fueron aumentando, y generaron la necesidad de mayores anchos de banda y velocidades que la red telefónica ya no podía proporcionar. Así, se comenzaron a implementar las nuevas redes, especialmente diseñadas para soportar el protocolo IP y todas las nuevas aplicaciones que con él se relacionan.

De todo lo anterior se deriva la idea de transportar la voz, previamente convertida a datos, utilizando la red de Internet, o lo que se conoce como Voz sobre el protocolo de Internet (VoIP). Esta tecnología logra unir dos mundos históricamente separados: la transmisión de datos y la de voz, es decir, consigue que una red única se encargue de soportar todo tipo de comunicación, permitiendo a su vez que un mismo operador brinde eficazmente ambos servicios. Así pues, resulta evidente que detrás de todo esto, la clave es la disminución de costos y por consiguiente la reducción del precio que debe pagar el usuario final.

Con la realización del presente Trabajo Especial de Grado, se pretende aprovechar al máximo todas las bondades de la VoIP en el área específica de los Centros de Comunicaciones, que a pesar de ser un mercado indudablemente exitoso actualmente en el país, evidencia notables carencias tecnológicas y organizativas que repercuten negativamente, tanto en los inversionistas como en los clientes finales. Por ello, el objetivo estratégico del proyecto es el diseño de un modelo de plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones utilizando VoIP y aplicaciones de fuente abierta, que permitan abaratar considerablemente los costos en este campo y lograr la integración de los servicios de voz y datos.

El presente Tomo se encuentra estructurado en cinco capítulos:

En el capítulo I, se explican las motivaciones en las que se basa el desarrollo del proyecto a través de la presentación del planteamiento del problema. Además, se incluyen los objetivos generales y específicos que se trazaron para lograr las metas propuestas, y se detallan los alcances y limitaciones del Trabajo Especial de Grado.

El capítulo II corresponde al marco referencial, indispensable para recopilar la información teórica que sirve de sustento al proyecto, ya que se exponen una serie de conceptos, protocolos y conocimientos que fundamentan las fases sucesivas.

En el capítulo III se encuentra la metodología y el desarrollo. Consta de las cinco fases en las que se dividió la realización del proyecto, y se explican con lujo de detalles las técnicas, procedimientos y actividades desarrolladas para la instalación, configuración y funcionamiento de Asterisk, la implementación de la interfaz gráfica y el software tarificador, la selección y modelo de comunicación con el visor, y el diseño final de la red del Centro de Comunicaciones.

En el capítulo IV se muestran de forma explícita los resultados correspondientes a cada una de las fases descritas anteriormente. El correcto funcionamiento de Asterisk

comprobado a través de la realización de las llamadas, los programas desarrollados, la comunicación con el visor y el modelo de diseño de la red, constituyen la principal evidencia del producto final del trabajo.

Por último, en el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones relativas al Trabajo Especial de Grado, para dar respuesta al problema planteado y a los objetivos propuestos.

De esta forma, se invita al lector a conocer y analizar el modelo de diseño que se plantea en el presente proyecto, como una solución tecnológica integral para Centros de Comunicaciones mediante VoIP.

I. Planteamiento del proyecto

I.1. Planteamiento del problema

Actualmente en nuestro país, dentro del sector del las telecomunicaciones, existe un constante crecimiento en el área de los Centros de Comunicaciones, bien sea bajo el concepto de franquicias o de forma independiente, motivado principalmente por el bajo porcentaje de abonados que tiene la telefonía fija en el territorio nacional, y por las bajas tarifas que estos establecimientos proporcionan.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, la tecnología utilizada en los Centros de Comunicaciones se basa en enrutar las llamadas hacia las centrales telefónicas locales, ya sea de forma analógica o digital, sobre la plataforma PSTN (Public Switched Telephone Network), es decir la red local de CANTV, o sobre las redes móviles privadas de las operadoras del país. Además, se requieren de costosos sistemas tarificadores que dependen de las centrales, terminales telefónicos sencillos con un visor, o en su lugar teléfonos con pantalla incorporada, y diversos accesorios adicionales tales como tarjetas enrutadoras en cascada (dependiendo del número de cabinas), adaptadores celulares, un computador, densos sistemas de cableado, entre otros. Todo lo anterior para prestar únicamente servicios de voz, ya que si el Centro de Comunicaciones requiere de servicios de datos (Internet), se necesitaría de una infraestructura aún mayor.

Ante tales desventajas presentes en el funcionamiento de los Centros de Comunicaciones, la empresa transnacional New Global Telecom (NGT), operadora de servicios de telecomunicaciones en Venezuela y especialista en telefonía de Larga Distancia Nacional e Internacional, se propone expandir sus servicios en el país hacia el mercado de los Centros de Comunicaciones, utilizando la innovadora tecnología de Voz sobre IP (VoIP), con la finalidad de

eliminar las complejidades anteriormente descritas, y especialmente, de abaratar aun mas los costos. Para ello, se buscan soluciones tecnológicas eficaces y especialmente diseñadas para tales fines; a diferencia de la pequeña porción del mercado que ya ha tratado de migrar hacia VoIP, pero aplicando técnicas improvisadas y que podrían considerarse en algunos casos hasta obsoletas, lo cual les impide aprovechar al máximo las bondades de dicha tecnología.

De esta forma, se propone la realización de un proyecto para el diseño de la plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones a través de VoIP, que incluya la implementación de Asterisk como central telefónica, una interfaz gráfica de control para el operador del Centro, el programa de tarificación de las llamadas, la selección del visor para las cabinas y el diseño de la red LAN de dicho Centro de Comunicaciones; en la búsqueda de cubrir las deficiencias que existen en la actualidad y explotar al máximo todos los beneficios que ofrece VoIP: control del tráfico de la red, reducción de costos, mejor utilización del ancho de banda, integración y comunicación directa a cualquier lugar del mundo, sin importar si el terminal receptor es fijo, móvil o IP.

I.2. Objetivo General

Diseñar un modelo de plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones mediante VoIP.

I.3. Objetivos Específicos

- Desarrollar la interfaz gráfica de control central, para dirigir la red interna en el Centro de Comunicaciones.
- Configurar la aplicación Asterisk para el establecimiento de las llamadas mediante VoIP.

- Seleccionar el hardware del sistema mediante visores (displays), ubicados en cada cabina, que indiquen el tiempo de duración y el monto acumulado por el usuario en cada llamada.

- Desarrollar un paquete administrativo para tarifar y cobrar las llamadas realizadas por el usuario.

- Diseñar la Red de Área Local (LAN) que se instalará en el Centro de Comunicaciones.

I.4. Limitaciones y Alcances

Actualmente en el mercado existe cierta variedad de modelos de visores especialmente diseñados para Centros de Comunicaciones, por lo tanto no prevalece la necesidad real de implementar un nuevo visor, simplemente se adquirió un modelo específico, ya que es el que mejor se adapta a las necesidades del proyecto. Finalmente, este Trabajo Especial de Grado tampoco incluye la implementación física del Centro de Comunicaciones.

En el desarrollo del proyecto se incluye el código fuente de la interfaz gráfica y del software tarifador, así como el diseño de la red LAN. Igualmente se incorpora la configuración de la aplicación Asterisk, y la integración de toda la plataforma tecnológica software-hardware para el Centro de Comunicaciones. De esta forma el Trabajo Especial de Grado ofrece un paquete completo y una solución integral para explotar todas las bondades de la tecnología de VoIP, y principalmente abaratar los costos tanto de las llamadas nacionales como internacionales.

II. Marco referencial

II.1. VoIP

La Voz sobre el Protocolo Internet (Voice over IP) es una tecnología que permite la digitalización y transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, es decir, es el medio o la infraestructura necesaria para su transporte, de forma que se permita la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes de conmutación de paquetes u otras redes de datos utilizando un PC, gateways y diferentes tipos de teléfonos. En el Apéndice A, se encuentra una breve reseña sobre la evolución de esta tecnología.

Enviar datos de un teléfono a otro sería fácil si los datos encontrasen su propio camino para el otro teléfono destino. Sin embargo esto no sucede así, es preciso utilizar protocolos de señalización para establecer las conexiones, determinar el punto de destino, y también cuestiones relacionadlas a señalización de telefonía como el tono y tiempo de repique, identificador da llamada, desconexión etc. En la actualidad es común el uso de SIP, y de otros protocolos también en auge en el mercado como el IAX (Inter Asterisk eXchange).

II.1.1. Protocolos

II.1.1.1. Protocolo Internet (IP)

El Protocolo Internet (Internet Protocol) en sí mismo es un protocolo sin conexión que reside en la Capa de Red (Capa 3) del Modelo de Referencia OSI (Open System Interconecction), lo que significa que no hay ningún mecanismo de fiabilidad, control de flujo, secuenciación o reconocimiento (Davidson & Peters, 2001). El protocolo fue creado por la

IETF (Internet Engineering Task Force) para soportar una red de conmutación de paquetes (Grupo de Expertos sobre telefonía IP del UIT-D, 2005).

IP (RFC 791 para la v4, en septiembre de 1981) define la manera en que se enrutan los paquetes (datagramas) entre las redes, para que la información llegue a su destino. Cada nodo en cada una de las redes tiene una dirección IP diferente. Para garantizar un correcto enrutamiento, IP agrega su propio encabezado a los datagramas. Este proceso se apoya en tablas de enrutamiento que son actualizadas permanentemente. En caso de que el paquete de datos sea demasiado grande, el protocolo IP lo fragmenta para poderlo transportar (Huidobro, 2003). Específicamente para dirigir el paquete IP se hace a través de mecanismos de unidifusión, multidifusión o difusión, los cuales proporcionan los medios para que cada paquete IP sea etiquetado con una dirección de destino (Davidson & Peters, 2001).

La red más conocida que utiliza el protocolo IP es Internet, la cual es una red universal compuesta por múltiples terminales interconectados a través de una red en malla redundante. La transferencia de datos a través de Internet se realiza sin garantías (*best effort*), es decir, cuando dos terminales se comunican, sólo el receptor se encarga del control de datos. Si se cree que un ítem de datos recibido es incorrecto la información tiene que ser reenviada. Este tipo de comunicación se denomina "extremo a extremo" (Grupo de Expertos sobre telefonía IP del UIT-D, 2005).

II.1.1.2. Protocolos de Señalización

Los protocolos de señalización para el servicio de transmisión de voz han experimentado una gran evolución junto con la tendencia a trasportar

dicho tráfico desde las redes de conmutación de circuitos hacia las redes de conmutación de paquetes. Por ello, la arquitectura de señalización debe soportar tanto los servicios tradicionales como los nuevos servicios ofrecidos por puntos finales inteligentes, a la vez que conservan la privacidad y la integridad de la información del usuario. Así mismo las expectativas de calidad del usuario exigen una red de señalización de altas prestaciones, es por esto que la fiabilidad no solo debe residir en los elementos de la red sino también en la arquitectura de señalización empleada. En este sentido, los requerimientos de calidad que se persiguen están enfocados a obtener principalmente bajas tasas de retardo y de pérdida de paquetes.

II.1.1.2.1. H.323

Es una recomendación emitida por ITU (International Telecomunications Union) para transmitir audio, video y datos a través de una red de Protocolo Internet (IP). H.323 dirige la señalización y control de llamadas, además del transporte y el control multimedia y mejor utilización del ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto. H.323 hace referencia a una gran cantidad de protocolos específicos para el establecimiento de llamadas, señalización, transporte de datos, y otras áreas, en lugar de especificarlas por sí mismo (Davidson & Peters, 2001).

Incluye también especificaciones sobre la gestión de interfaces entre una LAN y otras redes. H.323 está concebido para la codificación y compresión de señales de voz e imágenes para su transporte a través de redes IP. Las normas que contiene esta recomendación pueden aplicarse con independencia del medio físico de la red IP: ATM (Asynchronous Transfer Mode) , FDDI (Fiber

Distributed Data Interface), etc., en modo no conectado y sin garantía de la calidad de servicio, es decir sin corrección de errores (Grupo de Expertos sobre telefonía IP del UIT-D, 2005).

II.1.1.2.2. SIP

El Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) es un protocolo de señalización IETF de la capa de aplicación que se utiliza para establecer, mantener y terminar sesiones multimedia. Las sesiones multimedia incluyen la telefonía Internet, las conferencias y otras aplicaciones similares que proporcionan medios como audio, vídeo y datos (Davidson & Peters, 2001).

SIP es un protocolo de control escalable, flexible y más simple que H.323, ya que está compuesto de un solo módulo, pero se ha diseñado para que interactúe bien con las aplicaciones de Internet existentes. Presenta algunas restricciones, ya que para el transporte de datos, se utilizan otros protocolos como, RTP/RTCP (Real-time Transport Protocol/Real-time Transport Control Protocol). SIP es un protocolo de capa de aplicación y puede ejecutarse sobre UDP (User Datagram Protocol) o TCP (Transmission Control Protocol) (Tanenbaum, 2003).

El Apéndice B permite profundizar sobre el funcionamiento básico del protocolo, a la vez que enumera los métodos y mensajes que emplea para establecer, mantener y finalizar una comunicación.

II.1.1.2.2.1. Componentes Básicos

La arquitectura SIP posee dos tipos de elementos o componentes básicos, como lo son los *agentes de usuario (UA)* y

los *servidores de red,* que se explican a continuación (Davidson & Peters, 2001):

II.1.1.2.2.1.1. Agentes de Usuario

Los UA constan a su vez de dos componentes: los agentes de usuario clientes (UAC) y los agentes de usuario servidores (UAS). Ambos se encuentran en todos los agentes de usuario, permitiendo la comunicación entre diferentes agentes de usuario mediante peticiones y respuestas de tipo cliente-servidor. Los UAC tienen como misión el envío de peticiones SIP, mientras que los UAS están encargados de atender tales peticiones y remitir las correspondientes respuestas.

II.1.1.2.2.1.2. Servidores de Red

Son aquellos que llevan a cabo funciones que pueden necesitar los puntos terminales, como teléfonos, gateways, computadores, etc., y que típicamente actúan en respuesta a la petición de los mismos (figura 1).

II.1.1.2.2.1.2.1. Servidor Proxy

Contiene funciones de cliente y de servidor. Interpreta y puede rescribir cabeceras de peticiones antes de pasarlas a otros servidores. La función de rescribir las cabeceras, identifica al Proxy como el iniciador de la petición y asegura que las respuestas sigan la misma ruta de vuelta hasta el Proxy.

II.1.1.2.2.1.2.2. Servidor de Registro

Recibe los registros de los usuarios clientes sobre su ubicación, lo que permite localizarlos para terminar las llamadas.

II.1.1.2.2.1.2.3. Servidor de Localización

Es empleado por un servidor Proxy o un servidor de redirección para obtener información sobre la posible localización del usuario llamado. El servidor de localización puede ser una entidad externa a la red SIP que emplee un protocolo alternativo para comunicarse con el servidor de desvío.

II.1.1.2.2.1.2.4. Servidor de Redirección (Desvío)

Acepta las peticiones SIP y envía una respuesta redirigida al cliente que contiene la dirección del siguiente servidor (NHS). Los servidores de redirección no aceptan llamadas ni tampoco procesan o reenvían peticiones SIP.

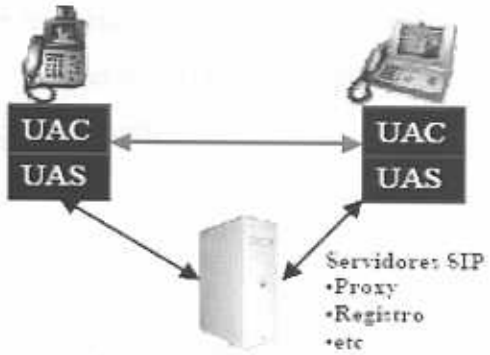

Figura 1. Agentes y Servidores (Castañeda, s.f)

II.1.1.3. Protocolos de Transporte

Para solucionar los problemas de ancho de banda, tráfico en tiempo real y capacidades limitadas de los buffers de datos en los receptores, presentes en el establecimiento de redes para transportar contenidos multimedia bajo demanda, y por tanto en la transmisión de voz sobre el protocolo de Internet, se han definido protocolos de transporte cuya misión principal es la de trasladar la información útil del origen al destino, cumpliendo con los requerimientos exigidos por dichas aplicaciones y por la voz en particular. A continuación se explican los protocolos de transporte UDP, RTP y RTCP, los más empleados en la integración de voz y datos.

II.1.1.3.1. UDP

El Protocolo de Datagrama de Usuario es un protocolo de la capa de transporte no orientado a conexión, no seguro (sin integridad en los datos), que proporciona solamente dos servicios mas de los que proporciona IP: demultiplexación y comprobación de errores en los datos. Además, UDP añade un mecanismo que distingue entre las diversas aplicaciones en un dispositivo, y puede opcionalmente comprobar la integridad del datagrama. Se utiliza mayormente cuando la velocidad es un factor importante; es por ello que la transmisión de voz se realiza sobre paquetes UDP que permiten un mejor aprovechamiento del ancho de banda.

II.1.1.3.2. RTP

El protocolo RTP (Real-time Transfer Protocol), como su nombre lo indica, provee servicios de audio y video en tiempo real extremo a

extremo, sobre una red de paquetes. El proceso de transporte lo ejecuta sobre UDP, e implica dividir en paquetes el flujo de bits que proporciona el codificador de señal, enviar dichos paquetes por la red y reensamblar el flujo de bits original en el destino. Todo ello, haciendo frente a las posibles pérdidas de paquetes, retrasos diferentes en su viaje por la red e incluso la alteración en el orden en que llegan al receptor. Por lo tanto RTP maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos.

II.1.1.3.3. RTCP

El RTCP (Real-time Transfer Control Protocol) es la parte del RTP que proporciona servicios de control, ya que este no dispone de ningún mecanismo para asegurar la calidad de servicio. Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red, y tomar acciones correctoras. La figura 2 muestra la interoperatividad entre los protocolos de transporte que soportan la tecnología de VoIP. En el Apéndice C se especifican las principales funciones realizadas por los protocolos RTP y RTCP.

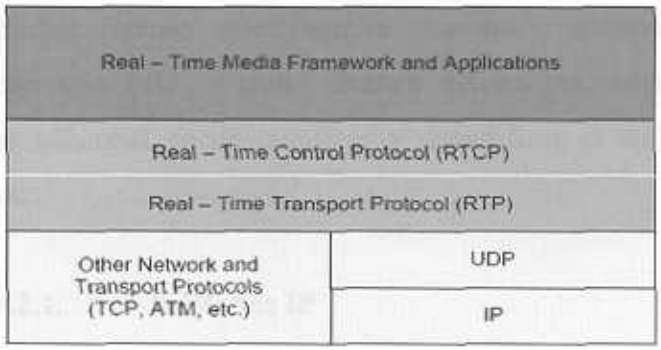

Figura 2. Interoperatividad entre protocolos de transporte de VoIP

II.1.2. Arquitectura de red VoIP

Se definen cuatro elementos fundamentales en la estructura, los cuales se aprecian integrados en el sistema de telefonía IP que se presenta en la figura 3.

II.1.2.1. Terminales

Son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.

II.1.2.1.1. Analógicos

Un terminal analógico es un equipo electrónico que no posee ningún tipo de microprocesador y actúa como FXO (Foreign eXchange Office), por ello no realiza operaciones adicionales de codificación de voz o de comunicación con otros entes, es decir, son los teléfonos convencionales.

II.1.2.1.2. Digitales

Un terminal digital es un equipo electrónico que posee un microprocesador interno que permite establecer comunicaciones paralelas con una PBX (Private Branch eXchange), además este componente adicional puede codificar y decodificar el audio de la conversación.

II.1.2.1.2.1. Teléfonos IP

Un terminal IP es un dispositivo hardware con forma de teléfono convencional, con la diferencia de que utiliza una

conexión de red de datos, en lugar de una conexión de red telefónica. Al ser un sistema completamente digital y programable, tienen teclas especiales configurables mediante un sistema de administración que puede ser accedido mediante Internet. Además disponen de una dirección IP a la que se puede acceder y mediante la que se puede configurar.

II.1.2.1.2.2. Softphones

Es un software o programa que simula un teléfono convencional a través de un computador (Anexo A), permitiendo realizar llamadas a cualquier destino y tipo de terminal. Un Softphone es típicamente parte de un entorno VoIP y puede estar basado en el estándar SIP/H.323 o ser propietario.

II.1.2.1.2.3. ATA

El Adaptador de Teléfono Analógico o ATA (Analog Telephone Adapter), es un equipo o dispositivo que permite conectar un teléfono analógico clásico a una red de paquetes o IP. Generalmente utilizan protocolo SIP o IAX, y poseen conectores RJ-11 (el conector de teléfono) y RJ-45 (conectores de red). Un ATA funciona como un adaptador FXS (Foreign eXchange Station), ya que por un lado se comunica con el teléfono analógico, y por el otro opera en modo digital con la red de VoIP.

II.1.2.2. Routers

Un router, enrutador o encaminador, es un dispositivo hardware o software de interconexión de redes que opera en la capa 3 (nivel de red)

del modelo de referencia OSI. Este dispositivo interconecta segmentos de red o redes enteras, haciendo pasar paquetes de datos entre diferentes redes tomando como base la información de capa 3, es decir que actúa como puerta para permitir el acceso a los recursos de una red, independientemente de los protocolos o sistemas operativos de los usuarios, y buscando siempre el camino mas adecuado para la transmisión.

II.1.2.3. Gatekeepers

Son dispositivos encargados de proveer los servicios mas importantes a la red, como: direccionamiento, autorización y autenticación de los terminales y *gateways*; manejo de ancho de banda, carga de llamadas a los terminales, etc. Además provee enrutamiento de llamadas. Son el centro de toda la organización de la arquitectura VoIP, y serían el sustituto para las actuales centrales, ya que proporcionan servicios de control de llamadas entre extremos finales H.323.

II.1.2.4. Gateways

Un Gateway o pasarela es un servidor que proporciona a clientes y usuarios de forma transparente, conectividad hacia el mundo exterior, estén o no dentro de una red privada, es decir, es el enlace con la red telefónica tradicional (PSTN). Este servidor puede ser cualquier tipo de máquina, con cualquier sistema operativo capaz de proveer funcionalidades de router y firewall. El protocolo que define la comunicación entre los elementos de control de llamadas y las pasarelas de telefonía es el MGCP (Media Gateway Control Protocol) (Apéndice D).

Podemos considerar a los gateways, como una caja negra que por un lado tiene una interfaz LAN y por el otro dispone de una o varias de las siguientes interfaces:

- FXO (Foreing Exchange Office): es cualquier dispositivo que, desde el punto de vista de la central telefónica, actúa como un teléfono tradicional. Se conectan a extensiones de centrales o a la red telefónica básica.
- FXS (Foreing Exchange Station): representa la estación que está situada al otro lado de la línea telefónica tradicional. Se conectan a enlaces de centrales o teléfonos analógicos.
- E&M: para conexión específica a centrales.
- BRI: para el acceso básico (RDSI, 2B + D).
- PRI: para el acceso primario (RDSI, 30B + D).

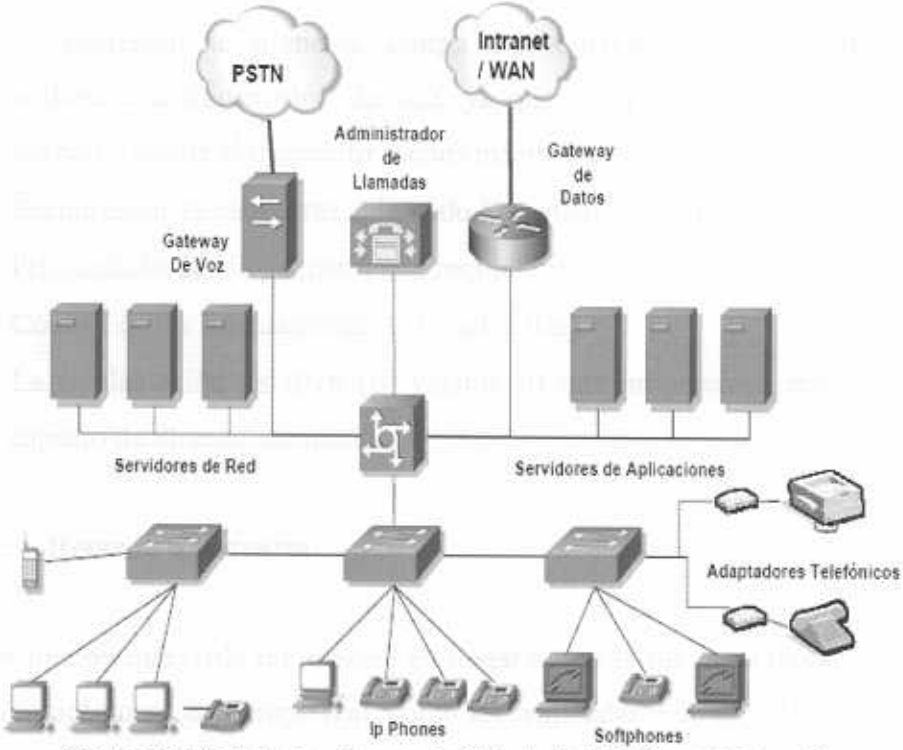

Figura 3. Modelo de sistema de Telefonía IP (Castañeda, s.f)

II.1.3. Parámetros de la VoIP

La voz ha de codificarse para poder ser transmitida por la red IP. Según el Codec utilizado en la transmisión, se utilizará cierto ancho de banda, el cual suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos, dando origen a los siguientes parámetros (VoipForo, s.f):

II.1.3.1. Calidad de Servicio (QoS)

La calidad de servicio (Quality of Service) es la capacidad de la red para ofrecer mejoras en el servicio de cierto tipo de tráfico. Al implementar VoIP, para ofrecer calidad en la conversación, el ancho de banda que necesitan los dos flujos de tráfico se debe garantizar con independencia del estado del resto de las conexiones. Esto se logra en base a los siguientes criterios:

- La supresión de silencios, otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.
- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.
- Priorización de los paquetes que requieran menor latencia.
- Control de las fluctuaciones de la red (jitter).
- La implantación de IPv6 (IP versión 6) que proporciona mayor espacio de direccionamiento.

II.1.3.2. Retardo o Latencia

Es el tiempo que tarda un paquete en llegar desde la fuente al destino. Las comunicaciones en tiempo real, como las realizadas mediante VoIP y full-duplex, son sensibles a este efecto. La latencia o retardo entre el

punto inicial y final de la comunicación debería ser inferior a 150 ms. El oído humano es capaz de detectar latencias de unos 250 ms, si se supera ese umbral la comunicación se vuelve molesta.

II.1.3.3. Jitter

El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP) son especialmente sensibles a este efecto, pero el aumento de mecanismos de QoS (calidad del servicio) como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad (100Mb Ethernet, E3/T3, SDH) reducen considerablemente los problemas del jitter.

El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debe ser inferior a 100ms para que pueda ser compensado de manera apropiada. En caso contrario deberá ser minimizado mediante la introducción de los paquetes entrantes en un buffer y, desde allí, enviados a intervalos estándar.

II.1.4. Ventajas de VoIP

Por su estructura la tecnología de Voz sobre el protocolo de Internet proporciona las siguientes ventajas (Proyintec, s.f):

- VoIP posibilita desarrollar una única red convergente que se encargue de cursar todo tipo de comunicación, ya sea voz, datos, video.

- Permite el control del tráfico de la red, por lo que se disminuyen las posibilidades de que se produzcan caídas importantes en el rendimiento.
- La telefonía IP no requiere el establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que toma la conversación, por lo tanto, los recursos que intervienen en la realización de una llamada pueden ser utilizados en otra cuando se produce un silencio, lo que implica un uso más eficiente de los mismos.
- Las redes de conmutación de paquetes proveen calidad telefónica utilizando un ancho de banda menor que el de la telefonía clásica, ya que los algoritmos de compresión pueden reducir hasta 8kbps la tasa de transmisión para digitalización de la voz, produciendo un desmejoramiento en los atributos de la misma apenas perceptible.
- Es independiente tanto del hardware utilizado, como del tipo de red física que lo soporta, permitiendo la integración con las grandes redes IP actuales.
- El despliegue de la tecnología de VoIP reduce los costos y mejora la escalabilidad, empleando componentes de redes de datos estándares (enrutadores, switches, gateways, etc.), en vez de los caros y complicados switches requeridos para telefonía tradicional. Además de bajos costos de gestión y mantenimiento de la red.
- Ofrece un mayor número de aplicaciones e integración de servicios y empresas; mediante oficinas virtuales, buzón de voz, llamada en espera, videoconferencias.
- A corto plazo, se espera lograr la encriptación total de los paquetes de voz, para alcanzar la seguridad integral de la tecnología, y que esta pueda ser implementada por organismos de defensa, militares, investigación, inteligencia policial, etc.

II.1.5. Desventajas de VoIP

- Transportan la información dividida en paquetes, por lo que una conexión suele consistir en la transmisión de más de un paquete, los cuales pueden perderse. Además no hay garantía sobre el tiempo que tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación, es decir, se sacrifica confiabilidad para obtener velocidad.
- Los servicios ofrecidos están restringidos a redes privadas, y en consecuencia a pocos usuarios, ya que en un ambiente como Internet (red pública), los niveles de calidad telefónica son bajos, por lo que no puede proveer anchos de banda reservados ni controlar la fluctuación de carga que se presenta.
- La necesidad de contar con una conexión a Internet estable, ya que si existen problemas técnicos con la conexión, el servicio telefónico VoIP tampoco funcionará correctamente.

II.2.Software Asterisk

Asterisk es una aplicación software libre (*Open Source)* que proporciona todas las características que se esperan de una PBX (Private Branch eXchange) tradicional y muchas más, ya que trabaja con voz sobre IP en varios protocolos (SIP, H.323) e interopera con casi todo el equipo estándar basado en telefonía IP usando hardware relativamente asequible económicamente.

Es un sistema completo de PBX, pues lleva a cabo funciones avanzadas de operadora automática, buzones de voz personalizados, videoconferencias, colas de llamadas, registros de llamada detallados, mensajes de texto, discado automático, entre otras. Permite operar con los teléfonos IP a través de su cableado de red. Así mismo puede utilizar clientes instalados en sus ordenadores

como teléfonos, y desplegar soluciones completamente a medida. El Asterisk permite conectividad en tiempo real entre las redes PSTN y de datos.

El proyecto Asterisk comenzó en 1999 cuando Mark Spencer decidió implementar su propia central telefónica. Un año mas tarde, Asterisk comienza como un software abierto y con un gran número de seguidores y apoyo, excepto el de las empresas que aun no se fiaban de este software ni de Linux. Pero no tardó mucho la aceptación de esta aplicación, ya que para finales del año 2001, la empresa "Linux-support" se convirtió en Digium, que se especializó en la venta del hardware exclusivo para Asterisk, luego otros fabricantes se dedicaron a crear dicho hardware y así Asterisk se convirtió en el principal producto de VoIP en todo el mundo (Rojano, s.f)

Asterisk puede ser ejecutado en sistemas estándares como estaciones de trabajo, servidores, etc.; y funciona además en los sistemas operativos soportados bajo Gnu/Linux, *BSD y Apple Mac OSX. Debido a que es software libre posee las siguientes características: libertad de uso, de estudio, de adaptación, de copia, etc. (Gorrotxategi, s.f).

Por otra parte, uno de los protocolos especialmente diseñados para la interacción entre aplicaciones Asterisk es el IAX, que se explica detalladamente en el Apéndice E.

II.2.1. Codecs

Los CODECs, palabra compuesta por Codificador y Decodificador, son los encargados de convertir señales analógicas en información digital para poder transmitirla por la red de paquetes. Además presentan la funcionalidad de comprimir la secuencia de datos, proporcionando un ahorro de ancho de banda, realizan la cancelación del eco y la supresión del silencio. Existen

diferentes tipos de codificadores, dependiendo de su capacidad de compresión, los que soporta Asterisk son (VoipForo, s.f):

- G.711 ulaw: 64 Kbps.
- G.711 alaw: 64 Kbps.
- G.726: 32 Kbps en Asterisk.
- G.729: 8 Kbps.
- GSM: 12-13 Kbps.
- iLBC: 15 Kbps.
- LPC10: 2.5 Kbps.

II.2.2. Archivo sip.conf

El archivo sip.conf sirve para configurar todo lo relacionado con el protocolo SIP, añadir nuevos usuarios o conectar con proveedores SIP.

En el sip.conf se encuentran todos los usuarios que pueden acceder a la aplicación y se definen las funcionalidades para cada usuario con sus respectivos perfiles. Información de registro como la clave, nombre y tipo de usuario se encuentran en este archivo, con la idea de autenticar, autorizar y permitir acceso a los usuarios. De igual forma, se habilitan los codificadores de voz a utilizar y se configura el contexto para cada usuario, que no es más que el enlace con el archivo extensions.conf, con la finalidad de realizar llamadas, de acuerdo al plan de marcado habilitado para dicho usuario.

II.2.3. Archivo extensions.conf

El extensions.conf es el archivo de configuración principal del software Asterisk, donde se declaran todas las extensiones. Además es el que coordina

todas las acciones dentro de la aplicación, y se encarga de la trascendental labor de enrutamiento de las llamadas.

Asterisk es una PBX, una central telefónica, y como tal cada una de sus extensiones tiene asignado un número y una serie de acciones a ejecutar cuando es discada, ya sea desde la consola de Asterisk, desde un teléfono conectado a través de una placa FXS, desde un ATA, softphone, etc.

Otra de las especificaciones concernientes a este archivo, es su relación directa con el sip.conf, debido a que este último invoca al contexto correspondiente al determinado usuario, que se encuentra definido en el extensions.conf y permite realizar el discado, selección de la ruta y señalización de las llamadas entrantes y salientes. De la misma forma, dicho archivo permite configuraciones adicionales como: definición de variables de uso general, lugar de almacenamiento de sonidos grabados, ejecución de rutinas para buzón de mensaje en caso de no contestar la llamada, bloqueo de dígitos, permisos, entre otras.

II.3.Redes LAN

"Una red de área loca (LAN) es un sistema de transmisión de datos que permite que un cierto número de dispositivos independientes se comuniquen entre si dentro de un área geográfica limitada" (Forouzan, 2002:355).

Las LANs se utilizan principalmente para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas de empresas para compartir recursos e intercambiar información, ya que estas redes generalmente se encuentran en un solo edificio o en un campus de pocos kilómetros de longitud (Tanenbaum, 2003).

La tecnología de transmisión que se utiliza en redes de área local, básicamente consiste en un cable al cual se encuentran unidos todos los *hosts* pertenecientes a dicha red. La velocidad de transmisión varía entre 10 y 100Mbps, pero actualmente alcanzan los 10Gbps. Así mismo, posee un retardo bajo medido en microsegundos o nanosegundos, y cometen muy pocos errores (Tanenbaum, 2003).

Cada *host* perteneciente a una red LAN requiere de una dirección IP, la cual puede ser asignada estáticamente mediante el administrador de la red o a través del protocolo DHCP.

El Dynamic Host Configuration Protocol, es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme estas van estando libres, sabiendo en todo momento quien ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido, a quien se la ha asignado después. Básicamente es un estándar diseñado para reducir la complejidad de la administración de configuraciones de direcciones mediante la utilización de un equipo para administrar de forma centralizada las direcciones IP y otros detalles de configuración de la red.

II.3.1. Hub Ethernet

El Hub Ethernet es un dispositivo que opera en la capa física del modelo de referencia OSI, que aumenta el alcance de una conexión física, recibiendo las señales y retransmitiéndolas, para evitar su degradación a través del medio de transmisión, y permitiendo además la interconexión de múltiples nodos. Su funcionamiento es relativamente simple, pues recibe una trama Ethernet, por

uno de sus puertos, y la repite por todos los restantes sin ejecutar ningún proceso sobre las mismas.

II.3.2. Hub USB

El Bus de Serie Universal (de sus siglas en inglés Universal Serial Bus) o USB, provee un estándar de bus serie para conectar dispositivos a un computador, que incluye la transmisión de energía eléctrica al dispositivo conectado, el cual además es reconocido automáticamente gracias a su sistema de Plug&Play. En el Apéndice F se ahonda aún mas sobre dicho estándar.

Un Hub USB es un dispositivo que permite tener varios puertos USB a partir de uno sólo, es decir, puede definirse como un distribuidor de puertos USB.

La versión USB de un hub condiciona el tipo de dispositivos que se le pueden conectar:

- USB 1.0 ó 1.1: Admite dispositivos "Low Speed" (velocidad de hasta 1,5 Mbit/s) y "Full Speed" (velocidad de hasta 12 Mbit/s).
- USB 2.0: Además de los anteriores, admite dispositivos "High Speed" (velocidad de hasta 480 Mbit/s). Para poder usar dispositivos "High Speed", tanto el hub como el puerto del ordenador al que se conecta el hub deben ser USB 2.0.

II.4.Centros de Comunicaciones

Un Centro de Comunicaciones o locutorio, se define como un establecimiento o local comercial ubicado en áreas urbanas y periféricas, donde se prestan servicios de voz y datos, de telefonía pública, acceso a Internet, y algunos

otros servicios de telecomunicaciones bajo un ambiente de privacidad, comodidad y seguridad.

Con la implementación de Centros de Comunicaciones se pretende obtener un ahorro considerable, especialmente en llamadas de larga distancia nacional e internacional, llamadas a celulares y acceso a Internet (opcional a través de sus salas de navegación).

Los Centros de Comunicaciones están conformados básicamente por diversas cabinas o compartimientos donde se ubican los teléfonos para la realización de las llamadas. En algunos, se colocan adicionalmente visores o displays con la finalidad de mostrar a los clientes y usuarios el costo generado por los servicios prestados. Por otro lado, existe generalmente un operador o administrador del Centro, que se encarga del control del mismo, asignación de las cabinas y cobro de las llamadas.

El concepto de Centros de Comunicaciones es relativamente nuevo a nivel mundial, sin embargo se han convertido en un mercado creciente y exitoso sobre todo en Venezuela y América Latina, principalmente debido a los bajos índices de abonados que presenta la telefonía fija.

III. Metodología y Desarrollo

El presente capítulo se dividió en cinco fases, que representan el orden en que se realizaron las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto. Dichas fases son: Investigación teórica, Software Asterisk, Interfaz gráfica y software tarificador, Selección de dispositivos, y el Diseño e integración final.

III.1. Investigación teórica

Inicialmente se llevó a cabo una fase de preparación netamente teórica, con la finalidad de recopilar información, para estudiar de manera detallada todos los aspectos conceptuales relacionados principalmente con la tecnología VoIP, el software Asterisk, las redes LAN en general y los Centros de Comunicaciones.

En primer lugar, mediante la revisión de libros de texto, artículos presentes en Internet, documentos técnicos y otras fuentes bibliográficas, se comenzó a explorar y profundizar sobre todos los conceptos y protocolos necesarios para el establecimiento de una llamada por VoIP, destacándose IP, UDP y SIP en especial. Además, se especificaron las características de los servidores y clientes involucrados, así como de los terminales y equipos que forman parte fundamental de la arquitectura de una red de voz sobre paquetes. Igualmente se explicaron parámetros como la latencia, el jitter y la calidad de servicio, para finalmente analizar las ventajas y desventajas de VoIP.

Luego se levantó toda la información posible sobre Asterisk, la aplicación encargada de cumplir las funciones de PBX mediante telefonía IP en el Centro de Comunicaciones. Por ello, se estudiaron detenidamente todos sus aspectos teóricos, técnicas de instalación e implementación, archivos de configuración y manejo de codecs, entre otros.

Finalmente, en esta etapa se estudiaron las redes de área local, con el objetivo de aplicar sus particularidades al diseño final de la red LAN del Centro de Comunicaciones, concepto que igualmente fue definido y caracterizado.

III.2. Software Asterisk

Una vez realizadas todas las investigaciones y análisis necesarios para establecer las bases teóricas del proyecto, se iniciaron las fases de implementación práctica.

La aplicación Asterisk es la central telefónica IP del presente proyecto, corre bajo el sistema operativo Linux y posee una serie de requerimientos para su correcto funcionamiento. Por consiguiente esta sección fue dividida en tres partes: Instalación, explicándose tanto la del sistema operativo Linux como la de Asterisk propiamente; Configuración, donde se hace referencia a los archivos que se deben editar para caracterizar el software; y Funcionamiento, para comprobar el éxito de los pasos anteriores.

III.2.1. Instalación

En primer lugar, se requirió la instalación en un computador del sistema operativo Linux, elegido principalmente por las características específicas del software Asterisk, concebido y desarrollado para funcionar bajo dicho ambiente. De igual forma, se pueden mencionar las particularidades principales que ofrece Linux y por las cuales fue escogido como la plataforma operativa para el presente proyecto, pues este sistema es de fuente abierta ("open source"), por lo que no exige ningún tipo de licencia, posee excelente adaptabilidad para trabajar como servidor de red, seguridad, velocidad, etc. Específicamente se optó por la distribución Mandriva 2006, descargado de la página http://www.vivalinux.com.ar/distros/mandriva-2006-beta1.html, ya

que contaba con el mas completo paquete de librerías necesarias para la correcta instalación tanto del software Asterisk, como del lenguaje de programación Python y el ambiente de desarrollo Boa Constructor, requeridos posteriormente.

Luego se llevó a cabo la instalación del software Asterisk, el cual se descargó desde Internet a través del enlace http://www.asterisk.org/, ya que es igualmente una aplicación "open source". Se escogió Asterisk 1.4, la última versión disponible en el momento, debido a que cubría todas las especificaciones y requerimientos del proyecto, y es considerado como una versión estable. La aplicación consta de un paquete de instalación con tres archivos fundamentales para el funcionamiento de la misma, estos son: Asterisk 1.4.0, Zaptel 1.4.0 y Lipbri 1.4.0.

Con el objeto de almacenar y manipular dichos archivos, para su posterior compilación e instalación, se creó un directorio llamado */src/Asterisk14beta*, donde además fue ubicada la librería *iksemel,* igualmente obtenida de Internet y requerida por el proceso de instalación.

Asimismo fueron necesarias las librerías *gcc-g++* (para el funcionamiento del ambiente de desarrollo de C++), y *gnutls-debel (*requerida por *ikesemel)*, ambas incluidas en la distribución del sistema operativo. Para finalizar la puesta en marcha del software, fue necesaria la compilación e instalación de dichas librerías y de los tres archivos mencionados anteriormente, lo cual se realizó a través de la descompresión, configuración e instalación de los mismos. Para ello, se ejecutaron en la línea de comandos de la consola del sistema operativo las siguientes instrucciones:

- **Librería *iksemel:***

  tar zxvf iksemel-1.2.tar.gz

cd iksemel-1.2
./configure
make
make install

- **Zaptel:**

tar zxvf zaptel-1.4.0.tar.gz
cd zaptel-1.4.0
./configure
make menuselect
make
make install

- **Libpri:**

tar zxvf libpri-1.4.0.tar.gz
cd libpri-1.4.0
./configure
make
make install

- **Asterisk:**

tar zxvf asterisk-1.4.0.tar.gz
cd asterisk1.4.0
./configure
make menuselect
make
make install
make simples

El comando *tar* se utilizó para descomprimir los archivos, y luego a través de *cd* se ingresó en el directorio correspondiente. Para configurar el código de instalación y compilación se usó *./configure*; luego *make*, utilizado para construir el programa ejecutable y por último *make install*, para finalmente

instalar el programa. A través de estas instrucciones se compilaron exitosamente todos los archivos. Para el último de ellos, Asterisk 1.4, se agregaron instrucciones al proceso, como *make menuselect*, para permitir la instalación de los módulos necesarios, y *make samples*, con la finalidad de crear ejemplos de archivos de configuración.

De esta manera se finalizó el proceso de instalación de la aplicación Asterisk satisfactoriamente, restando solo la inicialización del mismo a través del comando ***asterisk –vvvvc*** desde la consola de Linux.

III.2.2. Configuración

Asterisk, además de los diversos protocolos que maneja, requiere de dos archivos indispensables para cumplir las funciones de una central telefónica, dichos archivos son: *sip.conf* y *extensions.conf*. Sin la configuración adecuada de los mismos, no sería posible realizar ningún tipo de comunicación a través de la aplicación Asterisk. Ambos, son archivos de texto que se encuentran localizados dentro del sistema operativo en el directorio */etc/asterisk*, creado durante el proceso de instalación del software y donde se encuentran además, varios archivos del mismo tipo pero orientados a prestar otras funcionalidades; pero para efectos del presente proyecto se requiere sólo de la configuración de los mencionados anteriormente.

Cabe destacar que estos archivos, inicialmente y cuando aún no han sido editados, muestran una completa información específica acerca del funcionamiento y aplicación de cada uno, con la finalidad de servir como guía para su posterior configuración, ya que existen instrucciones y palabras reservadas indispensables para la eficacia de los mismos.

III.2.2.1. sip.conf

El archivo *sip.conf* está dedicado al registro del perfil de cada uno de los usuarios adscritos a Asterisk. Cada sección contenida en este archivo, se encuentra especificada al inicio, con un nombre entre corchetes [ ], con la idea de diferenciarse una de otra, siendo la primera de ellas *[general]*, la cual debe ser colocada estrictamente en ese lugar y debe llamarse de esa manera. Esta sección consta de parámetros globales definidos por defecto, los cuales son válidos y aplican para cada uno de los 18 usuarios configurados posteriormente. Aquí se estableció lo siguiente:

- *port*: número del puerto UDP que utiliza el servidor SIP, el cual es el *5060*.
- *bindaddr*: dirección IP que utiliza Asterisk, donde se colocó *0.0.0.0* para que pueda tomar cualquiera.
- *dtmfmode:* especifica el modo de los tonos del teclado, asignándosele el tipo *info*.
- *disallow:* deshabilita todos los codificadores de voz, mediante la instrucción *all*.
- *allow*: habilita el tipo de codificador, en este caso se configuró el G.711 (*ulaw*).

Al término de esta sección, se inicia la configuración de cada uno de los 18 usuarios correspondiente a las 18 cabinas del Centro de Comunicaciones. Los parámetros definidos en cada usuario son exactamente iguales, a excepción de los campos *username* y *secret*, los cuales siguen un orden de numeración ascendente, donde el nombre de usuario y la clave finalizan con el mismo número, es decir: desde usuario**1** y clave**1**, hasta usuario**18** y clave**18**. Esta condición se mantiene para todos los usuarios definidos en el archivo y se realiza de esa manera, con

el objeto de identificar y autenticar a cada uno. En esta sección también se establecieron los siguientes parámetros:

- *type*: tipo de usuario. Se definió *friend* para habilitar a cada usuario a autenticar llamadas entrantes y salientes.
- *qualify*: establece la latencia, la cual se configuró por defecto como *yes*.
- *host*: dirección IP que puede utilizar el usuario, la cual se habilitó la opción *dynamic* (dinámica) para que no se produjera ninguna limitación.
- *context:* el contexto se definió como *cdc*. Posteriormente en el extensions.conf se configurará, con el mismo nombre (cdc), un determinado plan de discado que es seguido por Asterisk, para poder enrutar llamadas que provengan de los usuarios que tengan definido este contexto.
- *allow:* este parámetro es igual al definido en la sección general.
- *incominglimit:* se configuró para que sólo se permita una *(1)* llamada simultánea por usuario.
- *rtptimeout:* indica el tiempo de finalización de la llamada cuando no es contestada. Se fijó en *60* (segundos) que equivale a un minuto.

III.2.2.2. extensions.conf

Otra pieza fundamental de Asterisk, principalmente en el direccionamiento de las llamadas, es el archivo de configuración *extensions.conf*. En esta sección se registró el plan de marcado que debe seguir Asterisk para enrutar las llamadas realizadas.

Inicialmente la empresa NGT creó un prefijo de cuatro dígitos, que fue asignado para identificar en el Gateway las llamadas provenientes del Asterisk del presente proyecto. Como su nombre lo indica, este prefijo de número 8020, precede a la serie de dígitos que son discados por los usuarios.

El siguiente paso fue definir las variables globales en la sección *[globals]*, las cuales son usadas más adelante por las extensiones en el contexto *cdc*. Cada una de estas variables se configuró de acuerdo al sistema de numeración establecido en nuestro país para la realización de llamadas a diferentes destinos, tomando como sede la ciudad de Caracas, pues el Centro de Comunicaciones operara en dicha ciudad. Las variables que se muestran a continuación se definieron a partir del prefijo antes mencionado:

- INT: llamadas internacionales (8020)
- PREF: llamadas larga distancia nacional (802058)
- LOCAL: llamadas locales (802058212)

Finalmente y bajo el formato especificado por el archivo original del *extensions.conf*, se configuró el contexto *[cdc]*, en concordancia con el archivo sip.conf. Cada línea definida en esta sección presenta el siguiente formato:

```
exten => _X.,Prioridad,Dial(SIP/${VARIABLE}${EXTEN:Y}@proveedor)
```

- *exten*: palabra reservada que se coloca al principio de cada línea, para definir una extension.
- *_X.*: los "x" primeros dígitos de cada opción de llamada. Para el caso de llamadas internacionales *00*, larga distancia nacional

02 y celulares *04*. En cuanto a las llamadas locales, sólo se coloca el rango de posibles dígitos de inicio de este tipo de llamadas, es decir del 2 al 9, seguido de seis "x" que simbolizan los dígitos (del 0 al 9) restantes para completar el número del abonado.

- *Prioridad:* número que representa el orden de ejecución de las extensiones que coincidan en su parte inicial.
- *Dial*: palabra reservada que indica el discado de la extensión.
- *SIP*: define la utilización del protocolo de señalización SIP.
- *VARIABLE*: las variables globales correspondientes a las rutas de destino de las llamadas. De esta manera se tiene que para llamadas internacionales se usa *INT*, para larga distancia nacional y celular *PREF*, y para locales *LOCAL*.
- *EXTEN*: palabra reservada que indica la cadena de números a enviar al Gateway.
- *:Y*: cantidad de dígitos a omitir al inicio de la cadena de números a enviar al Gateway. Para internacionales *2*, para larga distancia nacional y celular *1*, y para locales ninguno.
- *Proveedor*: se especifica la dirección IP del Gateway (*216.72.89.247*) por donde van a salir las llamadas hacia todos los destinos.

Estos parámetros son configurados bajo el patrón unificado en el archivo original, con la idea de ser concatenados para formar una cadena de dígitos y caracteres específicos, que puedan ser reconocidos y aceptados por el Gateway, que es el encargado de enrutar y completar la llamada mediante esa información.

III.2.3. Funcionamiento

Para comprobar el adecuado funcionamiento del Asterisk, se realizaron diversas llamadas a cada uno de los destinos posibles (locales, LDN, celulares y LDI), utilizando un terminal virtual o softphone modelo X-Lite, descargado desde Internet como software libre. Su configuración se efectuó accediendo a la sección *SIP Proxy Settings* en su menú principal, en la cual se establecieron los siguientes parámetros, de acuerdo a las especificaciones del *sip.conf* y el extensions.conf:

- *Display Name*: nombre que se muestra en la pantalla del softphone. Se utilizó *usuario1*.
- *User Name*: nombre del usuario a realizar las llamadas, es decir cualquiera de los 18 usuarios configurados en el *sip.conf*, en este caso *usuario1*.
- *Authorization User*: nombre del usuario a autorizar (*usuario1*).
- *Password*: clave del usuario correspondiente, es decir *clave1*.
- *Domain/Realm*: dirección IP del servidor Asterisk. Se utilizó *172.17.32.63*.
- *SIP Proxy*: dirección del proxy que enruta peticiones SIP (*172.17.32.63*).
- *Out Bound Proxy*: dirección del proxy que recibe peticiones de los usuarios (*172.17.32.63*).

Finalizada la configuración de los parámetros y con la idea de que dichos cambios fueran cargados por el programa, se procedió a reiniciar el softphone, confirmándose la autenticación del *usuario1*, tanto en la pantalla del teléfono como en la central telefónica. De esta manera se realizaron diversas llamadas para constatar el funcionamiento de la central Asterisk.

III.3. Interfaz gráfica y software tarificador

En esta fase se describen los pasos realizados, tanto para la instalación del lenguaje de programación seleccionado para el desarrollo del proyecto, como para la escritura organizada y sistemática de las líneas de código que conforman los programas o "scripts" de la interfaz gráfica y del software tarifador de las llamadas que se realicen en el Centro de Comunicaciones.

III.3.1. Instalación del ambiente de desarrollo

En la búsqueda del lenguaje de programación que mejor se adaptara a las necesidades del proyecto, se eligió Python; considerando que es un lenguaje multiplataforma, que permite escribir programas fácilmente legibles y amigables, no requiere declaración de variables, permite un sencillo manejo de archivos, es ampliable y compatible con Asterisk. Además, se encuentra incluido en la distribución del sistema operativo Linux Mandriva 2006, en su versión Python 2.4, por lo que no fue necesario instalarlo. Sin embargo, sí resultó ineludible la instalación del ambiente de desarrollo Boa Constructor, propicio para la elaboración del código en este lenguaje, ya que dispone de una serie de herramientas útiles para implementar Interfaces Gráficas de Usuario (GUI). Para ello, fue necesario obtener las librerías wxPython, a su vez requeridas por Boa Constructor para su óptimo funcionamiento.

De esta forma, se procedió a la descarga desde Internet del ambiente de desarrollo y dichas librerías, siguiendo con la misma línea de trabajar con aplicaciones de código abierto. A continuación se especifican los procedimientos llevados a cabo para su apropiada instalación:

- Se instalaron las librerías *glibc y gtk+* incluidas en los paquetes de instalación ofrecidos por el sistema operativo.

- Se descargó el conjunto de paquetes (en formato RPM) de wxPython disponibles en http://www.wxpython.org/download.php#binaries, para Mandriva 2006 y fueron ubicados en el directorio donde se encuentra Python (*usr/lib/python2.4*). Los paquetes requeridos fueron:
  - **wxPython common**: estos paquetes contienen el conjunto de archivos comunes, y que son compartidos entre las diferentes versiones de la librería wxPython. También definen la versión a instalar, poseen los "scripts" necesarios para el manejo de las herramientas disponibles y los diversos menúes desplegables. Se instalaron los siguientes paquetes: *common-gtk2-unicode* y *common-gtk2-ansi.*
  - **wxPython runtime**: contienen la versión específica del ejecutable e incluyen los módulos, extensiones, clases y librerías predefinidas del lenguaje. Los paquetes instalados fueron los siguientes: *gtk2-unicode* y *gtk2-ansi.*
  - **wxPython devel**: estos son paquetes opcionales, que poseen ciertas cabeceras de archivo, necesarias al crear módulos o aplicaciones que interactúan con otras extensiones de wxPython. Se instalaron: *devel-gtk2-unicode* y *devel-gtk2-ansi.*
- Cada uno de estos paquetes fueron descomprimidos e instalados bajo la siguiente instrucción en la línea de comandos de la consola, y dentro del directorio de Python: ***rpm –ivh nombredelpaquete.rpm***

El próximo paso, fue la adquisición del ambiente de desarrollo Boa Constructor, el cual se extrajo igualmente de Internet a través de http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=1909. De la misma manera, fue colocado en el directorio de Python, y al ser un archivo tipo *zip* fue descomprimido mediante el comando: ***unzip boa-constructor-0.4.4.zip***.

Finalmente para inicializar este software es necesario ubicarse dentro del directorio correspondiente (*usr/lib/python2.4/boa-constructor-0.4.4*) y escribir el comando ***python Boa.py.***

III.3.2. Interfaz gráfica

La interfaz gráfica, contempla la implementación del programa que se ejecuta en el computador del Centro de Comunicaciones, para que el operador lo controle y administre de manera fácil y eficaz. Para ello, se inició una aplicación en el ambiente de desarrollo Boa Constructor utilizando la herramienta *wx.App*. A esta aplicación se le dio el nombre de AppCDC, y se le añadieron dos ventanas o *Frames* (la que se crea automáticamente con la aplicación y otra incluida manualmente), con la finalidad de diseñar la interfaz visual, y programar los "scripts" con las instrucciones necesarias para el manejo y representación de los datos arrojados por Asterisk.

Así en la Frame1, se programó la ventana principal conformada por 18 botones, que corresponden a cada una de las cabinas de dicho Centro; de esta forma cada vez que un usuario solicite una cabina, el operador simplemente deberá marcarla como "ocupada" (a través del "checkbox" que posee cada cabina), y luego cuando el usuario finalice sus llamadas y se dirija a realizar el pago, el operador necesitará presionar el botón correspondiente a la cabina, para que se despliegue una segunda ventana, diseñada y programada en la Frame2, donde se puede observar información detallada de la fecha, hora, destino, tiempo de duración y costo de cada una de las llamadas realizadas por el usuario, además del monto total a cancelar, oprimiendo el botón Mostrar de esa segunda ventana. Esto se logra a través del acceso al *Master.csv*, un archivo de texto arrojado por Asterisk (ubicado en el directorio */var/log/cdr-custom*) donde se registra toda esta información una vez culminada la

comunicación. Finalmente, el operador libera la cabina y ésta queda lista para ser utilizada por un nuevo usuario.

Así mismo, en la Frame1 se programó la clase "MyThread", empleada para el manejo de las acciones en tiempo real requeridas por el visor. Dicho manejo se lleva a cabo mediante la creación de un hilo que, paralelamente a la ejecución del programa, se encuentra a la espera de que se establezca una llamada, para mostrar en el visor el tiempo que transcurre durante la conexión y el costo que se va generando; de igual forma, el hilo aguarda la finalización de la llamada para detener el tiempo y el monto acumulado. Cabe destacar que los mensajes de inicio y culminación de cada llamada, se obtienen mediante la lectura del archivo *cdc*, en el cual se copian todos los mensajes arrojados por Asterisk, como se explica posteriormente en la sección III.5.2.

III.3.3. Software tarifador

Posteriormente, integrado al mismo programa de la interfaz gráfica, específicamente a la Frame2, se desarrolló el software tarifador, encargado de asignar un costo a cada llamada según su destino y duración. Las tarifas se basaron en una tabla proporcionada por la empresa NGT, donde se reflejan sus políticas de precios de acuerdo a los diferentes destinos a nivel mundial, utilizando el minuto como medida del tiempo y el Bolívar como moneda. Sin embargo, las instrucciones del programa contemplan la conversión necesaria para realizar el cobro de dichas llamadas en segundos.

Cabe resaltar, que en vista de la variada longitud que presentan los diferentes prefijos y códigos de área de cada país, (desde un dígito para Estados Unidos, hasta ocho dígitos para teléfonos móviles en República Dominicana o Uzbekistán), cada vez que se realiza una llamada, el software tarifador verifica todos los códigos registrados en la tabla de tarifas, y se

queda con aquel que coincida en mayor cantidad de dígitos con el discado por el usuario. Igualmente, este software tarifador es el utilizado en la clase "MyThread" para calcular en tiempo real, el costo que se va generando durante el transcurso de las llamadas.

III.4. Selección de dispositivos

La fase de selección de dispositivos se fundamenta en la necesidad de todo Centro de Comunicaciones, de contar con un visor o display en cada cabina, para que el usuario, mientras realiza la llamada, pueda observar el tiempo de duración y el costo parcial de la misma.

En principio se manejaron dos opciones: utilizar un terminal telefónico (convencional o IP) con pantalla incorporada; o bien manejar un teléfono tradicional, agregando al diseño una pequeña pantalla o visor para mostrar la información deseada. Ambas alternativas eran válidas tanto técnica como económicamente, por lo que se realizó un estudio de los equipos telefónicos y visores disponibles en el mercado que cumplieran con los requerimientos del proyecto, y así poder tomar la decisión más apropiada.

Al evaluar la opción de recurrir a teléfonos con pantalla incorporada, se analizaron diversos modelos, algunos de los cuales incluso instalados actualmente en Centros de Comunicaciones. Sin embargo, la mayoría se caracterizaba por ser absolutamente dependientes de la central telefónica, ya que venían implementados para que fuera ésta la encargada de proporcionarles el costo de las llamadas a través de la línea telefónica, es decir, resultaba complejo adaptarles un software tarifador que no se originara directamente en la central; desventaja que resultaría clave para considerar como descartada esta alternativa.

Paralelamente se hizo el estudio correspondiente a la segunda opción, logrando recopilar información sobre una amplia gama de diferentes visores que cumplían con las exigencias de diseño. Por lo tanto, se tomó como criterio de filtraje inicial el tipo de tecnología de comunicación con el computador, entre las cuales se encontraban el puerto serial, el puerto USB, el cable de corriente, Wifi, Ethernet, entre otras. En base a dichas opciones, y tomando en cuenta factores como la disposición y posibilidad de conexión de los 18 visores del Centro de Comunicaciones, velocidad, simplicidad de topología de la red LAN, necesidad de dispositivos adicionales, costos y compatibilidad con las tecnologías ya implementadas, se optó por los visores con conexión USB. De esta forma, y recurriendo nuevamente a los criterios ya mencionados para discriminar entre las diversas marcas y modelos, se seleccionó definitivamente el display LCD CrystalFontz CFA634-NFA-KU de puerto USB.

Adicionalmente, para el correcto funcionamiento de este visor bajo el sistema operativo Linux, fue necesaria la utilización del programa "lcd4linux 0.10", el cual toma información del kernel y otros subsistemas, para mostrar adecuadamente los diversos caracteres en la pantalla del dispositivo USB externo. Dicho programa se descargó de la red como software libre, y se compiló ejecutando en consola los comandos: *./configure*, *make* y *make install*.

Por otro lado, esta selección implica la utilización de un dispositivo adjunto, que permita la conexión simultánea de los 18 visores con el computador del Centro de Comunicaciones, el cual cuenta únicamente con tres puertos USB. Por este motivo, se eligió un Hub USB que cumpliera las funciones de distribuidor de puertos, lo cual se explicará detalladamente en el apartado de Diseño e integración final.

III.5. Diseño e Integración final

Como parte esencial del presente trabajo, y luego de la implementación de las fases prácticas, se presenta en esta etapa el diseño final del Centro de Comunicaciones, para lograr así el cumplimiento del objetivo planteado en el presente proyecto. Seguidamente, y por medio de la Integración final, se demuestra el correcto funcionamiento de la totalidad de las actividades desarrolladas para la implementación de un prototipo de cabina para el Centro de Comunicaciones diseñado.

III.5.1. Diseño

El diseño de la red del Centro de Comunicaciones, contempla el establecimiento de 18 cabinas telefónicas, cada una dotada con un teléfono analógico y un visor o display para mostrar información de la llamada al usuario. De esta manera se requieren un total de 18 visores y 18 terminales telefónicos, donde el modelo específico de estos dispositivos están a cargo de la empresa NGT.

Cada terminal telefónico se encuentra conectado a un ATA (Analog Telephone Adapter), ya que estos dispositivos son los adaptadores necesarios para convertir la comunicación proveniente del teléfono en formato tradicional, a través de un cable telefónico convencional (par de cobre), a una conexión de red, requerida para la comunicación con la central telefónica Asterisk, es decir que transforman el modelo tradicional de la llamada (conmutación de circuitos) al modelo IP (conmutación de paquetes). Por lo tanto, el dispositivo que mejor se adapta a los requerimientos del proyecto, es un ATA con 24 puertos telefónicos FXS (Foreign eXchange Station) para cubrir la capacidad del Centro de Comunicaciones.

Posteriormente y para proporcionar conectividad a todas las cabinas del Centro con el servidor Asterisk, alojado en el computador central y encargado de realizar las llamadas, el Adaptador Telefónico se conectó a un Hub (concentrador) de 8 puertos, al cual también fue necesario conectar el computador central (Asterisk) e Internet, con la finalidad de distribuir la conexión de red a todos los dispositivos y a la central telefónica.

El presente diseño también abarca la comunicación que debe existir entre el computador de control del Centro de Comunicaciones con cada uno de los visores, dispuestos en cada cabina, con la idea de informar al usuario el tiempo de la llamada y costo de la misma en tiempo real. Para ello se requiere de un Hub con al menos 18 puertos USB, pero cabe destacar que actualmente en el mercado no es posible localizar un dispositivo que integre esta cantidad de puertos USB, por lo que se debe considerar esa carencia, e incluir la alternativa de colocar tres Hubs USB de 7 puertos cada uno, dispositivo que sí es factible adquirir. De esta manera se cuentan con 21 entradas disponibles para la conexión de los 18 visores, permitiendo escalabilidad en el diseño del Centro.

Adicionalmente, se consideraron las limitaciones existentes en la longitud de los cables en el estándar USB. Por lo tanto, resulta necesario emplear los denominados Cables de Extensión Activos para conectar los visores que se encuentren a mas de 5 metros de distancia del Hub, pudiendo encadenar hasta 4 cables de este tipo, que sumados al cable que conecta el Hub con el computador, permite obtener el máximo de 25 metros de longitud consentido en el estándar.

III.5.2. Integración final

Esta fase representa la unificación y puesta en marcha final del conjunto de elementos funcionales que integran al presente proyecto.

Básicamente lo que se hizo en primer lugar, fue comunicar la aplicación Asterisk con el programa realizado en Python, y que éste a su vez lograra comunicarse con el display para mostrar información de la llamada al usuario. Para ello, se utilizó nuevamente el ambiente de desarrollo Boa Constructor, donde se elaboró la clase "MyThread" en la Frame1, con la finalidad de leer la data arrojada por Asterisk en tiempo real, y poder manipularla para luego transmitirla al visor a través del puerto USB.

La comunicación de Asterisk con Python, se logró utilizando el comando *tee* de Linux, el cual permite que la salida de la ejecución de Asterisk, que se observa por defecto en la consola, se bifurque también hacia un archivo específico. De esta manera, la instrucción de inicialización del software pasó a ser: ***asterisk –vvvvc | tee /cdc***; recurriendo al operador "pipe" o tubería (|), para empalmar ambos comandos, y apuntar a un archivo de texto denominado *cdc*, del cual el programa en Python lee la información que va proporcionando Asterisk en tiempo real durante las llamadas.

Posteriormente, con el propósito de comprobar el funcionamiento eficaz de todas las fases prácticas del proyecto, se dispuso tanto de un terminal telefónico convencional con su respectivo ATA, como de un teléfono IP, ambos suministrados por la empresa NGT para realizar las pruebas necesarias para la integración final del sistema. En este sentido, se colocó una dirección IP fija en el computador de control donde se aloja Asterisk, con la finalidad de establecer la dirección en la que deben registrarse todos los usuarios y terminales. Para ello se accedió al menú de inicio, se seleccionó la opción

Configurar Computadora, y en el panel correspondiente a Redes e Internet se eligió Configuración Manual y se agregó lo siguiente:

- Dirección IP: 172.17.32.63
- Máscara: 255.255.255.0
- DNS: 172.17.32.199
- Dominio: ngt.com.ve
- Pasarela de red: 172.17.32.13

Hecho esto, se iniciaron las pruebas para el caso del teléfono convencional, utilizando el adaptador o ATA GrandStream HandyTone-386, el cual se conectó y configuró de la siguiente forma:

- Se enchufó el cable de corriente al sistema eléctrico de 110 V, en la entrada marcada en el equipo como "DC 5V".
- Se accedió a la red telefónica nacional PSTN, conectando el cable (par de cobre) en la entrada RJ11 denominada "LINE".
- Se conectó el cable de red en la entrada RJ45 denotada como "LAN".
- Se colocó el cable del teléfono convencional en la entrada "PHONE1".
- Inmediatamente se pasó a configurar la dirección IP de dicho ATA, la cual se obtuvo por DHCP (opción por defecto de este dispositivo, en este caso *172.17.32.108*), marcando cinco veces consecutivas la tecla "*" (asterisco), o puede introducirse manualmente para poseer IP fija, como se explica en el Apéndice G.
- Luego se accedió a través del navegador a la página Web de la dirección IP establecida anteriormente, para configurar los

parámetros necesarios para registrar el ATA como uno de los usuarios SIP del Asterisk. Se efectuaron los pasos que se indican a continuación:

- Se introdujo la contraseña: *admin*, requerida para ingresar como administrador del equipo.
- En la sección "FXS PORT1" se modificaron los campos:
  - *SIP Server* y *Outbound Proxy*: colocando la dirección IP del computador central (*172.17.32.63*), es decir, donde se ejecuta Asterisk.
  - *SIP User ID* y *Authenticate ID*: colocando uno de los usuarios registrados en el archivo *sip.conf* (*usuario1*).
  - *Authenticate Password*: con la clave del respectivo usuario SIP (*clave1*).
  - *Preferred Vocoder*: Se colocó el *G.729* como primera opción de las seis que se ofrecen en la lista de codificadores.

Una vez finalizada la configuración del ATA, para iniciar la ejecución de los programas del Centro de Comunicaciones, se realizó lo siguiente en el computador de control central:

- Se inició la aplicación Asterisk ejecutando desde la consola la instrucción: ***asterisk –vvvvc | tee /cdc***
- Se ejecutó la aplicación en Python, accediendo al directorio */usr/lib/python2.4/boa-constructor-0.4.4/*, y ejecutando el comando ***python Boa.py***
- Se conectó el display al puerto USB y se inicializó por consola a través del comando: ***/usr/local/bin/lcd4linux***

De esta forma se comenzaron a realizar llamadas desde el teléfono convencional a diversos destinos, simulando la dinámica de funcionamiento de una cabina en un Centro de Comunicaciones.

En cuanto al teléfono IP, se empleó el Linksys modelo SPA921, que fue conectado tanto a la fuente de alimentación habitual de 110 V, como a la red LAN de NGT, y automáticamente se registró y adquirió una dirección IP por DHCP, la cual pudo visualizarse en la pantalla del terminal. Mediante esta dirección IP y a través del computador, se pudo acceder a la configuración del teléfono, colocando en la barra de direcciones del navegador la IP asignada. Hecho esto, se desplegó en formato similar a una página Web, todas las características y configuraciones posibles que se pueden llevar a cabo en el terminal. Los parámetros allí modificados se especifican en el Apéndice H.

Una vez finalizada la configuración del teléfono IP, se realizaron en el computador central los mismos pasos citados para el caso precedente e igualmente se completaron diversas llamadas desde este terminal. Por último, se habilitó y configuró el softphone, como se indica en el apartado 2.3 del presente capítulo, para realizar llamadas desde otro tipo de terminal telefónico.

Para no dejar escapar ningún detalle, se realizaron llamadas, por medio de diferentes usuarios, desde el teléfono convencional conectado al ATA, el teléfono IP y el softphone simultáneamente, registrándose todas ellas en Asterisk y llevándose a cabo sin ninguna dificultad.

Finalmente, esta etapa de Integración incluyó la implementación de Accesos Directos a cada uno de los programas necesarios para la puesta en marcha de la plataforma tecnológica del Centro de Comunicaciones, es decir, la Interfaz Gráfica, el Asterisk y la aplicación "lcd4linux" para el visor. Para

ello se ingresó al sistema como usuario (sin permisos de *root*), y se presionó en el escritorio el botón derecho del mouse para acceder a las siguientes opciones: "Crear Nuevo", "Enlace a Aplicación", "Aplicación" y por último se colocó en el campo "Comando" la instrucción: ***'/usr/lib/python2.4/boa-constructor-0.4.4/TEG/ApCDC.py'***, creándose así el Acceso Directo a la Interfaz Gráfica. Sin embargo, para las aplicaciones Asterisk y "lcd4linux" fue necesaria la creación de pequeños "scripts" a través del editor *Kwrite*:

- Para Asterisk:
  #!/bin/bash
  asterisk -vvvvc | tee /cdc

- Para "lcd4linux":
  #!/bin/bash
  /usr/local/bin/lcd4linux

Posteriormente se guardaron en el directorio */usr/bin* con los nombres: *asteini* y *visorini*, respectivamente. Hecho esto, se repitió el mismo procedimiento realizado para la Interfaz Gráfica, pero colocando en el campo "Comando": la instrucción ***'/usr/bin/asteini'*** para el Acceso Directo a la aplicación Asterisk, y la instrucción ***'/usr/bin/visorini'*** para el programa "lcd4linux". Estos tres Accesos Directos fueron también agregados al escritorio del usuario *root*.

IV. Resultados

En el presente capítulo se describen y explican los resultados obtenidos en cada una de las fases desarrolladas en el proyecto.

IV.1. Investigación teórica

Representa la etapa inicial del Trabajo Especial de Grado, por lo tanto comprende la etapa de exploración y estudio conceptual, reflejada en el capítulo II del presente Tomo a través el Marco referencial.

Dicho Marco referencial se muestra seccionado en cuatro partes. En la primera se define la tecnología voz sobre el protocolo de Internet; se explican los protocolos de señalización como H.323 y SIP, de red o IP, de transporte como UDP, RTP y RTCP; también se definen los elementos fundamentales de la arquitectura de una red VoIP, como lo son los terminales, routers, gatekeepers y gateways; se presentan tres parámetros esenciales a considerar dentro de un esquema de VoIP como el retardo o latencia, jitter y la calidad de servicio (QoS); y finalmente se enumeran diversas ventajas y desventajas de dicha tecnología en la que se basa el proyecto.

A continuación, la segunda parte se refiere exclusivamente al software Asterisk, ya que es la aplicación que cumple las funciones de central telefónica o PBX en el Trabajo Especial de Grado, y permite conectividad entre las redes PSTN y de datos. Al profundizar en la investigación, se precisan y enumeran diversos codecs manejados por la aplicación. Igualmente se definen los archivos de configuración mayormente utilizados por Asterisk: el *sip.conf* y el *extensions.conf*.

Por último, se esbozan los aspectos generales presentes en las redes LAN, estableciendo su utilización y tecnologías de transmisión. Adicionalmente se adquieren conocimientos acerca de los Hubs Ethernet y USB, con el objetivo de aplicar sus particularidades al diseño final de la red del Centro de Comunicaciones, concepto que igualmente fue definido y caracterizado.

IV.2. Software Asterisk

IV.2.1. Instalación

Tal y como se especificó en el capítulo anterior, el establecimiento del software Asterisk requirió la compilación de todos los archivos contenidos en el paquete de instalación de Asterisk 1.4.

El resultado de este proceso, se comprobó mediante la inicialización de la aplicación. Para ello se utilizó la instrucción ***asterisk –vvvvc***, con la cual se comenzó la ejecución del software y posteriormente, como se observa en la figura 4, se visualizó el **Command Line Interface de Asterisk, CLI>**, y el mensaje *Asterisk Ready*, confirmándose el éxito de la instalación y el correcto funcionamiento de la aplicación. Así mismo, mediante el comando *asterisk –h* (desde la línea de comandos del sistema operativo), se puede observar en la consola de Linux, una lista de las opciones permitidas por la aplicación, las cuales se especifican en el Apéndice I.

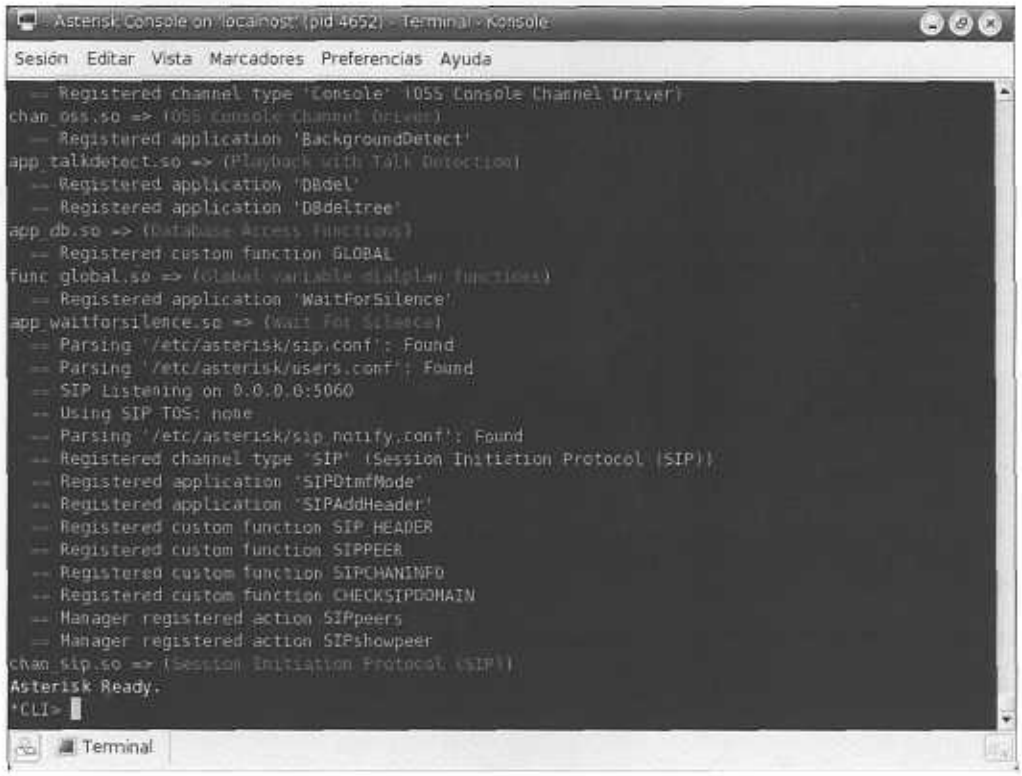

Figura 4. CLI de Asterisk

Con la idea de familiarizarse con Asterisk, se visualizó a través del "help", todas las funcionalidades que incluye esta central, pues se desplegó una lista de todas las aplicaciones que ésta ofrece con sus respectivos comandos, de los cuales algunos fueron utilizados, para observar los efectos que producían, y así apreciar la información y acción que se desarrollaba a medida que éstos se iban ejecutando. De esta manera se obtuvo un contacto directo con Asterisk y se fue adquiriendo experiencia y conocimientos acerca de dicho software.

Posteriormente y para finalizar la ejecución de Asterisk adecuadamente, se utilizó la instrucción ***stop gracefully***, con la cual se retornó a la línea de comando del sistema operativo. También es posible realizar esta función mediante la instrucción ***stop now***.

IV.2.2. Configuración

El resultado de la configuración del software Asterisk, fue la definición del archivo *sip.conf* y *extensions.conf*, indispensables para el funcionamiento de Asterisk como central telefónica.

IV.2.2.1. sip.conf

En este archivo de texto se configuraron los parámetros requeridos por el protocolo SIP y se definieron los 18 usuarios con cada una de sus especificaciones. A continuación se presenta sólo una parte del archivo *sip.conf*, ya que debido a su longitud, la totalidad del mismo se encuentra en el Apéndice J.

```
;;;;; SIP.CONF ;;;;;

;Contexto general
[general]
port=5060              ;Puerto UDP en el que responde Asterisk
bindaddr=0.0.0.0       ;se puede tomar cualquier IP
dtmfmode=info          ;tonos DTMF por defecto
disallow=all           ;se deshabilitan todos los codecs
allow=ulaw             ;se habilita el codec g.711
[usuario1]
username=usuario1      ;se coloca el nombre de usuario
type=friend            ;puede realizar o recibir llamadas
secret=clave1          ;contrasena del usuario
qualify=yes            ;latencia por defecto (menor a 2000 ms)
host=dynamic           ;el telefono puede tomar cualquier IP
context=cdc            ;llama al contexto del extensions.conf
allow=ulaw             ;confirmacion del codec g.711
incominglimit=1        ;limite de llamadas simultaneas
rtptimeout=60          ;finaliza la llamada si no hay traf rtp
```

Existen otros parámetros configurables en el sip.conf, proporcionando más funciones para los clientes, pero para los fines específicos del funcionamiento de la aplicación Asterisk, como parte de la plataforma tecnológica del Centro de Comunicaciones, los anteriormente especificados satisfacen las necesidades requeridas.

IV.2.2.2. extensions.conf

La configuración total de este archivo, donde se incluye el plan de numeración de Asterisk para el presente proyecto, se muestra en el Apéndice K y a continuación:

```
;;;;;;; EXTENSIONS.CONF ;;;;;;;

; Variables globales
[globals]
INT = 8020
PREF = 802058
LOCAL = 802058212

; Contexto CDC
[cdc]
exten => _00.,1,Dial(SIP/${INT}${EXTEN:2}@216.72.89.247,140) ;LDI
exten => _02.,1,Dial(SIP/${PREF}${EXTEN:1}@216.72.89.247,140) ;LDN
exten => _04.,1,Dial(SIP/${PREF}${EXTEN:1}@216.72.89.247,140) ;Cel
exten => _[2-9]XXXXXX,1,Dial(SIP/${LOCAL}${EXTEN}@216.72.89.247,140)
```

Este plan de discado se rige por las convenciones de Venezuela, y permite realizar todo tipo de llamadas locales, celulares y de larga distancia nacional e internacional. Sin embargo, no se configuraron rutas para llamadas a los diversos servicios de red inteligente que brinda la operadora CANTV, como lo son: 0500, 0501, 0800 y 0900; debido a que

este tipo de llamadas no son de interés comercial para el presente Centro de Comunicaciones.

IV.2.3. Funcionamiento

El correcto funcionamiento de Asterisk se evidenció a través de la realización exitosa de llamadas telefónicas a diferentes destinos. Como resultado de la instalación del software y de la configuración del *sip.conf* y *extensions.conf*, se lograron comunicaciones mediante softphone, ATA y teléfono IP.

En esta fase, la consola de Asterisk registra detalladamente y en tiempo real el procedimiento llevado a cabo para realizar una llamada, desde el inicio hasta el final de la misma. Esto se puede apreciar en la figura 5 donde, entre otras cosas, se especifica la acción que se está procesando, a través de palabras clave como: *Executing, Dial, Called, answered*, etc. También es posible observar el usuario que intenta realizar la comunicación y el número discado por éste, el cual se incluye al final de una cadena de dígitos, siguiendo la configuración definida en el *extensions.conf*. Así mismo se puede distinguir la dirección IP del Gateway, por el cual se enruta la llamada, cuya dirección debe coincidir con la especificada en el plan de discado *cdc* del mismo archivo. Igualmente cuando se finaliza la llamada, aparece en la consola un mensaje para identificar esta acción, el cual también es mostrado cuando no se puede establecer la comunicación por cualquier motivo.

El funcionamiento de la aplicación se puede verificar además, ejecutando instrucciones como: *sip show peers, sip show users, sip show channels, sip reload, dialplan reload, reload*, entre otros que se pueden observar con el comando *help*.

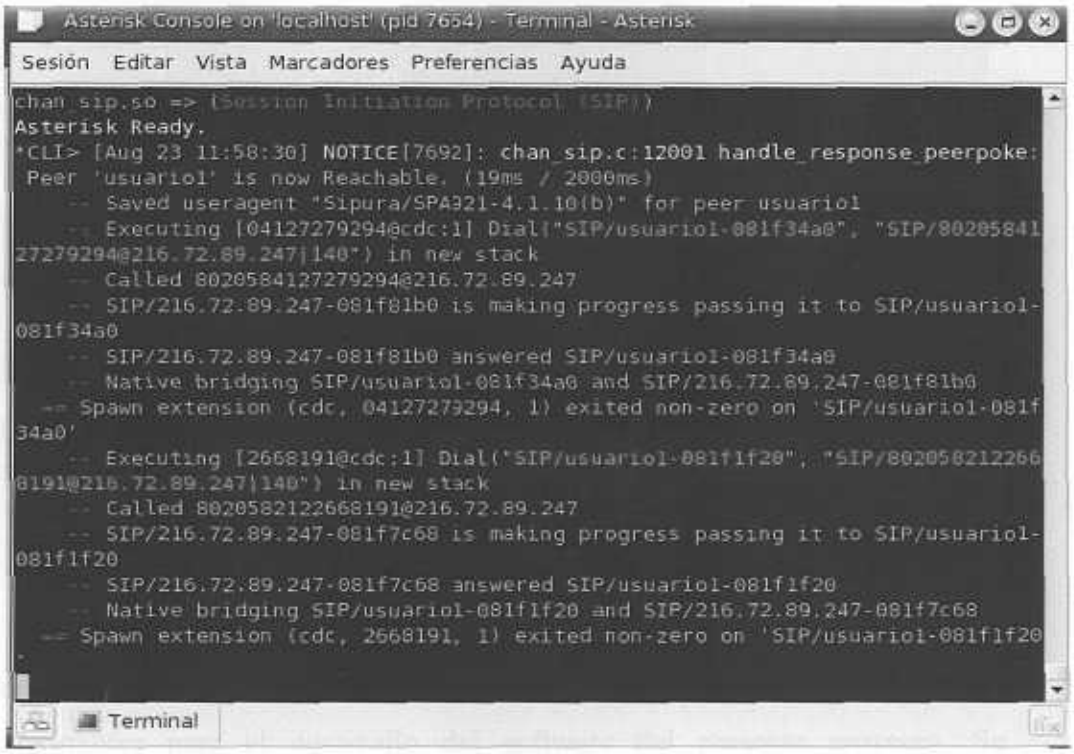

Figura 5. Consola de Asterisk durante la realización de llamadas

IV.3. Interfaz gráfica y software tarificador

El desarrollo de esta fase produce resultados tangibles y fundamentales para el presente proyecto, ya que reflejan la etapa de programación de las aplicaciones que se ejecutan en el computador de control del Centro de Comunicaciones.

IV.3.1. Instalación del ambiente de desarrollo

En esta etapa se obtienen todas las herramientas necesarias para la realización de los programas. La tabla 1 evidencia el lenguaje de programación, las librerías y el ambiente de desarrollo empleado, con sus respectivas versiones y directorios de instalación.

	Distribución	Versión	Directorio
Lenguaje de Programación	Python	2.4	/usr/lib/
Librerías	wxPython common wxPython runtime wxPython devel	Mandriva 2006, Python 2.4	/usr/lib/
Ambiente de desarrollo	Boa Constructor	0.4.4	/usr/lib/python2.4/

Tabla 1. Lenguaje de programación instalado

Este conjunto de paquetes se complementan entre si para proporcionar toda una serie de botones, ventanas, cuadros de diálogo, y otras utilidades importantes para el desarrollo del software del presente proyecto. Su inicialización se lleva a cabo dentro del directorio */usr/lib/python2.4/boa-constructor-0.4.4/*, mediante la ejecución en consola del comando: ***python Boa.py.*** En el Apéndice L se observan el editor y las herramientas que ofrece el ambiente de desarrollo Boa Constructor.

IV.3.2. Interfaz gráfica

El resultado de esta fase se observa en el Apéndice M, donde se encuentra el código fuente de la interfaz gráfica.

En la práctica, el programa consta de tres aplicaciones que se encuentra en el directorio */usr/lib/python2.4/boa-constructor-0.4.4/*, dentro de la carpeta llamada "*TEG*". Dichas aplicaciones se denominan: AppCDC, Frame1 y Frame2; todas ellas ejecutables integralmente, es decir, al ejecutar cualquiera de las tres, el software se despliega de forma conjunta.

La interfaz gráfica muestra inicialmente una ventana principal, como se observa en la figura 6, donde el operador tiene acceso a las 18 cabinas del Centro de Comunicaciones mediante botones correspondientes a cada una de ellas.

Figura 6. Ventana principal del Centro de Comunicaciones

A continuación, se describen los diversos escenarios que se pueden presentar en cada cabina, cuando el operador presiona los diferentes botones, ejemplificando a través de la Cabina 1:

- **Cabina 1**: se muestra un cuadro de diálogo que dice "No hay llamadas en la Cabina 1". (figura 7)

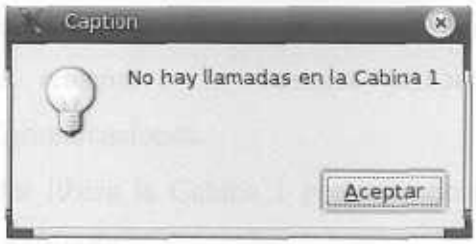

Figura 7. Cuadro de dialogo

- Se marca la Cabina 1 como **ocupada**, y se luego presiona el botón **Cabina 1**: se muestra una segunda ventana (figura 8), donde se podrá visualizar información detallada sobre cada intento de llamada que se registre en la Cabina 1, a partir del momento en que ésta se marcó como "ocupada".

Figura 8. Cabina 1

  - **Mostrar**: aparece la tabla con la información específica de la fecha, hora, destino, tiempo de duración y costo de cada una de las llamadas realizadas en la Cabina 1, así como el monto total a cancelar. (figura 9).
  - **Limpiar**: se borra la información que se encuentre en la tabla citada anteriormente.

- **Salir:** se cierra la ventana correspondiente a la Cabina 1, y se retorna a la ventana principal del Centro de Comunicaciones.

- El operador libera la Cabina 1 presionando nuevamente sobre la marca de **ocupada**.
- **Salir**: se cierra la ventana principal, y el software detiene su ejecución.

Figura 9. Llamadas en la Cabina 1

De esta forma la interfaz gráfica le proporciona al operador del Centro de Comunicaciones, control absoluto sobre las cabinas y acceso detallado a la información de cada una de las llamadas que se efectúen.

IV.3.3. Software tarifador

El conjunto de instrucciones que llevan a cabo la tarificación de las llamadas en el Centro de Comunicaciones, se evidencia igualmente en el Apéndice M, ya que este software forma parte integral de la interfaz gráfica, particularmente en la Frame2.

El costo final de cada llamada, se observa en la última columna del cuadro donde se encuentra la información detallada de las llamadas, mientras el monto total a cancelar por el usuario aparece mas abajo en el centro de la ventana, como se aprecia en la figura 9.

Por otra parte, debido a razones de confidencialidad y longitud, en el Anexo B se encuentra sólo una pequeña muestra de la tabla de tarifas proporcionada por la empresa NGT, a la que se recurre para determinar el precio, en Bolívares, correspondiente a un minuto de llamada a los diferentes códigos de área de países y ciudades en el mundo.

IV.4. Selección de dispositivos

La presente fase del proyecto, demuestra los resultados intermedios y finales, obtenidos del proceso de selección de los dispositivos apropiados para las cabinas del Centro de Comunicaciones.

Inicialmente, en la tabla 2, se encuentran las especificaciones técnicas del teléfono digital Ericsson Dialog 4222 (figura 10), el cual es utilizado actualmente en diversos Centros de Comunicaciones en el país, y que fue considerado como una de las alternativas de diseño, dentro del marco de evaluación de la opción de colocar terminales telefónicos con pantalla incorporada.

Conexión	**Cable telefónico (par de cobre)**
Especificaciones	Teléfono sencillo con pantalla gráfica
Líneas	Soporta 2 líneas + consulta
Información mostrada	Fecha, hora, duración y coste de la llamada

Pantalla	2 líneas / 40 caracteres
Funciones	4 teclas programables
Extras	Manos libres, identificación de llamadas, auriculares y agenda
Dimensiones y peso	Largo: 231 mm, Ancho: 159 mm, Alto: 101 mm Peso: 850 g
Compatibilidad	Centralita Ericsson MD-110 (versión BC12 y anteriores MD110/BC11) y con la BP (versión v2.0 o sup)

Tabla 2. Características técnicas del Teléfono Digital Ericsson Dialog 4222

Como se observa, el teléfono permite mostrar por pantalla información de la fecha, hora, duración y coste de las llamadas, tal y como se requiere en el proyecto. Sin embargo la característica de mayor relevancia, se evidencia en el campo correspondiente a la compatibilidad, ya que el teléfono necesariamente debe ser conectado a una de las centrales que se especifican en dicha tabla 2 para su correcto funcionamiento y, en particular, para recibir la información de tarificación de las llamadas. Por consiguiente, resulta poco práctica la adaptación de este terminal a un software tarifador que no se origine desde la central telefónica. Inconveniente que resultó ser común en otras marcas y modelos de teléfonos con pantalla incorporada, razón por la cual se descarta la opción de emplear este tipo de dispositivos.

Figura 10. Teléfono Ericsson Dialog 4222

Por otro lado, al evaluar la alternativa de recurrir a un visor o display adicional al aparato telefónico, se plantearon diversos tipos de conexión del dispositivo con el computador del Centro de Comunicaciones: puerto serial (RS232), puerto USB, vía ethernet por el cable de red, de forma inalámbrica (WiFi), e incluso por el cable de corriente a través del protocolo x10.

Luego, por razones de simplicidad de conexión, disponibilidad de dispositivos en el mercado, compatibilidad con el software desarrollado y costos, se analizaron con profundidad únicamente las alternativas de conexión que involucran a los puertos serial y USB. En la tabla 3 se observan las marcas y modelos de los visores que se sometieron a evaluación durante el proceso de selección.

MARCA	MODELO	VISOR
CrystalFontz	CFA-631-V1.0 Puerto Serial Pantalla LCD	
	CFA634-NFA-KS Puerto Serial Pantalla LCD	
	CFA634-NFA-KU Puerto USB Pantalla LCD	
	CFA635-YYE Puerto USB Pantalla LCD	

ACS	Serial 128 x 64 Graphic LCD RS-232 Display Terminal	
CwLinux Limited	CW1602 Puerto USB Pantalla LCD	
Matrix Orbitral	LCD2041 RS232	

Tabla 3. Visores evaluados

Ante esta variedad de dispositivos se realizó una preselección, en la que quedaron descartados los visores que contaban con botones frontales, debido a que su función es simplemente mostrar información al usuario, y no de interactuar con el mismo.

De esta forma la decisión definitiva se basó una vez más en el tipo de interconexión. Por ello, al considerar la necesidad de conectar 18 displays a un solo computador, se optó por utilizar dispositivos con puerto USB, el cual permite concentrar hasta 7 puertos eficazmente, recurriendo a Hubs.

En consecuencia, el visor seleccionado para el diseño del presente proyecto es el CrystalFontz CFA634-NFA-KU con conexión USB y pantalla LCD, que se observa en la figura 11.

Figura 11. Visor seleccionado (CrystalFontz CFA634-NFA-KU)

La tabla 4 evidencia las características y especificaciones técnicas más relevantes del display seleccionado.

Conexión	**Puerto USB**
Especificaciones	Visor LCD
Pantalla	20 x 4 (4 líneas / 80 caracteres)
Dimensiones y peso	Largo: 130 mm, Ancho: 15,9 mm, Alto: 63 mm Peso: 80 gr
Contraste	Programable
Funciones	Programables (ver Tabla 7 de comandos en el Apéndice N)
Frecuencia	300 Hz

Tabla 4. Caracteristicas técnicas del Visor CrystalFontz CFA634-NFA_KU

Por otro lado, la tabla mostrada en el Apéndice N, contiene las instrucciones de mayor importancia con las que se ejecutan diversas acciones de control, útiles para la programación del dispositivo.

IV.5. Diseño e integración final

IV.5.1. Diseño

Mediante la herramienta de Microsoft Office Visio 2007 se logró especificar e implementar gráficamente el diseño de la red del Centro de Comunicaciones, tal y como se puede apreciar en la figura 12.

El diseño dispone de las 18 cabinas telefónicas, donde cada una de las cuales presenta un teléfono analógico convencional y un visor modelo CrystalFontz CFA634-NFA-KU con conexión USB y pantalla LCD, tal y como se especificó en el apartado anterior.

Cada terminal telefónico se encuentra conectado, mediante cable telefónico, a un VegaStream 5024 VoIP Gateway (ATA 24 puertos), para realizar la conversión de la red PSTN a la red IP.

Así mismo se presentan tres Hubs USB de 7 puertos para lograr la conexión, tipo USB, entre los 18 visores y el computador de control central. El modelo de dichos dispositivos es Hub USB 2.0 7 puertos F5U237eaAPL-S. Igualmente se dispone de un Hub de 8 puertos Ethernet, modelo NETGEAR EN108 para proporcionar conectividad entre el ATA, la central Asterisk e Internet, elemento indispensable para lograr el establecimiento de las llamadas mediante VoIP.

Como parte fundamental del proyecto, se destaca el computador central, encargado de llevar el control de las llamadas del Centro de Comunicaciones, a través de la aplicación Asterisk, la interfaz gráfica de usuario y del software tarifador. Este computador, modelo AMD Athlon(tm) XP 2400+, posee una capacidad de 218 KB de memoria RAM y un procesador de 2001.567 MHz con 256 KB de caché.

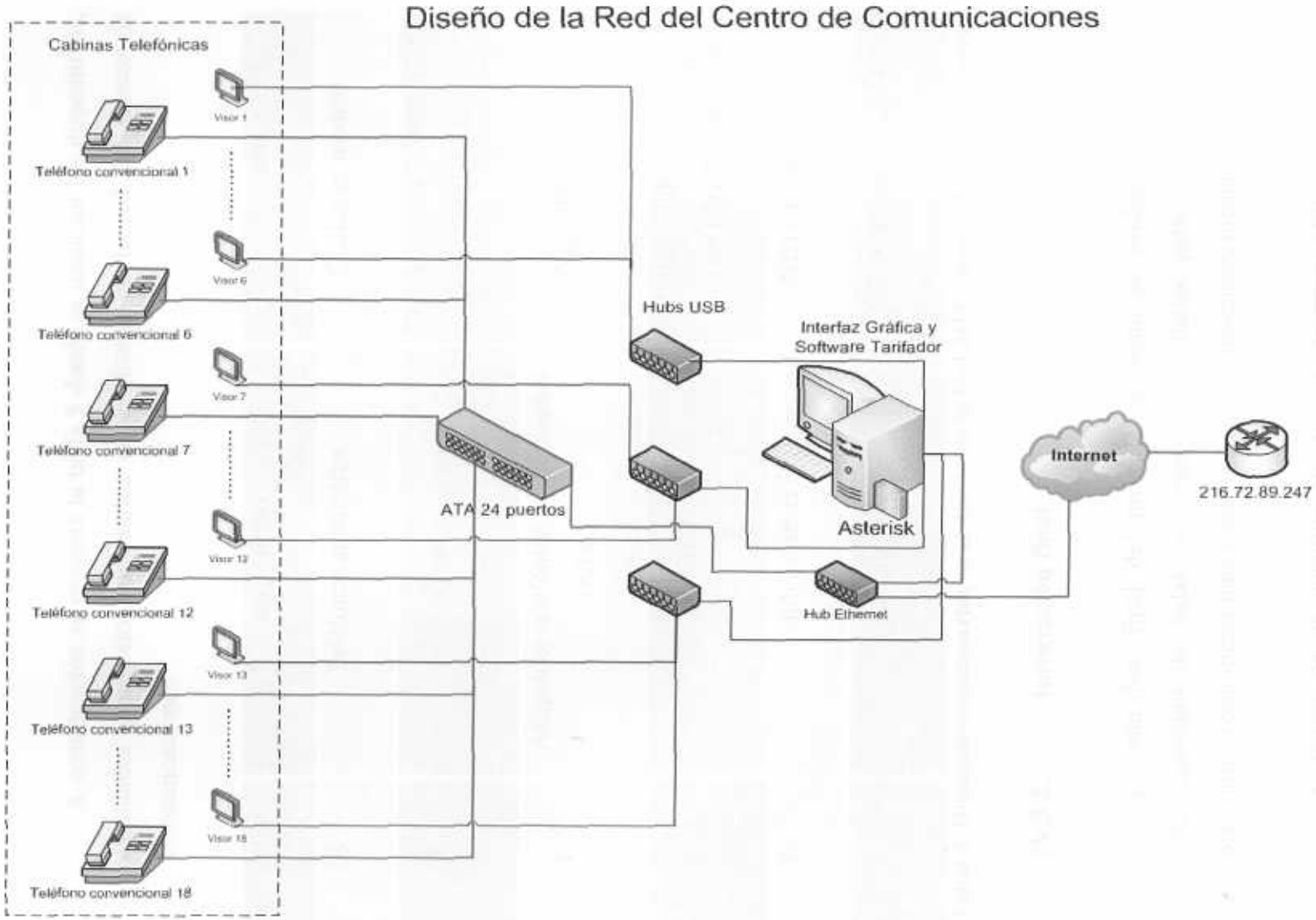

Figura 12. Diseño de la Red del Centro de Comunicaciones

A continuación se presenta la tabla 5 donde se destacan los dispositivos, cantidades y modelos, necesarios en el diseño de la red del Centro de Comunicaciones.

Cantidad	Dispositivo	Modelo
18	Teléfonos analógicos	Cualquier modelo
18	Visores	CrystalFontz CFA634-NFA-KU (USB)
1	Adaptador telefónico de 24 puertos (ATA)	Vegastream 5024
3	Hub USB	Belkin Hub USB 2.0 7 puertos F5U237eaAPL-S
1	Hub Ethernet	NETGEAR EN108
1	Computador	AMD Athlon(tm) XP 2400+

Tabla 5. Dispositivos necesarios en el diseño de la Red del Centro de Comunicaciones

IV.5.2. Integración final

En esta fase final del presente proyecto, se evidenció el correcto funcionamiento de todas las etapas desarrolladas para el diseño de la plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones mediante VoIP.

A través de la habilitación de los Accesos Directos a los tres componentes fundamentales de la plataforma: la aplicación Asterisk, la

Interfaz Gráfica y el Visor, se facilitó y se comprobó el funcionamiento de la implementación de una cabina del Centro de Comunicaciones, la cual imprescindiblemente forma parte integral de toda la red de dicho Centro.

La presente integración final supuso el éxito en el establecimiento de las llamadas telefónicas a diversos destinos, con diferentes tiempos de duración y mediante terminales telefónicos variados. De igual forma y simultáneamente, se logró la comunicación con el display, donde se observó en tiempo real, la hora de inicio de la llamada, la duración y el costo de la misma, como se observa en la figura 13. Por último y no menos importante, se registró y controló toda la información referente a las llamadas (hora de inicio, destino, duración, costo parcial y total) a través de la Interfaz Gráfica del operador.

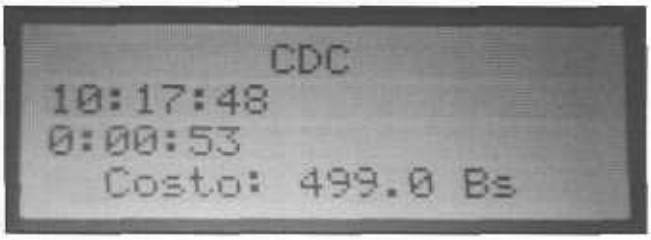

Figura 13. Visor en funcionamiento

Para la realización de las llamadas, la configuración de los adaptadores telefónicos (ATA), se realizó mediante la interfaz Web que se muestra en la figura 14. Para el caso de la comunicación mediante el teléfono IP los parámetros configurados se exponen en el Apéndice H.

Grandstream Device Configuration

STATUS | BASIC SETTINGS | ADVANCED SETTINGS | FXS PORT1 | FXS PORT2

SIP Server:	172.17.32.63	(e.g., sip.mycompany.com, or IP address)
Outbound Proxy:	172.17.32.63	(e.g., proxy.myprovider.com, or IP address, if any)
SIP User ID:	usuario1	(the user part of an SIP address)
Authenticate ID:	usuario1	(can be identical to or different from SIP User ID)
Authenticate Password:	••••••	(purposely not displayed for security protection)
Name:		(optional, e.g., John Doe)
Use DNS SRV:	○ No ◉ Yes	
User ID is phone number:	◉ No ○ Yes	
SIP Registration:	○ No ◉ Yes	
Unregister On Reboot:	◉ No ○ Yes	
Register Expiration:	60	(in minutes. default 1 hour, max 45 days)
local SIP port:	5060	(default 5060)
local RTP port:	16384	(1024-65535, default 5004)
Use random port:	◉ No ○ Yes	
DTMF Payload Type:	101	
Send DTMF:	☑ in-audio ☐ via RTP (RFC2833) ☐ via SIP INFO	
Send Flash Event:	○ No ◉ Yes (Flash will be sent as a DTMF event if set to Yes)	
Enable Call Features:	◉ No ○ Yes (if Yes, Call Forwarding & Call-Waiting-Disable are supported locally)	
Use Bell-style 3-way Conference:	◉ No ○ Yes (if Yes, *23 will be disabled)	
Offhook Auto-Dial:		(User ID/extension to dial automatically when offhook)
Proxy-Require:		
Disable Call-Waiting:	◉ No ○ Yes	
NAT Traversal (STUN):	◉ No ○ Yes	
No Key Entry Timeout:	4	(in seconds, default is 4 seconds)
Preferred Vocoder: (in listed order)	choice 1: current setting is " G729"	
	choice 2: current setting is " PCMA"	
	choice 3: current setting is " PCMU"	
	choice 4: current setting is " G729"	
	choice 5: current setting is " G726-32"	
	choice 6: current setting is " iLBC"	
Voice Frames per TX:	2	(up to 10/20/32/64 for G711/G726/G723/other codecs respectively)
G723 rate:	◉ 6.3kbps encoding rate ○ 5.3kbps encoding rate	
iLBC frame size:	◉ 20ms ○ 30ms	
iLBC payload type:	97	(between 96 and 127, default is 97)
Silence Suppression:	◉ No ○ Yes	
Fax Mode:	○ T.38 (Auto Detect) ◉ Pass-Through	
Early Dial:	◉ No ○ Yes (use "Yes" only if proxy supports 484 response)	
Dial Plan Prefix:		(this prefix string is added to each dialed number)
Use # as Dial Key:	○ No ◉ Yes (if set to Yes, "#" will function as the "(Re-)Dial" key)	
SUBSCRIBE for MWI:	◉ No, do not send SUBSCRIBE for Message Waiting Indication ○ Yes, send periodical SUBSCRIBE for Message Waiting Indication	
Send Anonymous:	◉ No ○ Yes (caller ID will be blocked if set to Yes)	
Lock keypad update:	◉ No ○ Yes (configuration update via keypad is disabled if set to Yes)	
Special Feature:	Standard	

	Frequency1 (Hz)	Frequency2 (Hz)	ON(x10ms) (C1;C2;C3)	OFF(x10ms) (C1;C2;C3)	
Distinct Ring Tones:	350	440	0	0	Dial Tone
	350	440	10	10	Recall Dial Tone
	350	440	10	10	Message Waiting
	350	440	10	10	Confirmation
	440	480	200	400	Audible Ringing
	480	620	50	50	Busy Tone
	480	620	25	25	Reorder Tone
	1400	2600	10	10	Receiver offhook

Volume Amplification: *TX* 0dB default *RX* 0dB default

Update | Cancel | Reboot

Figura 14. Interfaz Web de configuración de ATA

V. Conclusiones y Recomendaciones

V.1. Conclusiones

- La transmisión de voz por las redes basadas en el protocolo Internet (IP) constituye un avance fundamental en la convergencia del sector de las telecomunicaciones, permitiendo la integración de voz y datos sobre una misma plataforma.

- Los Centros de Comunicaciones o locutorios representan un mercado de importancia en el país, ya que brindan servicios de telefonía nacional e internacional con tarifas inferiores a las tradicionales.

- La utilización de la tecnología de voz sobre IP en el sector de los Centros de Comunicaciones ofrece grandes ventajas y oportunidades como lo son la reducción de costos, la integración de los servicios de voz y datos, facilidad de implementación, escalabilidad e independencia de la red telefónica tradicional.

- El presente Trabajo Especial de Grado ofrece el diseño de la plataforma tecnológica de fuente abierta necesaria para la implementación de un Centro de Comunicaciones de 18 cabinas mediante la tecnología de VoIP. Dicha plataforma tecnológica incluye la instalación, configuración y puesta en marcha de la aplicación Asterisk para cumplir las funciones de central telefónica privada; el desarrollo y código fuente de la Interfaz Gráfica para el control del Centro y tarificación de las llamadas; la selección y configuración de los visores presentes en cada una de las cabinas, así como su comunicación con el computador central para mostrar al usuario en tiempo real la duración y costo de cada una de sus llamadas.

- La Interfaz Gráfica desarrollada le proporciona al operador del Centro de Comunicaciones control absoluto sobre las 18 cabinas, permitiéndole también acceso detallado sobre la fecha y hora de realización, número de destino, tiempo y costo de cada una de las llamadas realizadas por los usuarios, así como el total a cancelar por el mismo.

- La selección del visor CrystalFontz CFA634-NFA-KU de pantalla LCD, permite aprovechar las cualidades principales de los puertos USB como lo son la velocidad y la posibilidad de conectar hasta 127 dispositivos simultáneamente con la utilización de Hubs. El empleo de los Cables de Extensión Activos consiente un distanciamiento de los visores de hasta 25 metros respecto del computador central.

- Es una ventaja funcional representativa del presente proyecto, la independencia del modelo de terminal telefónico utilizado, ya que de esta manera el diseño del Centro de Comunicaciones, no se encuentra atado a ninguna marca o modelo específico, brindándole flexibilidad al mismo.

- La creación de Accesos Directos en el escritorio del sistema, permiten al operador del Centro de Comunicaciones inicializar los programas necesarios para la puesta en marcha de la plataforma tecnológica, simplemente haciendo clic sobre los íconos denominados: ASTERISK, CDC Y VISORES; en lugar de tener que escribir las diversas instrucciones en la consola.

- El diseño del Centro de Comunicaciones que se presenta en el Trabajo Especial de Grado permite escalabilidad, ya que todos los dispositivos que conforman la red poseen capacidad de adaptación para un número de conexiones cada vez mayor, sin alterar la calidad en los servicios.

- La integración final resultante de todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de la plataforma tecnológica para Centros de Comunicaciones mediante VoIP representa una solución eficaz, para la prestación de servicios de telefonía utilizando las nuevas tecnológicas de voz sobre el protocolo de Internet.

V.2. Recomendaciones

- Para la obtención de las librerías *wxPython* se recomienda poseer cualquiera de las distribuciones y versiones del sistema operativo para las cuales se encuentra disponible, con la idea de lograr la instalación del mismo más fácilmente, pues de lo contrario es posible que se presenten conflictos en el sistema y se dificulte la instalación de los paquetes.

- Los diferentes programas que forman parte fundamental de la plataforma tecnológica, como la aplicación Asterisk, el ambiente de desarrollo Boa Constructor, entre otros, requieren que para su instalación se posean los permisos del usuario administrador del sistema, es decir del usuario *root*.

- Resulta imprescindible desactivar el Firewall (Corta Fuegos) del sistema donde se aloja la aplicación Asterisk, ya que de lo contrario y por motivos de seguridad, el registro de los usuarios en la central telefónica no se realiza y por ende estos no estarían habilitados para realizar ningún tipo de comunicación.

- Al configurar las opciones tanto del ATA como del teléfono IP, es necesario acceder a las interfaces Web de los dispositivos, para ello es indispensable que el computador desde donde se ingrese pertenezca a la misma red donde se encuentren el ATA o el teléfono IP, de lo contrario no será desplegada esta página.

VI. Bibliografía

ACS. (Septiembre de 2005). *Serial 128 x 64 Graphical LCD RS-232 Display Terminal with ANSI/VT100 Subset support.* http://www.acscontrol.com/Index_ACS.asp?Page=/Pages/Products/Lcd/128x64%20LCD_Display_Terminal.htm (2 de abril de 2007).

Asteriskguru. *Grandstream HandyTone-386 - SIP Analog Telephone Adapter (ATA)* http://www.asteriskguru.com/tutorials/grandstream_handytone_386_configuration.html (14 de marzo de 2007).

AstRecipes. *Compiling Asterisk 1.4 beta.* http://astrecipes.net/?n=216 (11 de diciembre de 2006).

Axelson, J. (2001). *USB Complete* (2nd ed.). USA: Lakeview Research.

Bankoi. *Centralitas IP Basadas en Asterisk.* http://voip.bankoi.com/centralitas_ip.htm (25 de septiembre de 2006).

Boa Constructor. *Boa Constructor Installation.* http://boa-constructor.sourceforge.net/Installation.html (22 de enero de 2007).

CANTV. *Centros de Comunicaiones.* http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=812 (2 de septiembre de 2007).

Castañeda, R. *Protocolos para voz IP.* http://www.cudi.edu.mx/primavera_2005/presentaciones/rodolfo_castaneda.pdf (17 de diciembre de 2006).

Crystalfontz. *Crystalfontz Liquid Crystal Displays*. http://www.crystalfontz.com/index.html. (2 de abril de 2007).

Davidson, J. y Peters, J. (2001). *Fundamentos de Voz sobre IP*. Madrid: Pearson Educación.

De Andrade, F. E. (2006). *Asterisk. Guía de la configuración.* (1ra. Ed.). http://site.asteriskguide.com/FreeChapters123es.pdf (10 de enero de 2007).

Digium. *Asterisk: The Open Source Telephony Platform*. http://www.asterisk.org/ (11 de diciembre de 2006).

Ericsson. *Ericsson Dialog 4222*. http://www.onedirect.es/fr/telefonos-fijos/telefonos-digitales/ericsson-dialog-4222.aspx# (3 de abril de 2007).

Forouzan, B. A. (2002). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones* (2da. Ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Gorrotxategi, G. *Soluciones de Voz IP con software libre.* http://www.e-ghost.deusto.es/docs/2006/conferencias/voip_asterisk_irontec_EnpresaDigitala.pdf#search=%22asterisk%22 (25 de septiembre de 2006).

Grupo de expertos sobre telefonía IP del UIT-D. (2005). *Informe esencial sobre telefonía IP*. http://www.itu.int/ITU-D/e-strategies/publications-articles/pdf/IP-tel_report-es.pdf (10 de enero de 2007).

Huidobro, J. M. (2003). *Tecnologías avanzadas de Telecomunicaciones.* Madrid: Thomsom Paraninfo.

León-García, A. y Widjaja, I. (2002). *Redes de Comunicación. Conceptos Fundamentales y Arquitecturas Básicas* (1ra. Ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Matrix Orbital Serial LCD & USB LCD modules. http://www.matrixorbital.com/index.php?cName=lcd-character-lcds (3 de abril de 2007).

Proyintec. *Equipos y sistemas para centros de comunicaciones.* http://www.proyintec.com.ve/voip.html (23 de septiembre de 2006).

Rojano, E. *Introducción a la VoIP con Linux Asterisk.* http://jornadas.linux-malaga.org/material1/VoIP_con_Asterisk.pdf#search=%22asterisk%22 (25 de septiembre de 2006).

Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras* (4ta. Ed.). México: Pearson Educación.

VegaStream. *VegaStream VoIP Gateway.* http://keison.co.uk/vegastream/vegastream.htm (11 de junio)

VoipForo. *VoIPForo.* http://www.voipforo.com/ (23 de julio de 2007).

Wiki-Lanux. *Introducción rápida a Asterisk.* http://www.lanux.org.ar/dokuwiki/doku.php?id=articulos:asterisk_intro_para_la_demo_del_lanux (10 de enero 2007).

Wxpython. *wxPython Downloads & Stuff.* http://www.wxpython.org/download.php#binaries (22 de enero de 2007).