

Diseño a pequeña escala de una solución de telefonía IP corporativa

CARLOS ALBERTO VALDES GAÑAN

RICKY JACKSON SAYAVEDRA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIAS

DIRECCIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C

2010

Diseño a pequeña escala de una solución de telefonía IP corporativa

CARLOS ALBERTO VALDES GAÑAN

RICKY JACKSON SAYAVEDRA

Monografía presentada como registro de aprobación de la Especialización en
Telecomunicaciones

Director

Gonzalo López

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERIAS

DIRECCIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C

2010

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, Febrero 12 de 2010

Cartagena, junio1 de 2010

Señores

COMITÉ DE REVISIÓN DE TRABAJOS INTEGRADORES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

La Ciudad

Apreciados señores:

Por medio de la presente nos permitimos informarles que la monografía titulada “Diseño a pequeña escala de una solución de telefonía IP corporativa” ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autores del proyecto consideramos que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,

GONZALO LOPEZ VERGARA

DIRECTOR DEL PROYECTO

Cartagena de Indias D. T. y C

Febrero 12 de 2010

Yo CARLOS ALBERTO VALDES, identificado con la cédula de ciudadanía número 73.167.246 de la ciudad de Cartagena. Autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ON LINE de la Biblioteca.

CARLOS ALBERTO VALDES

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C

Febrero 12 de 2010

Yo RICKY JACKSON SAYAVEDRA, identificado con la cédula de ciudadanía número 73.167.246 de la ciudad de Cartagena. Autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ON LINE de la Biblioteca.

RICKY JACKON SAYAVEDRA

ARTICULO 105

La Universidad Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no se pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

CONTENIDO

	Pág.
Lista de figuras	
Lista de Tablas	
Anexos	
Introducción	1
Planteamiento del problema	2
Objetivos	4
1. Estado de las comunicaciones de voz sobre IP	5
1.1. Historia de la tecnología VoIP	8
1.2. Elementos de la tecnología VoIP	10
1.3. Características de la señal de voz sobre IP	13
1.3.1.1. Ancho de banda	13
1.5. Codecs de voz	14
1.5.1. Funciones de los codecs	15
1.5.2. Clasificación de los codecs	15
1.6. Modelo VoIP	17
1.6.1. La no recomendación de transmisión de voz sobre TCP	19
2. Protocolos de establecimiento de llamada	22
2.1. H.323	25

2.1.2. Operación en H.323	25
2.1.3. Descripción general de H.323	26
2.2. MGCP	29
2.3. SIP	31
2.3.1. Consideraciones de seguridad	33
2.3.2. SIP y NAT	34
2.3.3. Arquitectura SIP	35
2.3.4. Operaciones SIP	37
2.4. Protocolo IAX	38
3. Diseño de una solución VoIP	40
3.1.1. Planeación inicial: Situación actual	40
3.1.2. Requerimientos identificados en la empresa	41
3.1.3. Plano arquitectónico actual	44
3.2. Diseño y solución propuesta	46
3.2.1. Servicios que brindará la realización del proyecto	47
3.2.2. Requerimientos - Hardware y Software utilizado	50
3.2.3. Diagrama de interconexión	51
3.2.4. El plano arquitectónico propuesto	53
3.2.5. Propuesta económica	63
3.2.6. Análisis de la solución y escalabilidad	67

3.3. Implementación	70
4. Resultados de la investigación o de la innovación realizada	71
5. Conclusiones	74
6. Bibliografía	91
I. Anexos	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Esquema típico para la transmisión de voz a través de VoIP.	12
Figura 1.2. VoIP basada en Web	22
Figura 1.3 Modelo basado en Web agrupado en tres planes	22
Figura 2.1 Procedimiento de establecimiento de llamada VoIP.	24
Figura 2.2. Admisión de procedimientos.	28
Figura 2.3. Arquitectura MGCP	30
Figura 3.1. Diagrama actual de telefonía tradicional o PSTN	43
Figura 3.2 Figura 3.2. Plano arquitectónico actual de CDI S.A	44
Figura 3.3 Figura 3.3. Diagrama de interconexión de telefonía IP.	52
Figura 3.4. Diagrama de interconexión de telefonía IP más completa	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Propuesta económica	64
Tabla 3.2. Costo de llamadas	66

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Instalación de Elastix
- Anexo B Creación de nueva extensión en Elastix IPBX
- Anexo C. Configuración de teléfono softphone con X-Lite

Introducción

No es un misterio que por estos días los protocolos de voz sobre Internet están generando un interés particular en los integrantes de infraestructura IP de las compañías y organizaciones. La razón principal es el ahorro en potencia en costos de comunicaciones entre filiales, clientes y socios, al mismo tiempo que lograr desde el área de tecnología un aporte significativo a la gerencia y su aspecto financiero.

Todo esto es posible al utilizar tecnologías basadas en VoIP, y es más, empezar a utilizar servicios que no se tenían en la telefonía convencional, un ejemplo es si hablamos de mensajes de voz, conferencias y hasta mensajes de voz en los buzones de correo.

Existen varios aspectos a examinar ya que es necesario saber si nuestra infraestructura está preparada para implementar nuestra solución en mención, entre estos están por ejemplo si nuestra red es lo suficientemente rápida para soportar redes convergentes, si nuestra red soporta actualmente calidad de servicio (QOS) y clases de servicio (COS), si podremos proveer la seguridad necesaria al utilizar esta tecnología y sobre cómo quedará el esquema de interconexión de nuestra empresa al implementar la solución.

Al desarrollar los temas que expondremos lograremos aclarar cada vez más los aspectos positivos y casi necesarios de ser aplicados ya que traerán ventajas significativas en casi todos los tipos de organizaciones.

Planteamiento del problema

Pensar en una empresa sin teléfonos como primera herramienta de comunicación es tan importante como la empresa misma, regla que ha existido desde siempre en este mundo capitalista y como pieza elemental indispensable para todas, pero sabemos que conforme han cambiado los tiempos, las maneras de hacer negocios y el creciente número de alternativas de comunicación entre estas nos encontramos frente a un cambio significativo dentro de estas opciones.

La empresa motivo de nuestro trabajo integrador se llama CDI Ltda. Cuyas siglas son: Construcciones, Diseños e Interventorías es una empresa del sector industrial que se dedica a la construcción de proyectos civiles, eléctricos y mecánicos aplicando ingeniería en sus diferentes campos.

La empresa es una entidad en expansión y actualmente cuenta con una sede ubicada en el sector de Bellavista, dicha sede tiene 575.9 mts² para 24 empleados que se encuentran en ella mas 60 empleados residentes entre ingenieros, dibujantes, calculistas y operarios en las diferentes empresas del sector industrial. En su sede tienen una antigua planta telefónica Panasonic modelo 1100 de mas de 9 años de uso que presenta problemas actualmente quedando sin respuesta para los que llaman a ella y ocasionando contratiempos para sus empleados fuera de las oportunidades de negocios que se pierden al no poder ser localizados cuando alguna empresa busque propuestas en el mercado.

La empresa requiere una actualización de plataforma telefónica, por esta razón se hace evidente que requieren de una propuesta que se encuentre acorde con las tendencias del mercado y un presupuesto viable para la pequeña y mediana empresa.

Pretendemos con este trabajo proponer una solución de telefonía VoIP que trabaje de la mano con la red de datos, que opere con hardware abierto y así mismo que aproveche los recursos tecnológicos existentes en la empresa como su red de datos, acceso a Internet, entre otros.

Dentro de las razones fundamentales para utilizar voz basada en el protocolo de Internet o VoIP encontramos la integración de servicios y unificación de la estructura así como el ahorro considerable de los costos de las comunicaciones llámense locales, larga distancia o a móviles.

En el presente trabajo esta orientado a las pequeñas y medianas empresas como una inmobiliaria, oficina de abogados, pequeñas clínicas, etc. Donde los costos son muy limitados y requieren aprovechar al máximo de la utilización de tecnologías abiertas que cumplan diferentes funciones y apoyen los diferentes servicios de la empresa. Para el presente trabajo se propone el cambio a telefonía IP para las empresas que ya poseen sistema de PBX y la instalación de este para las empresas que no la tienen ya que es un valor agregado para la empresa tener un sistema de comunicaciones con las ultimas tendencias aplicadas a nivel global.

OBJETIVOS

General:

Diseñar una solución de telefonía basada en voz sobre IP en pequeña escala para CDI s.a.

Específicos:

- Identificar requerimientos y necesidades en CDI s.a. para proponer una solución adecuada.
- Unificar la estructura de interconexión corporativa por medio de nuevas técnicas y modelos de comunicaciones.
- Ahorrar costos de comunicaciones para la compañía centralizando los servicios.
- Identificar las ventajas y desventajas de VoIP sobre la telefonía tradicional.

1. Estado de las comunicaciones de voz sobre IP

La voz sobre el protocolo de Internet, voz sobre IP o simplemente VoIP es una tecnología que permite conversaciones de voz mediante una conexión de Internet utilizando la línea telefónica. VoIP realiza la transmisión de voz a través del intercambio de paquetes de datos, para ello se definen los siguientes términos:

- **Voz sobre Internet:** Se refiere al establecimiento de llamadas sobre redes públicas (Internet) o redes privadas.
- **Telefonía IP:** Uso de IP para transmitir voz mediante el envío de paquetes de datos por Internet a la red pública de telefonía conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network). Es una aplicación inmediata de VoIP, la cual tiene como función la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP. "Con la telefonía IP la computadora se convierte en un teléfono".
- **Paquetes de voz:** Uso de redes de datos en lugar de una red telefónica basada en conmutación de circuitos, para transportar llamadas telefónicas. La transmisión de voz mediante paquetes es un término general que puede aplicarse a cualquier tecnología de redes de datos, por ejemplo en Frame Relay (VoFR, Voice over Frame Relay) o en ATM (VoATM, Voice over ATM).

A pesar de que en el campo de las telecomunicaciones VoIP se conoce desde hace más de una década, es una tecnología que empieza a darse a conocer entre los usuarios de Internet y las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. Esta tecnología permite enviar información de voz en forma digital, en paquetes discretos haciendo uso del protocolo de Internet (IP, Internet Protocol).

Anteriormente, la transmisión de voz y la transmisión de datos eran dos conceptos teóricamente diferentes, pero con la revolución del Internet y los avances tecnológicos en redes de datos se ha podido establecer que dichos conceptos pueden convivir sobre una misma red, lo cual representa un gran ahorro para los hogares, instituciones educativas, oficinas y sucursales, proveedores y clientes dentro de un entorno empresarial, que cuentan con una red de datos.

La principal ventaja de VoIP es la transmisión de voz de forma gratuita, ya que ésta se transporta como si fueran datos, por lo tanto al poder transmitir voz sobre la red de datos hace que las empresas y los proveedores de servicios de Internet¹ puedan ofrecer valor agregado a sus clientes y revolucionar el comercio electrónico (E-Commerce). Con la tecnología VoIP cualquier empresa puede estar en contacto directo con sus clientes, proveedores. etc., simplemente necesitan agregar un acceso de comunicación mediante la página Web de la empresa y cualquier usuario puede comunicarse mediante el acceso de comunicación telefónica en

¹ También llamado ISP que deriva de las siglas Internet Services Provider, es nuestro proveedor de acceso a Internet.

línea; con este medio, un representante de la empresa puede brindar información en forma directa, haciendo más confiables las ventas por Internet.

Actualmente, las empresas utilizan VoIP para comunicaciones internas al ofrecer:

- Acceso a redes corporativas desde pequeñas sedes a través de redes integradas de voz y datos: Las empresas están totalmente comunicadas y las llamadas telefónicas entre sucursales a través de VoIP son gratuitas.
- Agenda o directorio telefónico de la empresa y sucursales: Herramienta que permite el establecimiento de una llamada sin necesidad de marcar el número de teléfono, ya que éste se encuentra almacenado en la memoria del teléfono (softphone).
- Servicio de mensajes de voz y asignación de números personales: Las personas de una empresa no necesitan estar dentro de las instalaciones para acceder a su número personal y revisar sus mensajes de voz, ya que VoIP brinda la posibilidad de realizar llamadas telefónicas a cualquier extensión de la empresa o a otro número de la PSTN², siempre y cuando se tenga un proveedor de servicios VoIP o un contrato con la compañía telefónica local (Telco, Telephone Company), sólo se requiere de una conexión a Internet y el softphone o Hardphone para marcar el número de sus contactos

² PSTN: Se define la Red Telefónica Básica, son los conjuntos de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación tradicionales.

- Servicio de videoconferencias: Los líderes o jefes ya no tendrán que trasladarse a algún lugar en especial para reunirse y hablar de los temas de gran relevancia para la empresa, sólo basta con entrar a una sala de videoconferencias a través de un softphone o teléfono IP para contactar al número de personas deseadas e iniciar la conversación entre ellas, ahorrándose costos de traslado, hospedaje y alimentación.

1.1. Historia de la tecnología VoIP

La tecnología VoIP surgió en el año 1995, cuando la empresa VocalTec desarrolló el primer softphone para ejecutarse en una PC; esta aplicación fue llamada Internet Phone e implementaba el protocolo de establecimiento de llamada H.323.

A pesar del éxito obtenido, Internet Phone presentaba diversas desventajas ya que Internet no contaba con suficiente ancho de banda y la utilización de módems ocasionaba una calidad muy pobre en las conversaciones de voz comparado con una llamada telefónica a través de una línea de teléfono tradicional o PSTN₂; para establecer una comunicación de voz era necesario que ambos usuarios contaran con dicha aplicación debido a que ésta no soportaba herramientas de comunicación diferentes.

A finales de 1996, el uso de VoIP se consideraba una especie de entretenimiento en Internet. Aún no se establecían normas de comunicación, por lo que para realizar una conversación de voz mediante VoIP era necesario llamar primero por

teléfono tradicional para averiguar si el otro usuario estaba conectado a Internet, por otro lado, en el mercado no existían herramientas que soportaran dicha tecnología.

En 1997, se desarrolló una pasarela (gateway) VoIP, la cual establece un puente de comunicación entre usuarios VoIP y usuarios de la PSTN, y permite realizar conversaciones de voz a cualquier teléfono, fijo o móvil.

En 1998 se estableció la utilización de la pasarela VoIP y se desarrolló el gatekeeper, logrando incrementar en 1% el tráfico de VoIP en los Estados Unidos de América. Se desarrollaron dispositivos y sistemas VoIP para realizar conversaciones de voz entre una PC y un teléfono tradicional, incluso para comunicar teléfonos tradicionales mediante una red IP.

En 2000, las firmas Cisco Systems y Lucent Technologies, fabricantes de sistemas de redes de comunicaciones de datos, lanzaron al mercado equipos que podían transportar paquetes de datos a una dirección destino dentro de Internet e intercambiaban tráfico de VoIP, lo cual incrementó a un 3% el tráfico de voz sobre una red de datos. A partir de entonces se ha incrementado el número de fabricantes, proveedores y usuarios de tecnología VoIP. En el año 2005 se estimó un aumento en el uso de tecnología VoIP entre el 25% y el 40%. La mayoría de empresas están adaptando gran parte de sus redes al uso de tecnología VoIP con la finalidad de ofrecer un valor agregado a sus clientes, facilitar el uso de sus servicios y disminuir sus costos de comunicación.

Inicialmente el protocolo de establecimiento de llamadas era H.323, en la actualidad han surgido otros como SIP (Session Initiation Protocol), IAX (Inter-Asterisk eXchange Protocol), MGCP (Media Gateway Control Protocol), Megaco (Media Gateway Controller), etc.

SIP es el protocolo de facto debido a su calidad de comunicación, gran cantidad de dispositivos en el mercado y bajo costo de implementación. Se tiene contemplado que a corto plazo IAX sea el protocolo más utilizado, ya que cuenta con el respaldo de los desarrolladores de Asterisk y considera diversas características que no soporta SIP.

1.2. Elementos de la tecnología VoIP

El modelo de VoIP involucra tres elementos principales:

- **Cliente:** Se encarga de establecer y terminar las llamadas de voz; codificar, empaquetar y transmitir la información de salida que se genera por el micrófono del usuario; recibir, decodificar y reproducir la información de voz de entrada a través de las bocinas o audífonos del usuario. El teléfono puede presentarse como: softphone, el cual cuenta con todos los requerimientos que se necesitan para establecer llamadas de voz; o hardphone, que cumple con las normas de establecimiento de llamadas IP.

- **Servidor/IP PBX:** Encargado de controlar un gran número de operaciones de bases de datos en tiempo en real, las cuales incluyen validación de usuarios, distribución de utilidades, enrutamiento, administración general del servicio, carga de clientes, control del servicio, registro de usuarios y servicio de directorio. Este elemento es de vital importancia ya que sin él no se puede realizar la administración del registro y el establecimiento de las llamadas VoIP.

- **Pasarela:** Proporciona un puente de comunicación entre usuarios VoIP y usuarios PSTN.

La pasarela origen debe transformar las señales de voz a datos digitales, dividirlos en paquetes para enviarlos a través del protocolo IP a la pasarela destino, la cual realiza el proceso inverso. La pasarela basa su funcionamiento en un procesador digital de señales (DSP, Digital Signal Processor).

La pasarela establece la diferencia entre los conceptos telefonía IP y VoIP, ya que cuando la red de datos cuenta sólo con servidores y clientes, se considera el término VoIP. En este escenario típico de un sistema VoIP, en donde los Clientes/Terminales pueden ser teléfonos analógicos, hardphones o softphones, estos últimos se ejecutan en una PC, Palm, PC pocket, etc. Los teléfonos analógicos necesitan de un dispositivo para digitalizar la señal de voz. En el caso de contar con los tres elementos que conforman la tecnología de VoIP, se establece como un sistema de telefonía IP.

1.3. Características de la señal de voz sobre IP

El envío de señales de voz en forma de paquetes de datos a través de Internet como vemos en la figura 1.1 es similar a la transferencia de datos a través del sistema MSN (Messenger) o al envío de correo electrónico, ya que los paquetes de datos pasan a través de diferentes nodos hasta llegar al nodo destino.

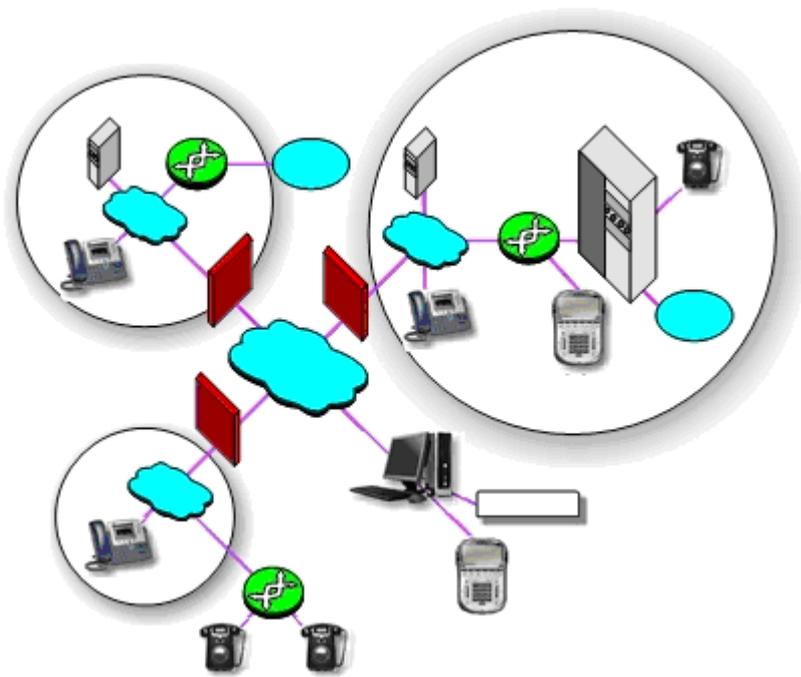


Figura 1.1. Esquema típico para la transmisión de voz a través de VoIP.

En los ejemplos señalados, el envío de datos no es fiable y algunos paquetes pueden perderse durante el envío, sin embargo se permite al nodo destino solicitar la retransmisión del paquete correspondiente. En el caso de una conversación de voz no es válida la retransmisión de paquetes perdidos, ya que se requiere que los paquetes lleguen en el orden de envío para asegurar la coherencia de la

conversación entre los participantes, y que la calidad de la voz recibida en ambos extremos sea audible, lo cual hace necesaria la implementación de sistemas QoS³ que evalúen la señal de voz.

1.3.1. Características de implementación de VoIP

Existen ciertas características que deben considerarse en la implementación de un sistema VoIP, las cuales se describen en los incisos siguientes.

1.3.1.1. Ancho de banda

La calidad de una conversación de voz depende del ancho de banda asignado. En los inicios de la tecnología VoIP, la transmisión de voz y video requería un elevado ancho de banda, lo cual hacía imposible establecer una comunicación de voz y video sobre la red de datos que garantizara una QoS aceptable.

Gracias a los avances tecnológicos en hardware y en software, actualmente se utilizan diversos algoritmos (GSM, G.711, G.723.1, G.729, etc.) para comprimir la señal de voz que recibe la pasarela, permitiendo el uso de la misma red de datos para el establecimiento de una conversación de voz entre uno o más participantes. Estos algoritmos se caracterizan por conseguir una buena compresión de datos disminuyendo el tiempo de latencia.

Por ejemplo, el algoritmo de compresión G.729 CS-ACELP consigue comprimir los paquetes de voz en 8 Kbps, los cuales se digitalizan y el protocolo IP agrega

³ QoS o Calidad de Servicio (*Quality of Service*, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (*throughput*).

cabeceras para ser transportados a través de una red de datos, por lo que el ancho de banda se incrementa hasta 16 Kbps. Sin embargo, a diferencia de una conversación mediante la PSTN, se cuenta con la posibilidad de eliminar los silencios de la conversación.

La técnica conocida como supresión de silencios permite que el ancho de banda ocupado por la transmisión de paquetes se asigne sólo en los momentos en que los participantes están hablando y el resto del tiempo se libere, logrando con ello una reducción del ancho de banda promedio para la transmisión de un paquete de voz a 8 Kbps. Utilizando el algoritmo de compresión G.729 CS-ACELP en un ancho de banda de 64 Kbps se pueden establecer hasta 8 llamadas de voz en forma simultánea.

1.5. Codecs de voz

Los codecs de voz⁴ son modelos matemáticos usados digitalmente para codificar y comprimir la información de audio analógica. Muchos de estos modelos matemáticos se basan en la capacidad del cerebro humano de obtener la información a pesar de que ésta sea incompleta. Comúnmente conocidos como

⁴ Un Codec de voz sirve para comprimir señales o ficheros de audio con un flujo de datos (stream) con el objetivo de que ocupan el menor espacio posible, consiguiendo una buena calidad final, y descomprimiéndolos para reproducirlos o manipularlos en un formato más apropiado.
Ref. Pinto, Orlando. *Estudio y desarrollo de centrales telefónicas PBX basados en tecnología VOIP*. Memoria de titulación, UTFSM

codecs, speech coders o voice coders, son parte fundamental en el manejo y uso de la tecnología VoIP, y se encargan de codificar/decodificar la voz.

1.5.1. Funciones de los codecs

La función principal de un codec es codificar las muestras de la conversación del usuario en tramas mediante un código de modulación de pulso (PCM, Pulse Code Modulation), de manera que la conversación logre las ventajas que presenta un sistema digital, como pueden ser: mejorar la señal en presencia de errores en la comunicación y disminuir la inestabilidad en las redes y transmisiones ruidosas. En el receptor, las tramas son decodificadas para obtener las muestras de conversación de PCM y después convertirlas a formas de onda (señal de voz).

1.5.2. Clasificación de los codecs

Los codecs se clasifican en tres tipos:

- **Codec en forma de onda:** Intenta reproducir fielmente la señal de voz, incluyendo los ruidos de fondo, mediante el aprovechamiento de sus características temporales o espectrales, con la finalidad de realizar la codificación en forma eficiente; asimismo presenta alta calidad y un ancho de banda en el rango de 16-64 Kbps. Por ejemplo: PCM, DPCM (Differential

Pulse Code Modulation), ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation), codificador en sub-bandas, etc.

- Vocoder (voice + coders, voz + decodificador): No reproduce la forma de la señal (waveform) original. El codificador construye una serie de parámetros que son enviados al receptor para utilizarse como manejadores de un modelo de producción de conversación. Se emplea una codificación de predicción lineal (LPC, Linear Prediction Coding) para deducir los parámetros de un filtro digital en diferentes tiempos. La calidad del vocoder no es suficientemente buena para implementarse en los sistemas de telefonía, sin embargo asume un modelo para la señal de voz; obtienen y cuantifican los parámetros de dicho modelo. Presenta una velocidad de bit (bit rate) en el rango de 1.2-4.8 Kbps y baja calidad. Ejemplos de este tipo de codecs son: Vocoder LPC y Vocoder homomófico.
- Codec híbrido: También conocido como codificador de análisis por síntesis (AbS, Analysis by Synthesis), es el tipo de codificador más empleado en la actualidad, ya que combina las características de los codificadores de forma de onda con las del vocoder con la finalidad de obtener una alta calidad de voz a bajas velocidades de bit (4-16 Kbps). En estos codecs las muestras de la señal de entrada se dividen en bloques de muestras (vectores), los cuales son procesados como si fueran uno solo; lleva a cabo una representación

parámetrica de la señal de voz para intentar que la señal sintética sea lo más parecida a la original. Ejemplos de este tipo de codecs son: CELP (FS-1016), Multipulso (MPC), VSELP, RELP, RPE-LTP, etc.

1.6. Modelo VoIP

El modelo de capas de la familia de protocolos de Internet relacionados con VoIP define su esquema de comunicación, en el caso de la voz, ésta puede transportarse mediante tres caminos: sobre IP, sobre UDP/IP o sobre RTP/UDP/IP, desde el punto de vista técnico, el tráfico de voz puede funcionar sobre los tres caminos, sin embargo se recomienda el último. Por lo anterior, se considera que el término VoIP no es preciso debido a que no hace referencia al camino utilizado, y algunos proponen el término Voz sobre RTP (VoRTP, Voice over Real Time Protocol), sin embargo, y debido a la presencia universal del IP, se ha estandarizado el término VoIP.

1.6.1. Transmisión de voz sobre IP

Transmitir directamente la voz sobre IP significa encapsular el tráfico de voz en el campo del usuario correspondiente al datagrama IP pero esto tiene sus consecuencias en el protocolo ya que para esta no es recomendable, tema que se tratará mas adelante.

1.6.2. Transmisión de voz sobre UDP.

UDP es un protocolo importante para operaciones VoIP debido a que se encarga de administrar y controlar los números de puertos en Internet entre computadoras y aplicaciones, e identifica a estas últimas como la capa de aplicación que se ejecuta sobre el UDP.

La cabecera del datagrama UDP contiene los números de puerto, origen y destino, requeridos para la ejecución apropiada de los protocolos de la capa de aplicación. El número de puerto es concatenado con la dirección IP para formar el socket, dicha dirección tiene que ser única en Internet y un par de sockets identifica a cada punto final de la conexión (end-point connection).

Aunque el mapeo de puertos destinado a procesos de capas superiores puede ser manejado como asunto interno en un host, Internet publica los números de puertos reservados para procesos de más alto nivel de uso frecuente conocidos como puertos bien conocidos (well-known ports). Los sockets identifican las sesiones entre las aplicaciones finales.

Otro punto a considerar respecto al uso de UDP es que algunos protocolos de señalización basados en VoIP no pueden funcionar correctamente sin el uso de puertos. Por ejemplo, una de las funciones de SIP es soportar el paso de números

de puertos entre aplicaciones, los cuales se utilizan durante la llamada telefónica de paquetes (packet telephone call). Finalmente, resulta apropiada la utilización de puertos y por ello, UDP es parte del camino de VoIP.

1.6.3. Transmisión de voz sobre RTP

RTP está diseñado para soportar tráfico de voz y video en tiempo real, brinda soporte a aplicaciones unidifusión (unicast) y multidifusión (multicast), proporciona servicios que incluyen la identificación del tipo de la carga útil (por ejemplo, el tipo de tráfico de audio como G.723 o G.729), numeración de secuencia, sello de tiempo (timestamping) y monitoreo de entrega.

Existen aplicaciones que usualmente ejecutan RTP sobre UDP para realizar la suma de comprobación (checksum) y la multiplexación de puertos UDP. RTP soporta transferencia de datos para múltiples destinos usando multidifusión. Mediante los números de secuencia, el receptor puede reconstruir la secuencia de paquetes del remitente y conocer la localización de un paquete, además RTP proporciona funciones útiles a los usuarios de VoIP.

1.6.4. La transmisión de voz sobre TCP no es recomendable

Para aplicaciones de voz no se utiliza el protocolo de control de la transmisión (TCP, Transmission Control Protocol) debido a que éste provoca retardos en el

tráfico⁵. TCP soporta retransmisión y con ello controla temporizadores (timers) que no satisfacen los requisitos de tráfico en tiempo real. Por el contrario, UDP es un protocolo que no soporta retransmisión y por lo tanto no añade retardos que puedan afectar el tráfico de voz.

La notación “otros soportes” se hace referencia a diversos protocolos que proporcionan funciones de ayuda para las operaciones de VoIP. La notación “datos” corresponde al hecho de que las sesiones VoIP soportan aplicaciones de datos, por ejemplo la transferencia de archivos, diapositivas, dibujos, hojas de cálculo, etc.

1.6.5. VoIP en Web

El modelo VoIP incluye al protocolos HTTP, lenguajes como HTML y XML, y el uso de URLs y DNS, los cuales son componentes esenciales (ver Figura 1.2).

En la firma de telecomunicaciones la CEO acuñó el término “Tono Web16” para describir el uso de tonos de marcado de la telefonía convencional en la Web. La

⁵ Para TCP se trabajan con confirmación y retransmisión de envío, en cambio sobre UDP esta orientado al stream o chorro para el envío de datos lo que lo hace mas adecuado en este caso.

tecnología VoIP soporta servicios Web y provee la migración a redes de telefonía basada en tonos.

1.6.6. Protocolos VoIP agrupados en planes

La Figura 1.3 muestra al grupo de protocolos VoIP agrupados en tres planes, los cuales se basan en sus funciones e interfaces de los protocolos asociados:

- Plan de señalización: Este plan contiene los protocolos de procesamiento o establecimiento de llamadas para VoIP, por ejemplo: Megaco, MGCP, H.323 y SIP.
- Plan de soporte: Contiene los protocolos VoIP que soportan la llamada y el plan de señalización, por ejemplo: RSVP, RTP y NTP.
- Plan del usuario: Contiene el tráfico generado por el usuario mediante paquetes de voz.

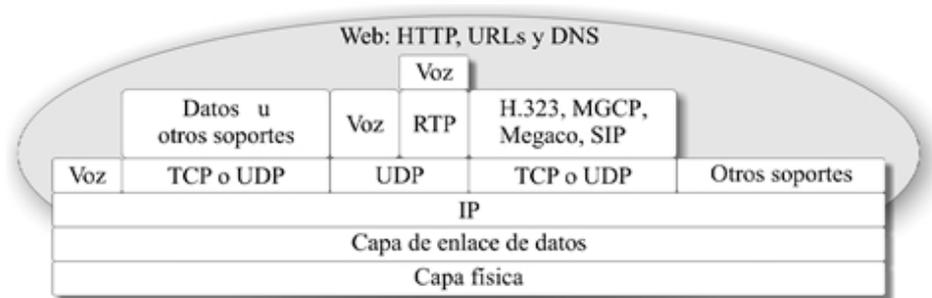


Figura 1.2. VoIP basada en Web.



Figura 1.3. Modelo basado en Web agrupado en tres planes.

2. Protocolos de establecimiento de llamada

VoIP se basa en el proceso de dividir la señal de voz en paquetes (packetization) de audio streams para su transporte sobre Internet. Dichos paquetes deben llegar en el mismo orden en que fueron enviados y en un tiempo menor a 300 ms, ya que en caso de que algunos paquetes se pierdan o sufran retrasos, se degrada la calidad de la comunicación.

Los protocolos de transporte, conocidos colectivamente como Internet, fueron diseñados para prever la resolución de pérdida de paquetes mediante una solicitud, tiempo de espera, retransmisión o en algunos casos continuar con el procesamiento sin la información de los paquetes perdidos; las conversaciones de voz no permiten la pérdida de paquetes ni los retardos que surgen con la espera, por ello dichos protocolos no pueden brindar soporte a streaming¹⁷ de media en tiempo real.

Por otro lado, la PSTN fue diseñada específicamente para transmisiones de voz y desde el punto de vista técnico, satisface perfectamente la tarea; sin embargo desde un punto de vista de flexibilidad, ha quedado estancada debido a la rigidez de su tecnología. VoIP incorpora comunicaciones de voz en todos los protocolos de red existentes considerando su diseño, construcción y mantenimiento con base en las demandas especiales de las conversaciones de voz.

El problema con la transmisión de voz basada en paquetes mediante IP es que no es compatible con la manera en que habla el ser humano, el cual habla y escucha mediante la transmisión de streams de audio, mientras que los protocolos de Internet son diseñados para capturar la voz, encapsular los bits de información en paquetes y entregar cada paquete por cualquier camino posible hacia el punto final.

El mecanismo para transportar datos en una conexión VoIP generalmente involucra una serie de señales de transacción entre los clientes finales y las pasarelas

intermedias, logrando dos media streams persistentes (una por cada dirección) para transportar la conversación.

Existen varios protocolos que proporcionan control y administración de sesión de telefonía en Internet, los cuales se conocen como protocolos de señalización o de establecimiento de llamada, y su función principal es establecer y terminar las llamadas en una red IP. Sus diferencias radican en que presentan redundancia en sus operaciones debido a su propio proceso de estandarización y a la variedad de soluciones propietarias que proporcionan los operadores de red, vendedores y usuarios.

La Figura 2.1 muestra el camino que siguen las señales y datos del procedimiento de establecimiento de llamada VoIP; los protocolos más utilizados son: H.323, MGCP, SIP e IAX, los cuales se describen a continuación.

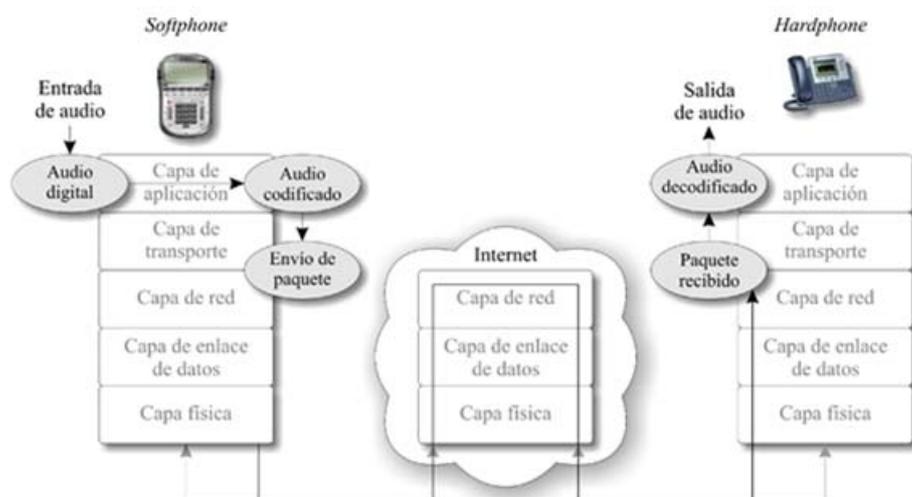


Figura 2.1. Procedimiento de establecimiento de llamada VoIP.

2.1. H.323

H.323 fue desarrollado por la ITU en mayo de 1996 para transmitir voz, video, datos y comunicaciones de fax a través de una red IP con conectividad a la PSTN. Desde entonces, el protocolo ha sufrido diversas modificaciones para adaptar su funcionamiento tanto en redes VoIP puras como en redes distribuidas. H.323 es el estándar de facto para aplicaciones de videoconferencias basados en IP.

H.323 es un sistema de procesamiento de llamada para voz, video y datos, que se ejecuta desde aplicaciones software que soportan conversaciones de voz (softphones), en PBXs, pasarelas, puentes (bridge) de conferencias, etc. Mediante H.323 se pueden encontrar recursos, registrar usuarios, asignar ancho de banda, negociar capacidad, configurar canales lógicos para el flujo de media (voz, fax, etc.), definir mensajes y formatos, configurar y terminar llamadas.

Las terminales de usuario H.323 soportan aplicaciones de tiempo real mediante dos caminos de audio, video o comunicaciones de datos, y pueden comunicarse con una pasarela H.323 o una unidad de control multipunto (MCU, Multipoint Control Unit).

Con H.323 se pueden realizar aplicaciones como: llamadas de voz, multiconferencias, seminarios, sesiones de trabajo basadas en conversaciones con pizarra (chalk talk), fax y datos para sesiones unidifusión y multidifusión.

H.323 define las funciones de unidades de multiconferencia y utiliza diversos estándares de la ITU-T para administrar y controlar las sesiones de usuario, las

cuales cubren los distintos aspectos que engloban una conversación de voz.

El modelo de de protocolos describe los procedimientos que realizan las funciones de H.323, el cual no fue diseñado para trabajar con la arquitectura Web (HTTP, URLs y sintaxis de transferencia centrados en el texto), sus estructuras de datos y sintaxis de transferencia están basados en la capa de presentación del modelo OSI (capa 6).

La principal desventaja que presenta el protocolo H.323 es su complejidad, y aunque es uno de los protocolos con gran tráfico VoIP, los usuarios presentan nuevas necesidades respecto a los operadores de telefonía de las PSTN.

Actualmente, existen empresas que hacen uso del protocolo

H.323, por ejemplo Microsoft e IBM, sin embargo la mayoría está migrando hacia SIP o IAX.

2.1.4. Descripción general de H.323

H.323 define el uso del protocolo de señalización modificado Q.931. La Figura 2.2 muestra los mensajes H.323 utilizados entre dos puntos terminales (punto final 1 y punto final 2) y el gatekeeper. A continuación se describe la secuencia de eventos

en donde cabe señalar que los puntos terminales intercambian mensajes Q.931 durante los eventos 3, 4, 7 y 8:

- Evento 1: El punto final 1 emite un mensaje de solicitud de admisión (ARQ) al gatekeeper.
- Evento 2: El gatekeeper regresa al punto final 1 un mensaje de confirmación de admisión (ACF) o de rechazo de admisión (ARJ) según sea el caso; asimismo se determina la naturaleza de la llamada, ya sea mediante conexión multipunto o punto a punto.
- Evento 3: El punto final 1 solicita el establecimiento de llamada con el punto final 2 a la vez que se realiza el proceso de configuración de los parámetros de llamada; se utiliza un identificador del punto final como medida de seguridad para asegurar que sea una terminal válida dentro de la zona de llamada.

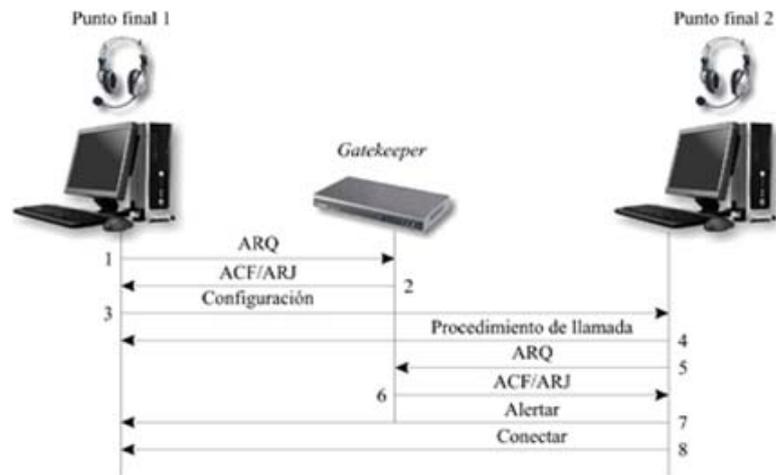


Figura 2.2. Admisión de procedimientos.

- Evento 4: El punto final 2 responde mediante el procedimiento de llamada; se otorgan direcciones para el punto final 1 y punto final 2 y éstas pueden ser direcciones E.164, identificadores H.323 o números de puertos.
- Evento 5: El punto final 2 envía un mensaje de solicitud de admisión (ARQ) al gatekeeper; y se solicita el ancho de banda necesario para realizar la llamada bi-direccional.
- Evento 6: El gatekeeper regresa un mensaje ACF o ARJ, según sea el caso, al punto final 2.
- Evento 7: El punto final 2 alerta al punto final 1 sobre el establecimiento de

llamada; se proporciona información sobre los protocolos opcionales de la serie Q (Q-Serie).

- Evento 8: El punto final 1 y el punto final 2 establecen la llamada mediante la concesión de un identificador único de conferencia.

2.2. MGCP

El protocolo del control de la entrada de los media (MGCP) fue desarrollado por la IETF y está definido en los RFCs 3435 y 2705, integra al protocolo simple del control de pasarelas (SGMP, Simple Gateway Control Protocol) y la especificación del protocolo de Internet para el control de dispositivos (IPDC, Internet Protocol Device Control) con la finalidad de simplificar el diseño de los dispositivos finales; establece la lógica para el establecimiento y control de llamadas que tienen que implementar las pasarelas de medios (media gateways) y los agentes de control de llamadas (call agents).

MGCP utiliza un modelo centralizado, en el cual los teléfonos MGCP no pueden llamar directamente a otros teléfonos MGCP sino que deben pasar a través de un controlador de llamadas, un esquema se puede observar en la figura 2.3.

MGCP describe una interfaz de programación y un protocolo complementario con el objetivo de definir las operaciones de las pasarelas de telefonía. El control de llamadas es realizado por los agentes de llamada, mientras que la pasarela de

telefonía proporciona conversión y operaciones de Internet (internetworking) entre las señales de audio utilizadas en telefonía de conmutación de circuitos, y los paquetes de datos utilizados por Internet u otras redes orientadas a conmutación de paquetes. El agente de llamada dirige las operaciones de la pasarela.



Figura 2.3. Arquitectura MGCP

2.2.1. Arquitectura MGCP

La Figura 2.3 muestra la topología para el sistema de procesamiento de llamadas IP de MGCP. La arquitectura externa de MGCP es similar a la del protocolo H.248/Megaco (Media Gateway Controller), ambos sistemas utilizan el concepto de controlador de pasarela (gateway controller), soportan el procesamiento de llamadas y están basados en la Web; sin embargo, MGCP no utiliza los conceptos de terminación y de contexto que emplea Megaco.

2.3. SIP

El protocolo de inicio de sesión SIP fue propuesto en febrero de 1996 por la IETF en el documento intitulado “draft-ietf-mmusic-sip-00”, dicho documento contenía especificaciones que difieren con las actuales y sólo contenía un tipo de petición para configuración de llamadas (call setup request).

En marzo de 1999, después de 11 revisiones, se presentó el RFC 2543 de SIP. Inicialmente fue ignorado debido a que H.323 era el protocolo de señalización para transporte de VoIP⁶.

SIP considera a cada extremo de la conexión como par (peer) 20 y se encarga de negociar la intercomunicación entre pares. SIP es un protocolo simple, con una sintaxis parecida a la de protocolos como HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).

El mercado de tecnología VoIP ofrece una gran variedad de productos SIP debido a que su especificación soporta nuevas aplicaciones como transmisión de video, audio y cualquier tipo multimedia en tiempo real.

SIP es un protocolo de control y señalización cuyas principales funciones son establecer, modificar y finalizar sesiones entre usuarios. SIP soporta sesiones unidifusión, multidifusión, acoplamiento de sesiones unidifusión, o una

⁶ SIP fue ganando popularidad gracias a que su especificación es de libre distribución y a su facilidad de uso e implementación comparada con H.323, es el más utilizado actualmente.

combinación de éstas; no actúa como pasarela de medios debido a que no soporta el transporte de cualquier media stream.

Su característica principal es la capacidad de soportar a usuarios móviles. Si un usuario registra su localización en un servidor SIP, éste dirige los mensajes al usuario o invocará operaciones proxy a otro servidor cercano a la localización del usuario. La capacidad móvil se aplica únicamente al usuario individual y no a la terminal del usuario (teléfono, computadora, etc.). Dichos aspectos diferencian a SIP de los otros protocolos de establecimiento de llamada.

SIP es una herramienta de apoyo para la telefonía IP debido a que:

- Puede operar sin estado (stateless) ²¹ o con estado (stateful); una implementación sin estado proporciona buena escalabilidad debido a que una vez que se haya procesado la transacción, los servidores no mantienen la información sobre el estado de la llamada.
- Utiliza los formatos y la sintaxis del HTTP, lo cual proporciona una forma adecuada para operar con los buscadores actuales.
- El mensaje SIP es flexible en cuanto a su sintaxis y se puede describir de diversas formas, por ejemplo con MIME (Multipurpose Internet Mail Extension) o XML (Extensible Markup Language).

- Identifica al usuario mediante un localizador de recurso uniforme (URL, Uniform Resource Locator), con lo cual proporciona la capacidad de iniciar una llamada haciendo clic en una liga Web.

SIP soporta cuatro funciones: localización del usuario, determinación del tipo de media para la sesión, capacidad del usuario para participar en una sesión y establecimiento, transferencia y terminación de la llamada.

2.3.1. Consideraciones de seguridad

Respecto al proceso de autenticación de usuarios, SIP utiliza un sistema de reconocimiento/respuesta (challenge/response) basado en la siguiente secuencia: inicialmente el cliente origen envía una solicitud INVITE al servidor proxy destino; éste envía un mensaje de autorización 407 como respuesta, dicho mensaje contiene un conjunto de caracteres aleatorios (nonce), el cual se utiliza junto con la contraseña para generar la función hash MD5; en el siguiente envío de la primitiva INVITE se regresa dicha función. El cliente se autentifica sólo si ambas funciones, la que generó y la que recibe, son iguales.

Los ataques de negación del servicio (DoS, Denial of Service) son los más comunes en VoIP, y ocurren cuando se envía un gran número de solicitudes

INVITE no válidas al servidor proxy con la finalidad de afectar el funcionamiento del sistema. Los DoS se pueden implementar fácilmente y sus efectos sobre los usuarios del sistema son inmediatos.

SIP proporciona diversos métodos para minimizar los efectos ocasionados por ataques DoS, sin embargo cada vez son más difíciles de prevenir. Por lo anterior, SIP implementa un mecanismo de seguridad en la capa de transporte (TLS, Transport Layer Security) entre el llamador y el dominio del llamado (callee), considerando las políticas de seguridad de la red local.

2.3.2. SIP y NAT

El mayor problema que ha tenido SIP es establecer transacciones a través de NAT, debido a que encapsula la dirección de la información en tramas de datos y NAT se ejecuta en una capa de red inferior; NAT no modifica la información de la dirección y desconoce los canales de media para completar la conexión. Además los cortafuegos, normalmente integrados con NAT, no consideran los canales de media como parte de las transacciones SIP y bloquean la conexión.

2.3.3. Arquitectura SIP

Uno de los aspectos que diferencia a SIP de los demás protocolos de establecimiento de llamada es que no utiliza un controlador de pasarela, sino que se basa en un modelo Cliente/Servidor que contiene los siguientes elementos:

Servidor: Es un programa de aplicación que acepta mensajes de solicitud de otro programa llamado Cliente; una vez que el Servidor recibe los mensajes del Cliente, responde con un mensaje de respuesta.

Servidor proxy: Actúa como Servidor y Cliente a la vez con el fin de realizar peticiones en nombre de otros Clientes. Puede mantener las peticiones internamente o también puede pasarlas a otros servidores. Un servidor proxy interpreta y puede reescribir un mensaje de petición SIP antes de enviarlo a otro Servidor o a un agente de usuario (UA, User Agent).

Servidor de redirección (redirect): Servidor que acepta peticiones SIP, identifica la dirección en la petición a una nueva dirección y regresa el mensaje al Cliente. Es diferente a un servidor proxy ya que no inicia su propia petición SIP y no envía peticiones SIP a otros servidores y es diferente al UA porque no acepta llamadas.

Registrador: Entidad SIP que acepta peticiones de registro y generalmente se hospeda en un servidor proxy o un servidor de redirección para ofrecer servicios de localización. El registrador se utiliza para registrar partes SIP en un dominio SIP, el cual es similar a la zona H.323 ya que es una entidad administrativa para un proveedor SIP.

Servidor de agente de usuario (UAS, User Agent Server): Hace referencia a un servidor que entra en contacto con un usuario cuando se recibe una petición SIP y regresa una respuesta en nombre del usuario.

Agente de usuario (UA): Es una aplicación que contiene al cliente de agente de usuario (UAC, User Agent Client) y al servidor de agente de usuario (UAS, User Agent Server).

UA: Es un sistema final que interactúa con el usuario y actúa como su representante; consiste de dos entidades:

- Cliente del protocolo (UAC): Inicia la llamada.
- Servidor del protocolo (UAS): Responde la llamada.

Debido a que el UA contiene tanto al UAC como al UAS, SIP puede operar como red par a par (peer-to-peer) mientras utilice el modelo Cliente/Servidor.

Servidor SIP: Puede implementarse de dos formas:

Servidor proxy: Recibe una petición de un Cliente y decide a qué Servidor puede enviar la petición en caso de ser necesario; puede enviar la petición a otro Servidor: (servidor de redirección o UAS), la respuesta a la petición viajará a través de la misma trayectoria que la petición, pero en orden inverso. El servidor proxy actúa como Servidor y como Cliente para hacer peticiones en nombre de otros Clientes,

interpreta los mensajes SIP y puede reescribir el mensaje de petición antes de enviarlo a otro Servidor o Cliente.

Servidor de redirección: No envía la petición sino que ordena al Cliente entrar en contacto directo con el siguiente Servidor; la dirección del mensaje SIP es mapeada en las nuevas direcciones y enviada de regreso al Cliente. Un servidor de redirección no puede actuar como Cliente.

2.3.4. Operaciones SIP

Se pueden ilustrar con un ejemplo:

Evento 1: Joan Gillen (jgillen@earthlink.net) está intentando comunicarse con la UTM (dirección utm@utm.mx). El servidor proxy recibe un mensaje INVITE (este mensaje viene del agente de usuario, el cual está alojado en el host de Joan Gillen).

Evento 2: El servidor proxy pregunta a un servidor de localización para descubrir más información sobre la parte llamada (utm@utm.mx).

Evento 3: El servidor de localización responde y proporciona un nombre más exacto (y una localización cuando el nombre se asocia a una dirección IP). Las

Operaciones SIP hacen uso del DNS.

Evento 4: Dicha información se utiliza por el servidor proxy para enviar el INVITE (con la nueva información) al UA que mantiene el nombre (utm@utm.mx).

Evento 5: El agente de usuario alerta a la parte llamada con un tono de llamada.

Evento 6: El agente de usuario envía de regreso un mensaje SIP ACK OK, con el código 200 para aceptar e indicar que se está procesando la petición de llamada.

Evento 7: El servidor proxy envía un mensaje ACK OK a la parte que llama.

Evento 8: Para completar la operación, la parte que llama envía un mensaje SIP ACK al servidor proxy.

Evento 9: El servidor proxy retransmite el mensaje SIP ACK al UA.

2.4. Protocolo IAX

IAX (Inter-Asterisk Exchange) es un protocolo desarrollado por la firma Digium con la finalidad de comunicar servidores VoIP; soporta una gran variedad de codecs y un gran número de canales (streams), con lo que se puede utilizar para transportar señalización y cualquier tipo de datos entre puntos finales (terminales VoIP) a

través del puerto UDP 4569. IAX es un protocolo binario, diseñado y organizado para reducir la carga en flujos de datos de voz.

IAX soporta el envío de señalización y datos por múltiples canales, con lo cual los datos de varias llamadas se encapsulan en un conjunto de paquetes y se añaden a un datagrama IP, reduciendo el retardo y el overhead²² asociado a los canales individuales, lo anterior se conoce como trunking²³ y ayuda a mejorar la utilización del ancho de banda y reducir los tiempos de procesamiento

IAX proporciona control y transmisión de flujos de datos multimedia sobre redes IP, cuyas principales aplicaciones son videoconferencias y presentaciones remotas. Por otro lado, IAX es un protocolo transparente a los cortafuegos y eficaz para trabajar en redes internas debido a que el tráfico de voz se transmite en banda (in-band).

El protocolo IAX establece sesiones internas que pueden utilizar cualquier codec para transmisión de voz o video, y está basado en los estándares SIP, MGCP y RTP (Real-Time Transfer Protocol).

El protocolo IAX fue diseñado para transmitir voz pero puede transportar cualquier media stream, incluyendo video. Actualmente IAX es un protocolo abierto y la comunidad de desarrolladores de tecnología IAX están incorporando diversos tipos de media.

3. Diseño de una solución VoIP

3.1.1. Planeación inicial: Situación actual

Nuestro proyecto se enmarca dentro de las competencias adquiridas luego de realizar la especialización en Telecomunicación para nosotros como ingenieros de Sistemas en el cual se desarrollan todos los contenidos relacionados con los sistemas de telecomunicaciones por supuesto de VoIP.

Como lo indicamos en el planteamiento la empresa motivo de nuestro trabajo integrador se llama CDI Ltda. empresa del sector industrial que se dedica a la construcción de proyectos civiles, eléctricos y mecánicos aplicando ingeniería en sus diferentes campos.

La empresa cuenta con una sede ubicada en el sector de Bellavista, dicha sede tiene 575.9 mts². En su sede tienen una antigua planta telefónica Panasonic modelo 1100 de mas de 9 años de uso que presenta problemas actualmente quedando sin respuesta para los que llaman a ella y ocasionando contratiempos para sus empleados fuera de las oportunidades de negocios que se pierden al no poder ser localizados cuando alguna empresa busque propuestas en el mercado.

La empresa requiere una actualización de plataforma telefónica, por esta razón se hace evidente que requieren de una propuesta que se encuentre acorde con las tendencias del mercado y un presupuesto viable para la pequeña y mediana empresa.

Actualmente nuestra empresa objetivo, o sea, la mediana y pequeña empresa llámese inmobiliaria, oficina de abogados, clínica, etc que para nuestro caso es una empresa del sector industrial a la que se le puede implementar nuestro proyecto cuenta actualmente con tres líneas instaladas para los usuarios, una el gerente, la secretaria, ingeniería y para los vendedores en su área comercial. La interconexión actual es a través de central telefónica o PBX de marca PANASONIC 1100 que tiene capacidad de 1 a 12 líneas distribuidas con su cableado de cobre específico interconectando las extensiones y necesitando un personal técnico específico tanto para la programación del equipo como para el cableado.

3.1.2. Requerimientos identificados en la empresa

La empresa CDI Ltda tiene en estos momentos una necesidad de cambiar su infraestructura telefónica e integrarse a las nuevas modalidades de uso ya que la actual planta análoga le esta generando gastos mensuales recurrentes en mantenimiento correctivo, repuestos y mano de obra. Así mismo los costos de las llamadas para el numero actual de empleados que se encuentra en aumento es de 24 personas aproximadamente y se esta incrementando mes a mes, la solución propuesta abre alternativas de encaminamiento de las llamadas para las

llamadas entre usuarios, locales (perímetro urbano), larga distancia nacional e internacional ya que cada una puede utilizar el recurso que minimiza el costo de uso.

CDI cuenta actualmente con un cableado de datos hecho prácticamente en el día a día y esta hecho a medida que se requerían mas equipos conectados a la red, esto ocasionó que su situación actual es una mezcla de códigos de cableado y categorías como 5, 5e y 6^a, adicionalmente se suma su estado ya que hay cables y conectores que llevan casi 10 años y visiblemente se encuentran deteriorados por su uso y las condiciones ambientales.

En la empresa se manejan las redes de voz y de datos de manera separada y el estar independientes genera costos de mantenimiento por cada tipo de red como se aprecia en la figura 3.1

El diagrama actual es el siguiente:

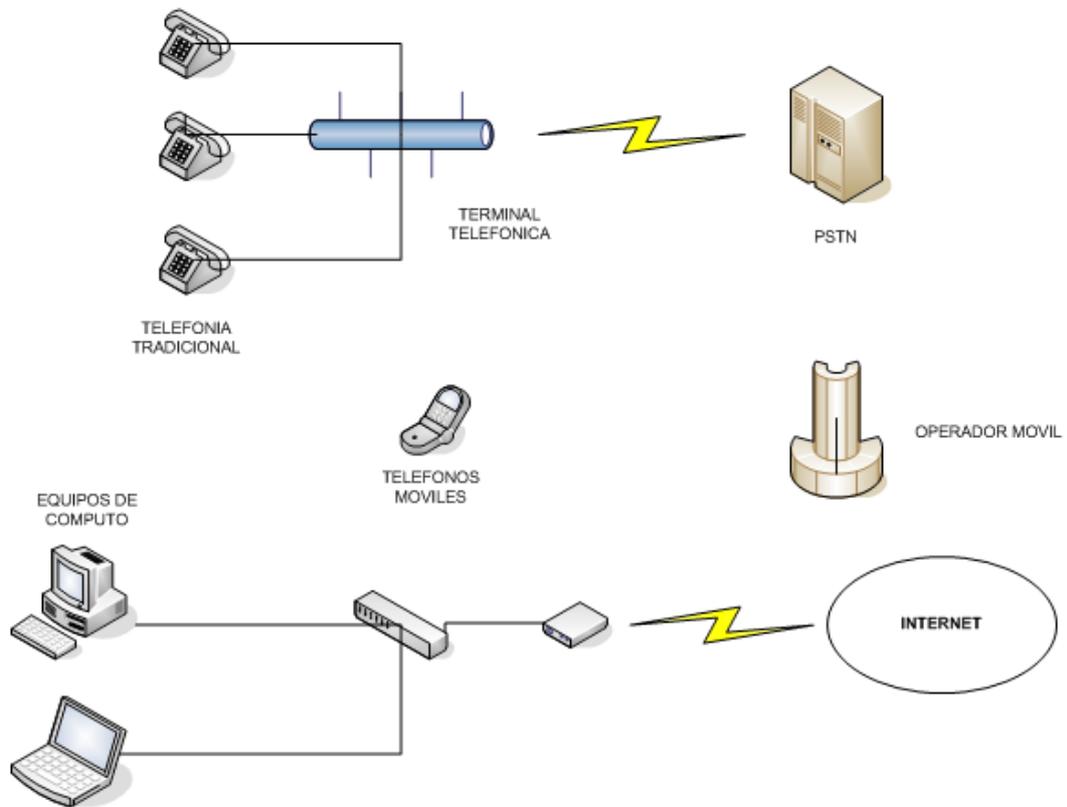


Figura 3.1. Diagrama actual de telefonía tradicional o PSTN

Visto lo anterior como se nota tanto el hardware como el software en el que corren los servicios de respuesta por voz están obsoletos haciendo imposible garantizar un reemplazo ante la falla de alguno de los componentes ya que las plantas poseen cada vez menos soporte (aunque algunos todavía) y repuestos.

Considerando que los servicios en cuestión son un pilar para garantizar el acceso a la empresa desde cualquier punto del territorio nacional, se hace necesario contar con una tecnología que garantice la continuidad del servicio y un paso adelante en la actualización del modo de comunicación de la empresa.

3.1.3. Plano arquitectónico actual

De igual forma su plano arquitectónico actual es el siguiente:

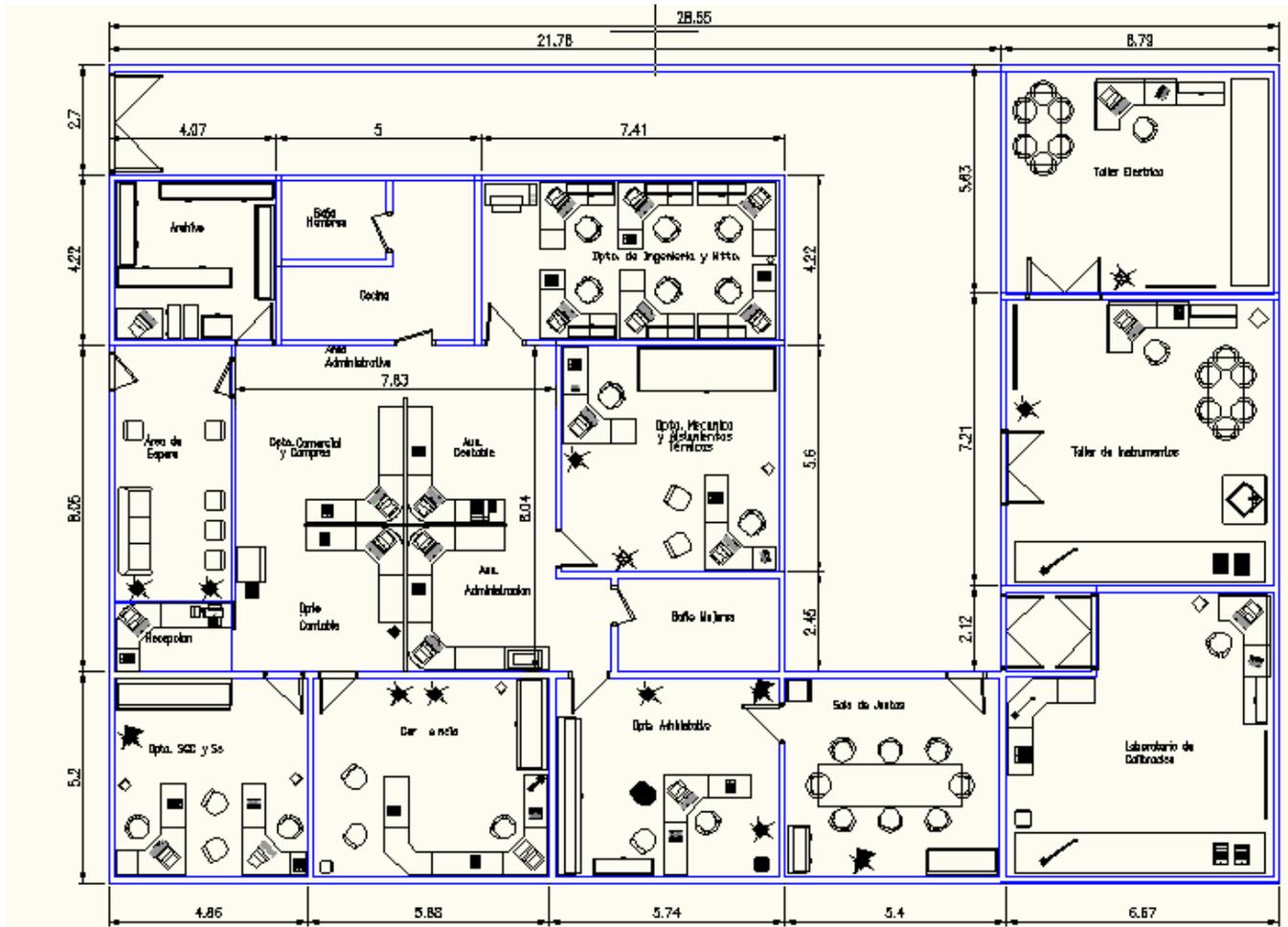


Figura 3.2. Plano arquitectónico actual de CDI S.A.

En la figura 3.2 vemos el plano arquitectónico actual donde ilustra las ubicaciones y los usuarios, donde vemos 24 usuarios distribuidos en 575.9 mts cuadrados los cuales presentan actualmente un cableado de red creado según cada necesidad y sin regulaciones ni estándares, así mismo el cableado eléctrico

esta integrado al los tendidos de iluminación e inclusive algunos circuitos de los talleres, además se notó que no existen marcaciones en los puntos de red lo que dificulta el mantenimiento e identificación de los mismos en el switch, además se encontraron varios HUB en diferentes oficinas lo que afecta notablemente el rendimiento de la red, se encontró que la canaleta instalada estaba incompleta, en las áreas donde no existía canaletas los cables estaban suelto por debajo de los escritorios, esto representa un riesgo para las personas debido a que estos cables pueden ocasionarles alguna lesión, el cableado que se encuentra por encima del cielo raso está suelto, sin protección y se logro visualizar que algunos cables estaban afectados por mordeduras de roedores, también se observo que en algunas áreas había cables eléctricos y cables UTP dentro de la misma canaleta.

En esta empresa no existe un centro de cableado definido, lo que se encontró fue switch por cada dependencia el cual alimentaba a los usuarios de cada área. La planta telefónica se encuentra al alcance de cualquier empleado, ya que esta no tiene ningún tipo de seguridad, la tapa frontal se encuentra en mal estado debido al deterioro de los años, esta planta se encuentra en unos de los lugares en donde no hay ventilación la iluminación de este lugar no es la apropiada, viendo todas estas anomalías anteriormente dicha sentimos la necesidad de proponer una solución económica la cual nos permitirá, mejorar las condiciones actuales del cableado y sacar provecho a todos los recursos que actualmente tienen.

3.2. Diseño y solución propuesta

La solución que se propone a CDI Ltda. es una solución de voz sobre IP ya que como se ha mencionado a lo largo de este trabajo es una tecnología que extrae todos los servicios prestados en la telefonía convencional y los integra en los sistemas informáticos de datos permitiéndole reemplazar tecnología “cerrada” y de único propósito por equipos de uso “abierto” como computadoras personales, la red de datos de la empresa y varias opciones de equipos de telefonía como teléfonos IP, teléfonos análogos tradicionales y teléfonos por software.

La idea propuesta parte del cambio para el PBX actual ya que será reemplazado el antiguo y rígido PBX por un computador que tiene como objetivo administrar la telefonía de la compañía, utilizarlo cambia las condiciones actuales ya que las partes y repuestos son enormemente mas comerciales y se puede habilitar luego de una falla en mucho menos tiempo que con repuestos a la medida requeridos por plantas de propietarios, en este caso para la actual marca PANASONIC.

El equipo encargado de dicha administración seria cargado con una solución informática llamada *ELASTIX IPBX*, de licencia gratuita basado en el conocido modelo de PBX por software en el mundo de la telefonía llamado *Asterisk* del cual dedicaremos un espacio mas adelante cuando se aborden los detalles, ELASTIX funciona bajo el sistema operativo Linux y la distribución liberada puede ser instalada en una maquina de medianas características de modo exclusivo de

manera que queda un computador administrador en la red encargado de este servicio.

Para los teléfonos se propone el teléfono de marca Grandstream IP Gxp280 que es de los teléfonos básicos de VOIP que se consiguen en el mercado y posee las características que requiere para este caso como soporte de codecs de audio, protocolo SIP, TCP, UDP y servicios como DHCP, NAT etc. Y entre otros factores porque son los que ofrecen mejor características Vs precio.

Para el cableado estructurado y debido a lo expuesto en la situación actual de la empresa en donde se observan tramos en mal estado y categorías obsoletas se propone el cambio total de la red cableada por una de categoría 6^a brindando confiabilidad y evitando problemas de red para el óptimo desempeño de esta categoría en la transferencia de datos y para nuestro caso de telefonía. Así mismo y como propuesta adicional se propone un Switch 3com® 4200g 48-port Gigabit para actualizar el equipo conmutador actual y optimizar el rendimiento de la red reemplazando los dos switches marca Trendnet de 8 puertos c/u existentes.

3.2.1. Servicios que brindará la realización del proyecto

El IPBX llamado Elastix que instalaremos en un equipo servidor con sistema operativo Linux, provee servicios de correo de voz, comunicación de llamada, respuesta interactiva de voz, cola de llamadas, servicio de identificación de

llamados, etc. Para funcionar con voz sobre IP no necesita de ningún hardware adicional, pero para interconectar con la telefonía tradicional requiere de tarjetas especiales de muy bajo costo como tarjetas FXO y FXS lo que permite la comunicación con la PSTN.

Esta solución dispone de un gran conjunto de servicios, así mismo ofrece las funciones propias de las centrales telefónicas clásicas y además características avanzadas, logrando trabajar tanto con sistemas de telefonía estándar tradicionales como con sistemas de Voz sobre IP.

Las características detalladas de la solución propuesta ofrecen los siguientes servicios:

- Autenticación y respuesta automatizada
- Listas negras
- Registros de llamada detallados
- Desvío de llamada si la extensión está ocupada
- Desvío de llamada si la extensión no responde
- Desvío de llamada variable
- Monitorización de llamadas y parqueo de llamadas o encolado de llamadas.
- Grabación de llamadas
- Recuperación de llamadas y encaminamiento de llamadas.
- Transferencia de llamadas

- Llamada en espera
- Identificación de llamadas
- Bloqueo de llamadas
- Tarjeta de llamadas
- Conferencia de voz
- Almacenamiento y recuperación en Base de Datos
- Integración con Base de Datos
- Marcación por nombre
- Tonos de llamada distintivos
- Agentes locales y remotos
- Música durante la espera
- Reproducción aleatoria y control de Volumen
- Marcación predictiva
- Privacidad
- Entre otras características.

Cabe agregar que Elastix es un software en evolución y desarrollo, entonces se espera que su lista de funciones y servicios aumente con las versiones disponibles.

3.2.2. Requerimientos - Hardware y Software utilizado

Para llevar a cabo el proyecto se presenta la siguiente lista de requerimientos:

Equipo para instalar la versión de Elastix:

Un (1) computador personal con las siguientes características:

- CPU con procesador Intel PIV 1.0 Ghz o superior,
- 256 MB de RAM
- 4Gb de disco duro (reportes y tarificación).
- Por lo menos dos ranuras PCI o PCI express para la colocación de las tarjetas de interface si se requieren a futuro mas entradas o salidas.
- Tarjeta de red o NIC.

Software:

- Un (1) Instalador Elastix-1.5.2-stable-i386-bin.iso o versión actualizada.
- Un (1) instalador softphone Counter Path X-lite V3.0 (teléfonos por software)

Teléfonos:

- 20 teléfonos IP Grandstream IP Gxp280 compatibles con protocolo SIP.

- Tres (3) adaptadores Grandstream Handy Tone HT-286 1 FXS para activar teléfonos tradicionales.
- Tres (3) teléfonos tradicionales.

Troncales:

- Tres (3) Linksys SPA3102 VoIP Adapter - One FXS + One FXO Port + WAN desbloqueados para cada línea PSTN y salidas internacionales, móviles y larga distancia.

Cableado

- Cambio total del cableado actual instalando cable categoría 6^a, canaletas, conectores, racks y cableado eléctrico en sus líneas independientes para equipos de computo para un total de 25 puntos de red instalados.

3.2.3. Diagrama de interconexión

El sistema de IPBX tiene un tipo de interconexión parecido al de datos ya que se interconectan a través de cable UTP o por medios inalámbricos a

un switch que a su vez realiza el enlace al equipo servidor principal o PBX-IP system.

El sistema de telefonía administra las comunicaciones entre los diferentes dispositivos y los interconecta a la PSTN para las llamadas establecidas para salir por línea conmutada al exterior, dicho esquema se puede apreciar observando la figura *Figura 3.3*.

Diagrama de Interconexión

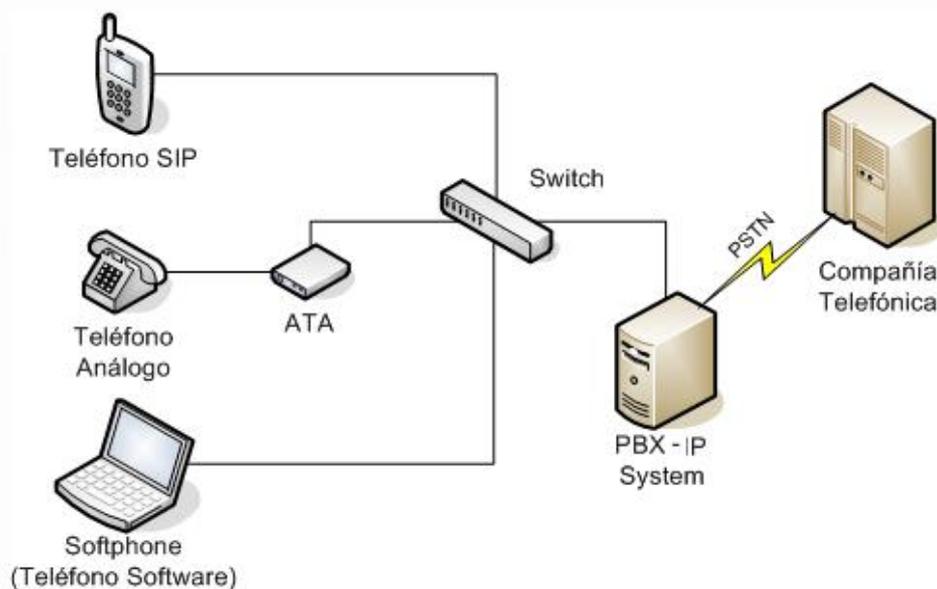


Figura 3.3. Diagrama de interconexión de telefonía IP.

3.2.4. El plano arquitectónico propuesto

Antes de hablar de la propuesta de de del cableado lógico y eléctrico cabe anotar, que con los recursos que actualmente cuenta la empresa, el proyecto de telefonía IP se puede llevar a cabo pero sin garantía de continuidad operativa.

Nosotros en la propuesta planteada en el mejoramiento de cables e instalación de canaletas no pretendemos entrar en detalles en normas para cableado ni especificaciones técnicas de los elementos que intervienen en este sistema en particular puesto que la instalación o mejoramiento del cableado no es el objetivo principal del proyecto pero lo mencionaremos porque con el mejoramiento de la estructura que actualmente tienen, podemos tener una mejor confiabilidad en el funcionamiento del sistema de VoIP.

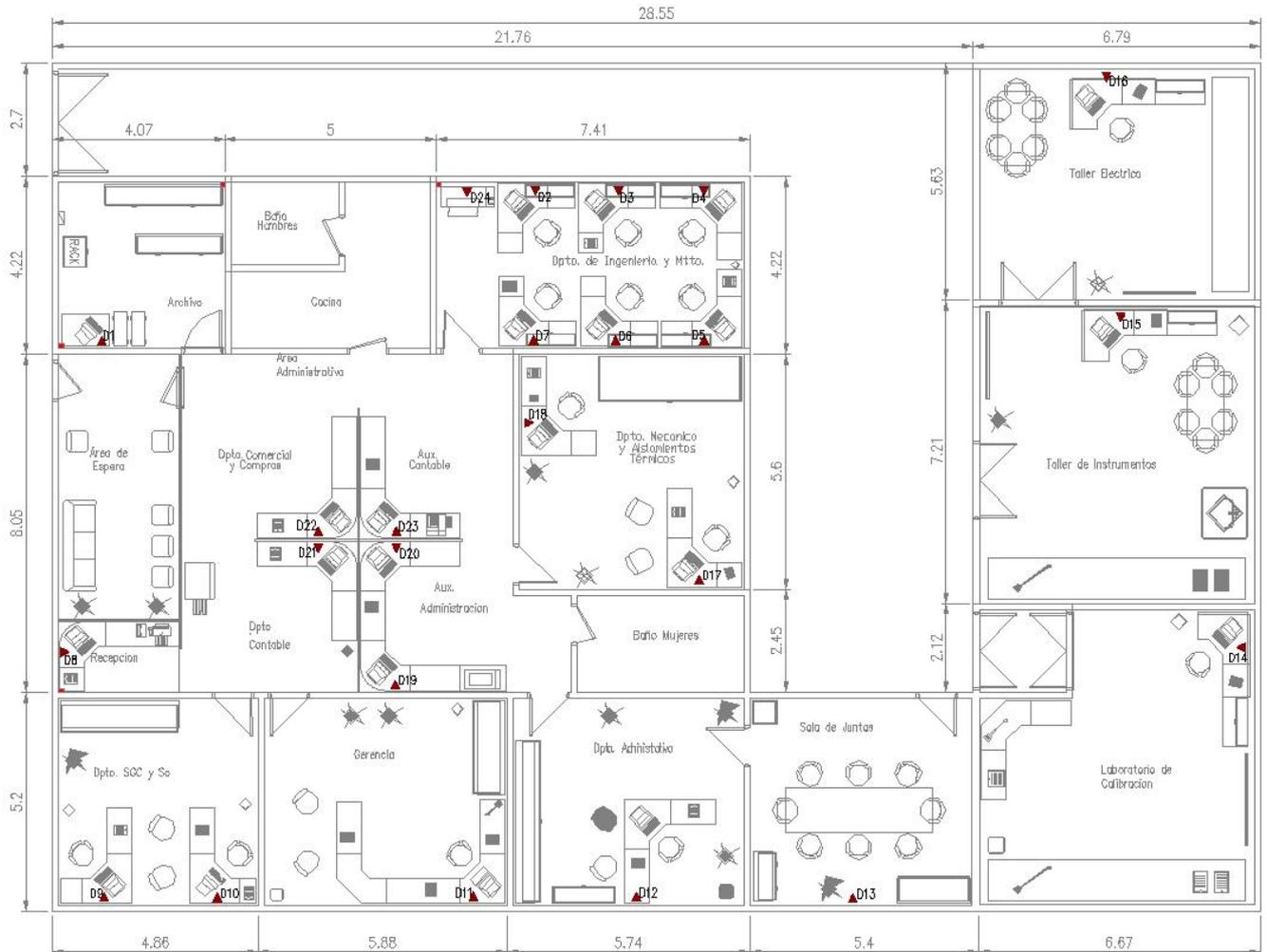
El plano arquitectónico que contiene el cableado UTP para voz y datos, así como el tendido eléctrico normal y regulado es el siguiente:

El tendido de datos se distribuye de la siguiente manera:

Nota: los puntos de datos se denotan en rojo.

Tendido de datos

Los puntos de datos se denotan en rojo.



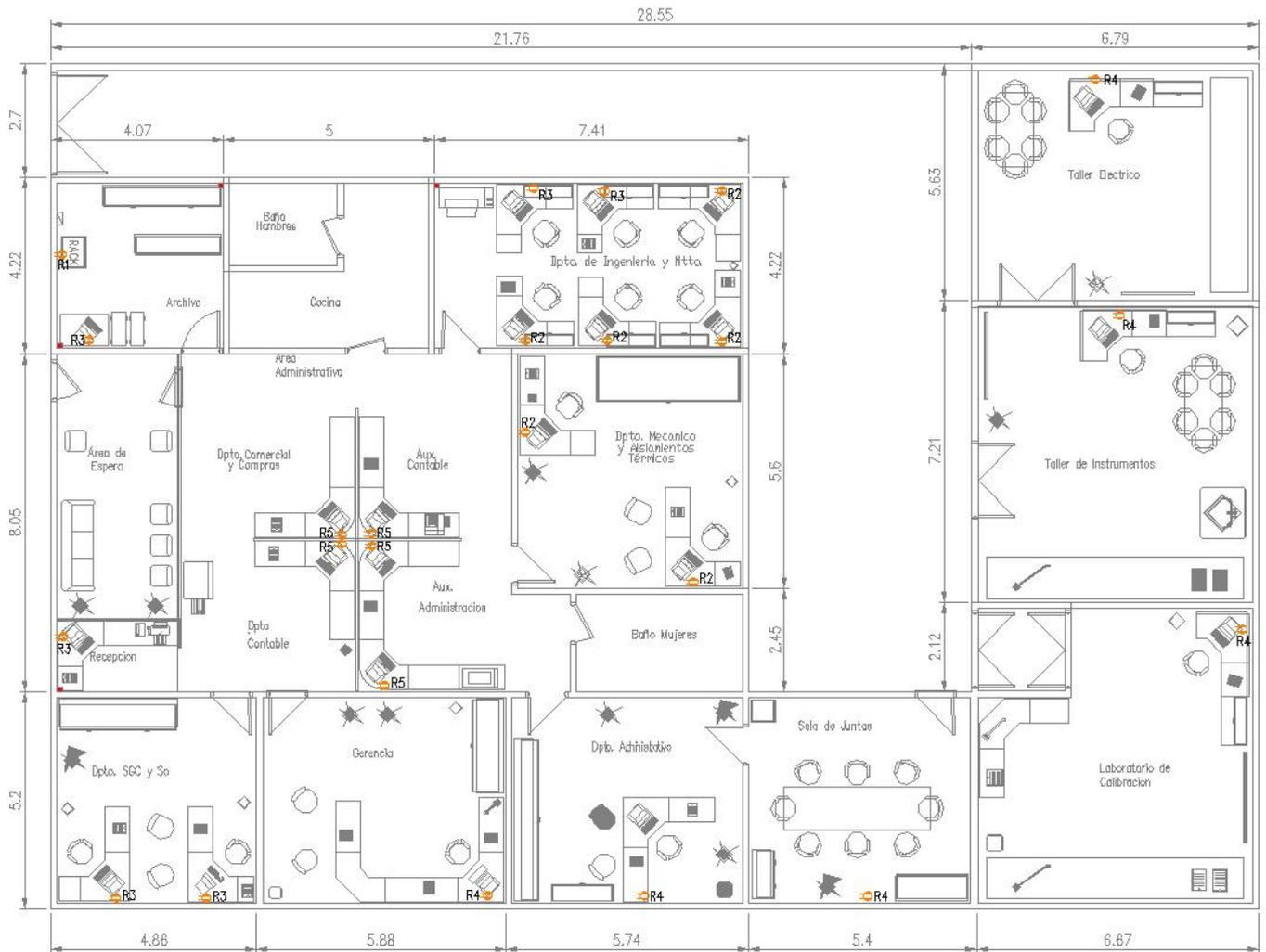
De acuerdo a las anotaciones anteriores, se reemplazaría todo el cableado existente, debido a que este se encuentra en mal estado, se instalarán puntos de red sencillos los cuales irán desde el rack principal, hacia cada una de las salidas de las estaciones de trabajo, estas salidas (jacks) deben ofrecer un color apropiado con el fin de mantener un nivel lógico con respecto a la infraestructura

física utilizada y las condiciones arquitectónicas de las diferentes áreas de la empresa; y deben ser debidamente etiquetadas o marcadas para fácil identificación de los usuarios y el administrador de la red, según EIA/TIA 606 A que sugieren como normas internacionales en su instalación.

El Sistema de Red para transmisión de voz y datos debe tener una topología en estrella. Con esta topología es fácil hacer cambios y expansiones ya que las estaciones irradian desde un nodo central. Debido a que las conexiones de cada nodo son independientes entre sí, los cambios necesarios se hacen en el nodo central y afectan sólo las partes interesadas. Esta topología facilita las labores de reparación, mantenimiento y administración.

Tendido de energía regulada:

Nota: Se denota en color naranja



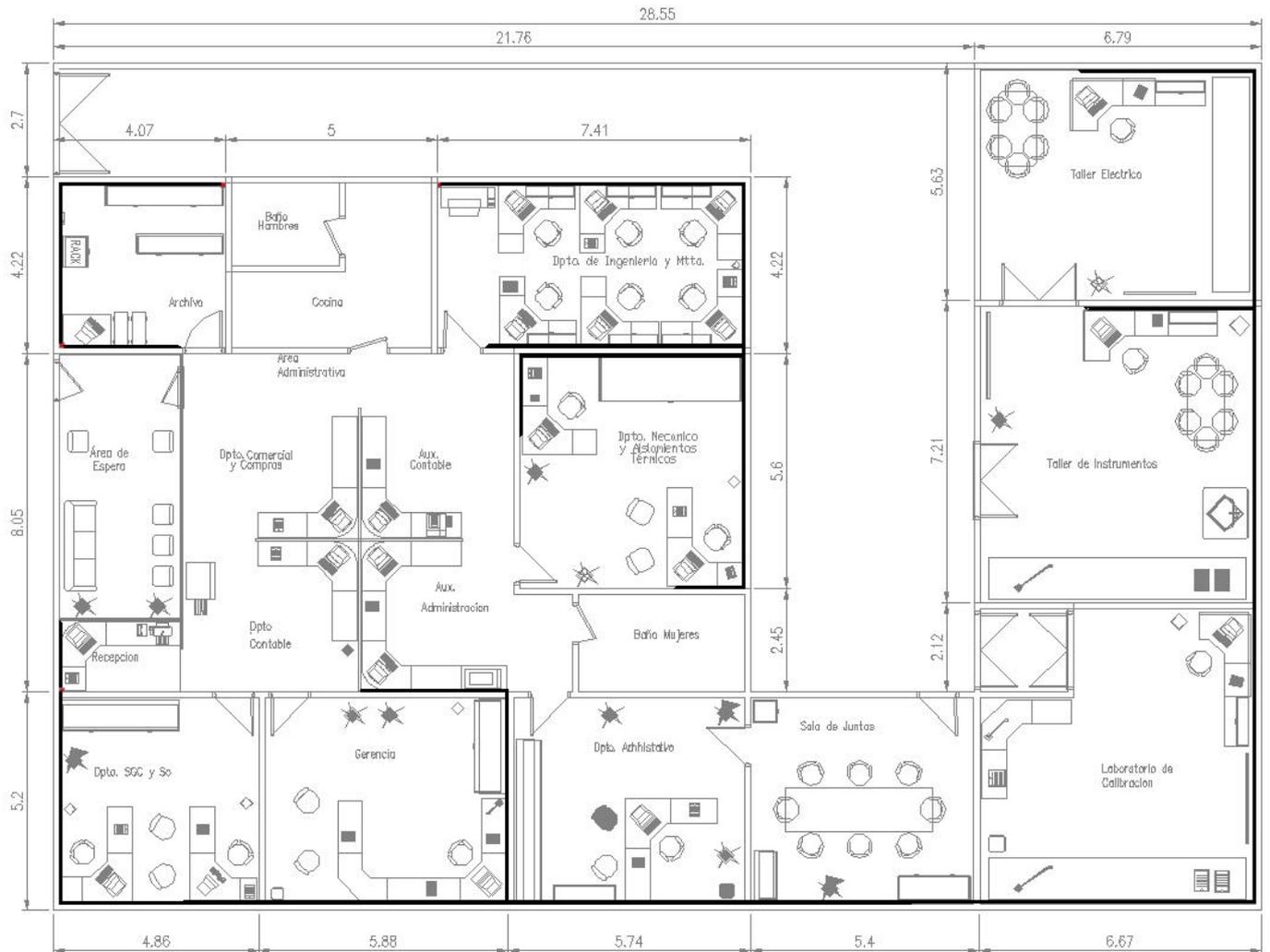
El sistema de red eléctrica estará conformado por un sistema de puesta a tierra, UPS, tableros, cables, protecciones o breakers, tomas, ducterías y accesorios necesarios para la construcción de la red, estos elementos deben cumplir con las

normas y/o reglamentos RETIE Y NTC 2050 las cuales son normas internacionales en el tema de cableado estructurado que sugieren su instalación.

Para la instalación de los circuitos de energía regulada, se instalara un tablero eléctrico de 6 circuitos, y una UPS de 3 Kva., de este tablero se instalaran 4 circuitos, cada circuito tendrá 6 tomas de energía. Se usara cable eléctrico centelsa thw #12, usando color rojo para la fase, blanco para el neutro y verde para la tierra, esto con el fin de diferenciarlo con los circuitos de energía normal el cual la fase es de color negro. Las tomas eléctricas deben ser de color naranja, monofásico, con polo a tierra aislado a 120 V.

Recorrido de canaleta:

Nota: se denota en negro.

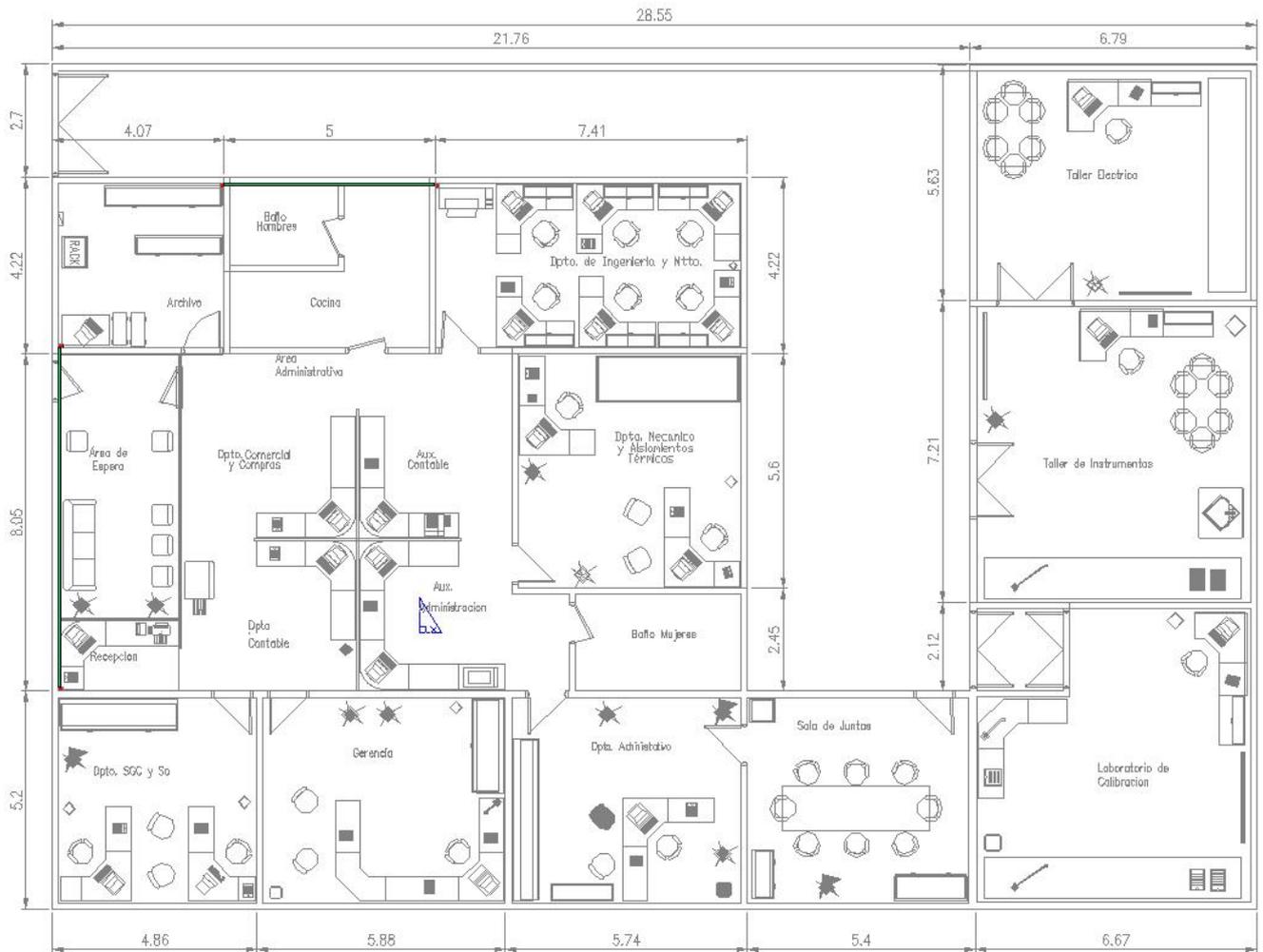


Teniendo en cuenta que en la actualidad la canaleta instalada se encuentra incompleta, oxidada y en algunas dependencia no existe protección alguna, el cable UTP se encuentran recogidos por grapas junto con el cable ecléctico, para la solución de todas estas anomalías que mencionamos anteriormente, se

propone la protección de los cables (eléctricos y datos) y la división de estos ya que estas por ningún motivo deben estar en el mismo ducto, esta protección se realizara con canaleta tipo metálica, marca UMI de 10X4 pulgada de dimensión, de color blanco puesto que no desentona con los colores que actualmente se encuentra en la empresa. Se instalara esta canaleta debido a que tiene un excelente sistema de cierre gracia a su tapa provista de pliegues internos que nos dan un cierre rápido y un ajuste perfecto, además cuenta con algo muy importante que un sistema de división interna la cual me permite separar el cableado eléctrico de la parte de datos, esta canaleta cuenta con un pintura electroestática con excelente mate que hace que no desentone con el diseño interno de la empresa y esta tiene alta resistencia a la corrosión el cual aumentara la vida útil de este tipo de protección.

Recorrido de canaleta aérea:

Nota: Se denota en verde



En la parte del plano donde se denota la línea de color verde se propone instalar una canaleta de las mismas características anteriormente mencionadas, por encima de del cielo razón haciendo una especie de “U” puesto que en esa parte de la empresa existe un muro el cual no permite instalar dicha canaleta al nivel de zócalo como se instalaría en las demás dependencia.

Instalado la canaleta de esta forma solucionaríamos un problema de interferencia que existe actualmente en este lugar, debido a que los cables de datos como eléctricos se encuentran por encima del cielo razón sin ninguna clase de protección.

3.2.5. Propuesta económica

Para nuestro proyecto la propuesta económica contempla dos aspectos: La propuesta de cambio del cableado estructurado y el costo y configuración del sistema de voz sobre IP propuesto.

Si bien es cierto que la propuesta sugiere mejorar sustancialmente las condiciones de cableado actual de CDI Ltda. y adicionalmente dejarla prácticamente lista para este y futuros proyectos en donde se amplía la gama de servicios para la empresa, se debe tener en cuenta que teóricamente la solución de VoIP que se propone en este trabajo integrador puede funcionar aun así en las condiciones de cableado actuales pero se auguran muchos problemas de funcionamiento y de rendimiento por el estado actual del cableado UTP ya que el tendido tiene desde categoría 5 hasta 6a que se fueron agregando a medida que el numero de puntos disponibles requería crecer, agregando a esto el mal estado de muchos de sus conectores RJ-45 y su antigüedad de mas de 7 años como se mencionó ya en la sección 3.1.1. donde se describe la situación actual, situación que puede afectar el funcionamiento de la telefonía IP si se llega a implementar en las condiciones en que se encuentra ahora, sumando a esto gastos de mantenimiento correctivo en el sistema luego de su implementación dejando en tela de juicio la confiabilidad del sistema propuesto, situación actual por la cual nos vemos en la necesidad de incluirlo en nuestra propuesta y que como veremos en la tabla de propuesta económica aumentará el costo de la propuesta.

Es por estas razones anteriormente expuestas que se requiere hablar de unos denominados tres pre-ítems que podemos apreciar en la *tabla 3.1* que comprenden el cableado estructurado, la obra civil para adecuar el cableado en canaleta, y la instalación del sistema de energía regulada dejando la opción de instalar una UPS si la empresa lo considera, cabe aclarar que el motivo de este trabajo integrador es el de proponer un sistema de VoIP, razón por la cual no abordaremos en profundidad los temas de cableado estructurado así como en sistemas eléctricos ya que están por fuera de la esencia de este trabajo pero se considera necesario mencionarlos ya que trabajan en conjunto. Y finalmente un cuarto ítem que contempla los costos de la implementación del sistema VoIP y los elementos necesarios para llevarlos a cabo.

El primer ítem de cableado estructurado el cual tiene una inversión de \$ 6'498.000.00, se puede apreciar la relación detallada de elementos necesarios (ver *tabla 3.1*) como jacks, cable UTP, organizadores, etc. Para el segundo ítem la obra civil instalando canaletas metálicas tiene una inversión de \$7'247.000.00 y la instalación de el cableado eléctrico como tercer ítem tiene una inversión de \$ 4'864.800.00 el cual una vez materializadas dichas instalaciones nos permiten implementar nuestro sistema IPBX, identificado en nuestra *tabla* como cuarto ítem, y el cual tiene un valor de \$ 11'481.000.00.

Como lo podemos observar, el costo total del proyecto es de \$ 34'906.256.oo, el cual dejará a CDI S.A. en un nivel optimo a nivel tecnológico y preparado para aprovechar tecnologías actuales, optimizar las labores de sus funcionarios y agregar servicios disponibles en el mercado para favorecerse y ser mas competitiva como empresa del sector industrial al cual pertenece.

El costo del proyecto es el siguiente:

1. CABLEADO ESTRUCTURADO							
Descripción	Unid	Cantidad	Valor/unit Suministro	Valor/total Suministro	Valor/unit mano de obra	Valor/total mano de obra	Total
Cable UTP cat6A	M	1.220	\$ 2.100	\$ 2.562.000	\$ 1.500	\$ 1.830.000	\$ 4.392.000
Jack cat6A	Unid	24	\$ 12.500	\$ 300.000	\$ 2.800	\$ 67.200	\$ 367.200
Face Plate sencillo	Unid	24	\$ 4.500	\$ 108.000	\$ 2.600	\$ 62.400	\$ 170.400
Patch panel cat6A de 24 ptos.	Unid	1	\$ 320.000	\$ 320.000	\$ 85.000	\$ 85.000	\$ 405.000
Organizador dexion	Unid	2	\$ 36.000	\$ 72.000	\$ 3.500	\$ 7.000	\$ 79.000
Bandeja para equipos de comunicación	Unid	1	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 4.200	\$ 4.200	\$ 29.200
Patch cord cat6A de 0.91 M	Unid	24	\$ 17.000	\$ 408.000	\$ 3.000	\$ 72.000	\$ 480.000
Patch cord cat6A de 3.05 M	Unid	24	\$ 21.000	\$ 504.000	\$ 3.000	\$ 72.000	\$ 576.000
SUBTOTAL CAPITULO							\$ 6.498.800

2. OBRAS CIVILES							
Descripción	Unid	Cantidad	Valor/unit Suministro	Valor/total Suministro	Valor/unit mano de obra	Valor/total mano de obra	Total
Canaleta metalica 10x4 - blanca	M	175	\$ 23.000	\$ 4.025.000	\$ 13.000	\$ 2.275.000	\$ 6.300.000
Troquel metalico 10x4 - blanco	Unid	24	\$ 8.500	\$ 204.000	\$ 3.000	\$ 72.000	\$ 276.000
Rack 500 - blanco	Unid	1	\$ 380.000	\$ 380.000	\$ 35.000	\$ 35.000	\$ 415.000
Chazo de 1/4 con sus tornillos	Unid	500	\$ 150	\$ 75.000	\$ 200	\$ 100.000	\$ 175.000
Tornillo autoperforante color plata	Unid	550	\$ 90	\$ 49.500	\$ 30	\$ 16.500	\$ 66.000
Chazo expansivo metalico de 3/8	Unid	15	\$ 700	\$ 10.500	\$ 300	\$ 4.500	\$ 15.000
SUBTOTAL CAPITULO							\$ 7.247.000

3. ENERGÍA ELÉCTRICA REGULADA							
Descripción	Unid	Cantidad	Valor/unit Suministro	Valor/total Suministro	Valor/unit mano de obra	Valor/total mano de obra	Total
Cable eléctrico #12	M	1.550	\$ 1.500	\$ 2.325.000	\$ 900	\$ 1.395.000	\$ 3.720.000
Toma regulado naranja	Unid	24	\$ 12.000	\$ 288.000	\$ 9.000	\$ 216.000	\$ 504.000
Toma normal blanco	Unid	24	\$ 3.200	\$ 76.800	\$ 9.000	\$ 216.000	\$ 292.800
Tablero eléctrico de 6 circuitos	Unid	2	\$ 55.000	\$ 110.000	\$ 35.000	\$ 70.000	\$ 180.000
Breakers de 20 A	Unid	8	\$ 13.000	\$ 104.000	\$ 8.000	\$ 64.000	\$ 168.000
SUBTOTAL CAPITULO							\$ 4.864.800

4. INSTALACION Y CONFIGURACION DE TELEFONIA IP							
Descripción	Unid	Cantidad	Valor/unit Suministro	Valor/total Suministro	Valor/unit mano de obra	Valor/total mano de obra	Total
CPU Core Duo: 3.2Ghz/2GbRAM/180GbDD	Unid	1	\$ 850.000	\$ 850.000	\$ 0	\$ 0	\$ 850.000
Switch 3COM 4200g 48 pts	Unid	1	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000	\$ 0	\$ 0	\$ 1.900.000
Adaptador Linksys SPA3102 VoIP	Unid	3	\$ 205.000	\$ 615.000	\$ 0	\$ 0	\$ 615.000
Telefono Grandstream IP Gxp280	Unid	24	\$ 224.000	\$ 5.376.000	\$ 10.000	\$ 240.000	\$ 5.616.000
Instalacion y configuracion PBX Elastix	Unid	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 0	\$ 0	\$ 2.500.000
SUBTOTAL CAPITULO							\$ 11.481.000

VALOR ANTES DE IVA	\$ 30.091.600
IVA 16%	\$ 4.814.656
VALOR COSTO TOTAL	\$ 34.906.256

CONDICIONES COMERCIALES
 Tiempo de entrega: 15 días hábiles
 Validez de la oferta: 30 días
 Sitio de entrega: CDI S.A. Cartagena, Bolívar.

Tabla 3.1 Propuesta económica

El costo de la implantación no es un gasto y debe considerarse como una inversión, es así como en las áreas de tecnología no siempre es fácil ver la rentabilidad a primera vista pero debe verse desde dos etapas distintas: La implantación y el costo mensual por uso.

En la implantación el costo del servidor IPBX, los teléfonos IP y el cambio de infraestructura de red propuesto pueden en otros casos duplicar a simple vista el valor de una solución de telefonía convencional según las propuestas actuales de telefonía IP llámese AVAYA, CISCO, entre otras, pero la gran diferencia esta que se va a notar una disminución drástica en el gasto mensual por concepto de llamadas telefónicas desde el primer mes en el que el sistema quede operativo, situación que nos lleva a analizar la *tabla 3.2* la cual nos muestra un valor promedio de llamadas en un periodo agitado de licitación en CDI, donde relacionamos los minutos a sus diferentes destinos y un valor promedio que para este caso nos da un total de \$306.000.00 aplicando tarifas actuales y que para el mismo volumen de llamadas usando telefonía IP nos da un total de \$59.000.00 y que para este ejemplo equivale a que hablamos de solo el 19.2% del valor que paga actualmente. Esta es la razón fundamental para nuestra propuesta ya que su ahorro se hace notar mes a mes ya que este ahorro recupera la inversión que se destina a esta tecnología y sin mencionar que el mejoramiento de la red de datos amplia su uso y permite ampliar los servicios como videoconferencia, sistemas de cámaras de seguridad por IP entre otros.

Min	Tipo llamada	Costo tradicional min.	Total actual	Costo por VoIP [#]	Costo Total VoIP
600	Celular	400	240.000	70	42.000
300	Fijo	120	36.000	50	15.000
20	Internacional	1500	30.000	100	20.000
Valor Total			306.000		59.000

Nota: Valores aproximados y en pesos colombianos.

#. Fuente: <http://www.net2phonecolombia.com/Tarifas%20Net2phone.htm> (tarifas VoIP a 15 Feb 2010.

Tabla 3.2. Costo de llamadas

Dentro de la relación Costo-Beneficio de la propuesta cabe adicionar también la escalabilidad del sistema a instalar ya que en esto en particular la propuesta toma ventaja porque se implementará haciendo uso de la infraestructura de la red de datos, y como se contempla tecnologías abiertas, se contemplan futuras inversiones en equipos de conectividad como switches, access points que ampliarían el número de extensiones disponibles y pueden ser reemplazados por equipos cada vez más veloces y eficientes aun y que por ende el impacto directo sería mejorar la calidad del servicio.

Así mismo dentro de las propuestas tipo propietario de telefonía IP del mercado como AVAYA, CISCO, entre otras, se debe mencionar el hecho de que estas soluciones solo trabajan con tarjetas, terminales (teléfonos IP) de la misma marca, de modo que si se posee un teléfono AVAYA 6120 por ejemplo, solo puedo activarlo en un ambiente IPBX AVAYA, lo cual aparte de ser mucho más costosos son considerablemente cerrados para otros ambientes que no sean de la misma marca.

Por el contrario para la opción escogida por nosotros que se llama Elastix IPBX, al ser del grupo de las opciones de software libre y orientado a tecnología abierta le permite a la compañía utilizar equipos a bajo costo así como teléfonos IP estándar de una variedad importante de modelos y marcas como Grandstream, IPhone, entre otros, las tarjetas E1 mas económicas del mercado y así reducir costos y ajustar las soluciones al capital disponible.

3.2.6. Análisis de la solución y escalabilidad

En pruebas del sistema realizadas para un esquema de red pequeño no es muy evidente lo sensible que puede llegar a ser el tema del tráfico en la red, pero para evitar problemas de congestión de tráfico y pensando en su expansión por llamadas concurrentes a futuro, se opta por utilizar el codec de audio por defecto que trae el sistema que es el G729 sin realizar modificaciones en este sentido para este PBX en lugar de otros como el G711 que consumen mas ancho de banda y con ello se reduce considerablemente el ancho de banda utilizando así lo suficiente para tener una calidad de voz confiable requiriéndose en cada llamada 30 Kbps aproximadamente. Este es un requerimiento de ancho de banda relativamente pequeño teniendo en cuenta que la totalidad de las

llamadas discurrirán por la conexión de red existente entre la Terminal VoIP al switch y de éste al equipo Elastix, la cual transcurriría por cable de red categoría 6a en su implementación, permitiéndose conexiones de red a velocidades iguales o superiores a 100 Mbps para un futuro. Sin embargo la opción más utilizada cuando se cuenta con un gran número de usuarios es la implementación de VLANs⁷ desde el switch principal que permite aislar virtualmente las redes de voz de las redes de datos. Para nuestro caso no será utilizado ya que para el máximo de usuarios actual el tráfico de la red permite los dos tipos de redes.

En cuanto a la prueba del sistema, el sistema VoIP funciona con total normalidad para las pruebas que realizamos en un servidor de prueba y dos o tres equipos con softphone, presentando una robustez que nos sorprende gratamente, así como su modulo de informes por diversos criterios, configuración de extensiones, administración y monitoreo del sistema.

Su escalabilidad (ver figura 3.4) es una de las ventajas de esta tecnología ya que lo único que se requiere es adicionar tantos teléfonos o softphone como se requiera,

⁷ Una VLAN (acrónimo de *Virtual LAN*, ‘red de área local virtual’) es un método de crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física. Varias VLANs pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física.

claro esta previamente creados y configurados por el administrador del PBX, la conectividad de estos puede ser ajustada de acuerdo al crecimiento de la empresa, es decir, si aumentan los puntos LAN disponibles así como se habiliten medios inalámbricos en las instalaciones se pueden utilizar teléfonos IP gíreles que permitan mantener la comunicación permanente por ejemplo con los jefes de taller, ya que esta sede se proyecta en tamaño. Las sedes de la empresa también se encuentran en expansión y no en vano ya cuentan en este momento con sedes en las diferentes empresas del sector industrial de mamonal con container tipo oficinas con conexión LAN donde cuentan con profesionales en las diferentes áreas de cada proyecto y que tienen la posibilidad de mantener la comunicación aprovechando su conexión a Internet a través de acceso VPN.

Cabe anotar entonces que según lo arrojen los cálculos si se requieren mas líneas externas (FXO) a futuro se pueden sumar equipos Linksys SPA 3102 pero llegado el momento se debe pensar en módulos de bancos para recibir muchas mas líneas como gateway con múltiples entradas inclusive varios E1. Así mismo internamente el numero de ext en softphones o teléfonos IP (o terminales normales con adaptador) puede aumentar considerablemente sin problema alguno permitiendo entre mas puntos mayor conectividad en la empresa.

Un esquema mucho mas completo de una solución de VoIP seria este:

Diagrama VoIP

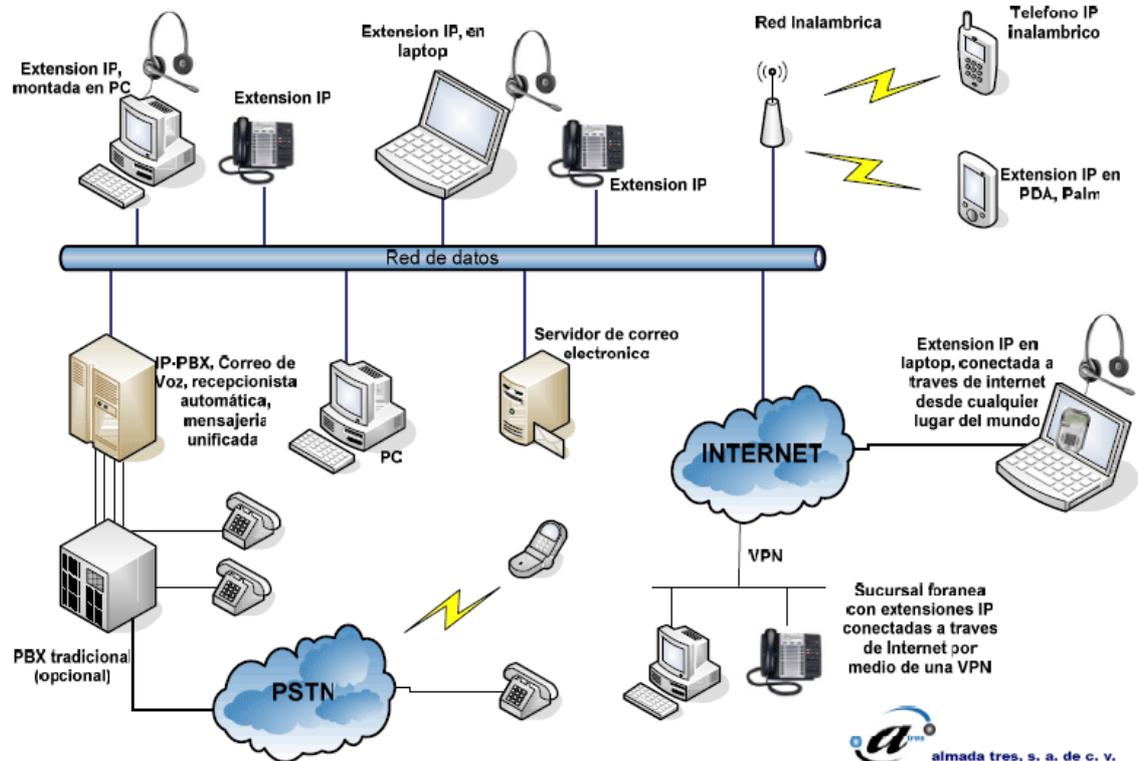


Figura 3.4. Diagrama de interconexión de telefonía IP mas completa
Tomado de <http://www.almada3.com.mx>.

3.3. Implementación

Para la implementación del proyecto se determinó el cambio del cableado estructurado de la empresa y dependiente del compromiso de financiación expuesta para la implementación de este proyecto, se debería contemplar la posibilidad en la medida posible realizar el cambio de cableado estructurado a 6ª para proyectarlo en corto y mediano plazo a las velocidades actuales de

interconexión, se tiene en cuenta así mismo y aunque suene contradictorio que no es imperativo realizar dicho cambio ya que el proyecto puede funcionar aun si este se mantiene en 5e pero sin poder determinar los problemas futuros por rendimiento y estado de la red.

Para dar paso a la implementación en si de la telefonía IP se debe preparar el equipo que servirá como PBX, este proceso se describe en el anexo Nro 1, luego se procede a configurar sus extensiones en los teléfonos que se encuentra descrita en el anexo Nro. 2 y la instalación del softphone en el anexo Nro. 3 para proceder al nivel de pruebas.

4. Resultados de la investigación o de la innovación realizada

Los resultados han sido totalmente satisfactorios en cuanto a las bondades del sistema como sistema telefónico, aportando grandes ventajas y mejoras entre las que se destacan:

1ª) Ahorro en inversiones iniciales frente a sistemas de centralita telefónica privada propietarios.

2ª) Escalabilidad del sistema ante futuras necesidades.

3ª) Ahorro en las facturas telefónicas para la compañía ante la posibilidad de discriminar el enlace telefónico a utilizar en cada llamada (proveedor analógico, proveedor móvil o proveedor IP) según el número telefónico marcado y la franja horaria donde se produce.

4ª) Gestión de una única red, la red de datos del lugar.

5ª) Utilización de software libre.

6ª) Apuesta por el futuro en los sistemas telefónicos privados.

Podemos añadir que los productos de software que convierten un ordenador en un teléfono IP son fáciles de instalar y usar, y ofrecen una muy buena integración con los teléfonos IP más populares del mercado como Grandsream, Cisco, Polycom y otros. Así mismo, dan a los usuarios una gran libertad a la hora de determinar cómo y cuándo recibir y responder las llamadas. *Pero, de acuerdo con las pruebas realizadas por la Network World Global Test Alliance de IDG: “la calidad de voz que proporcionan aún no es comparable a la de los teléfonos*

*convencionales pero aun así para nosotros y los usuarios es utilizable ya que el sonido de voz telefónico obtenido es completamente legible*⁸.

Quizás la propuesta de continuidad más acertada sea la interconexión telefónica de la sede con otras sedes de la ciudad o país con sistemas similares, lo cual permitiría un ahorro de costos importantes al poder utilizar los mismos proveedores IP y así poder realizar llamadas a cero pesos siempre. Y se espera sea entendida como una inversión de futuro por parte de quienes deben aprobarlo y financiarlo para que sea una realidad.

⁸ Tomado de PC magazine may 2009, Ed. Ziff Davis Publishing Holdings Inc.

5. Conclusiones

Por nuestra parte, para el proyecto de ***Diseño a pequeña escala de una solución de telefonía IP corporativa*** consideramos que ha valido la pena, por varias razones:

1ª) Por lo didáctico. Ha servido para poder investigar sobre un escenario de trabajo real y sobretodo muy practico, y como punto de inicio si alguno de los integrantes se dedican a estos temas en un futuro. Además, utilizando para ello las tecnologías existentes y disponibles en el mercado por el hecho de basarnos en software gratis como Linux, Elastix y X-lite.

2ª) Por la mejora que se produce donde se implementa aumentando el numero de servicios disponibles que utilizando tecnología propietaria como Alcatel, Avaya o solo Cisco aumentaría dramáticamente los costos dejando pocas posibilidades de aprobar esta implementación para empresas medianas y pequeñas. La antigua central telefónica Panasonic en las empresas sigue operativa pero ya obsoleta, saturada y con riesgo de dejar de funcionar cualquier día. Con ello, se consigue instalar un nuevo sistema y a la vez disponer del antiguo como sistema de backup ante cualquier fallo del principal si así lo considera la gerencia.

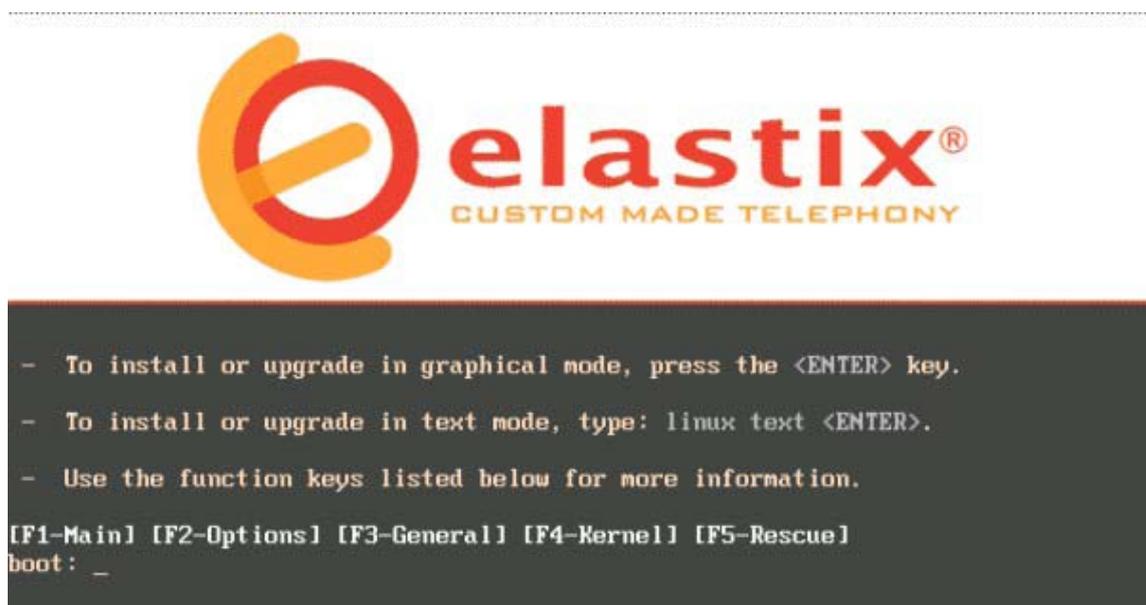
3ª) Por la mejora en nuestra formación. El proyecto nos ha permitido investigar los sistemas Asterisk, y para nuestro caso uno basado en ellos como lo es Elastix IPBX, novedosos en lo que respecta a sistemas telefónicos privados y que se supone repercutirá en promociones posteriores en la especialización de Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

I. Anexos

Anexo Nro 1: Instalación de Elastix

a. Instalación ELASTIX

Luego de descargar el instalador *Elastix-1.5.2-stable-i386-bin.iso* de la pagina web <http://www.elastix.org/content/view/137/60/lang.es/> Insertamos el CD de instalación de Elastix al momento de encender su máquina, se debe tener en cuenta que formateará la maquina, es decir, los datos en el disco duro se perderán. Una vez hecho esto aparecerá una pantalla como la siguiente:

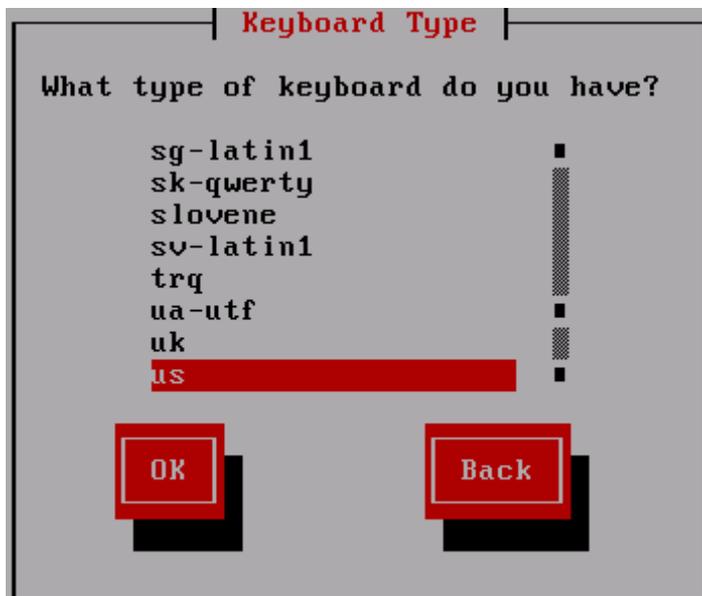


Si se es un usuario experto puede ingresar en modo avanzado digitando el comando:

advanced

Caso contrario se espera, el CD de instalación iniciará la instalación automáticamente ó presione *enter*.

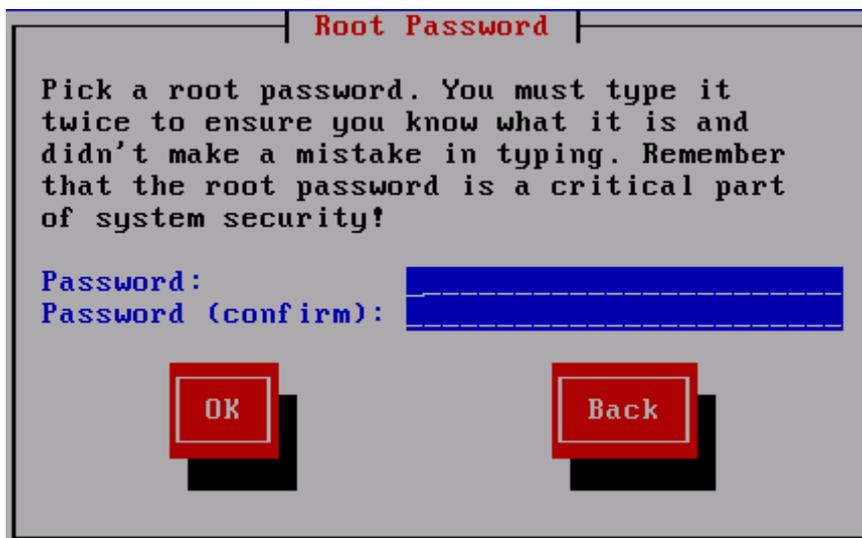
Proceda a escoger el tipo de teclado de acuerdo al idioma. Si su teclado es de idioma español seleccione la opción es:



Seleccione la hora zona horaria de la región:

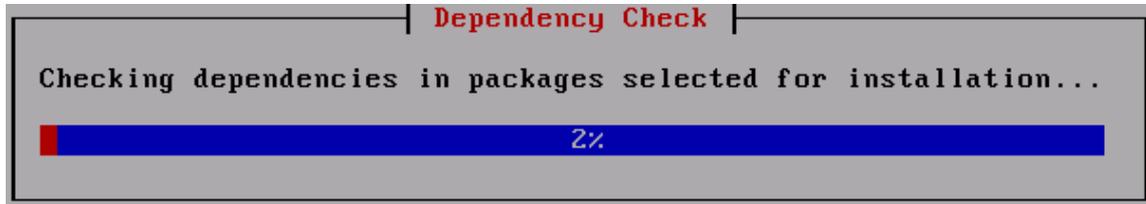


Digite la contraseña que será usada por el administrador de Elastix, esta es una parte crítica para la seguridad del sistema.



Nota: Los procedimientos a continuación los realizará el CD de instalación de manera automática.

Primero se buscará las dependencias necesarias para la instalación:



Luego se procede con la instalación, inicialmente se verá algo como esto:

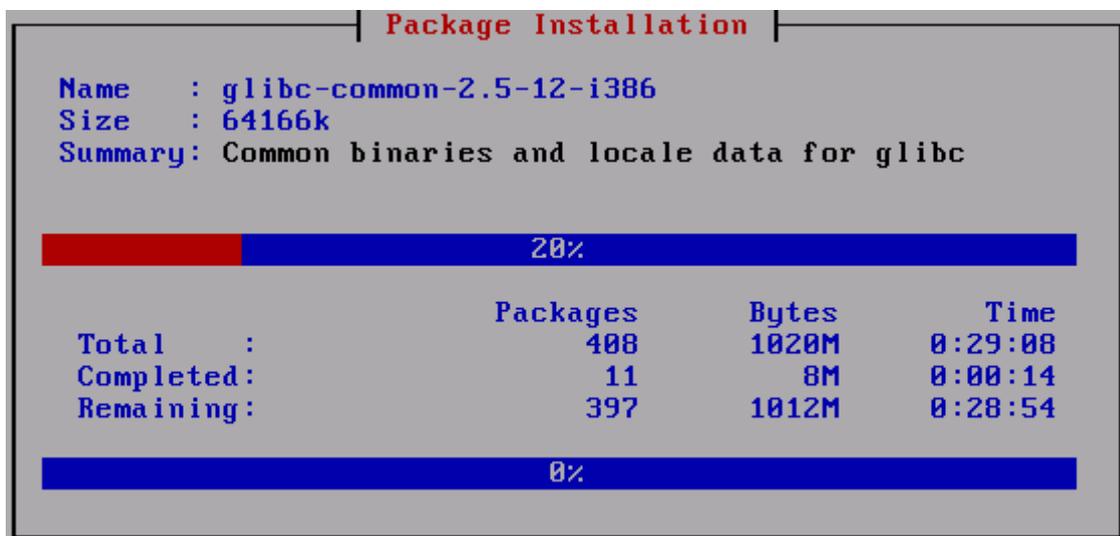


Imagen del proceso de instalación por finalizar:

```
Package Installation

Name   : elastix-utigercrm-0.8-5.1-noarch
Size   : 24377k
Summary: Package that install UTigerCRM.

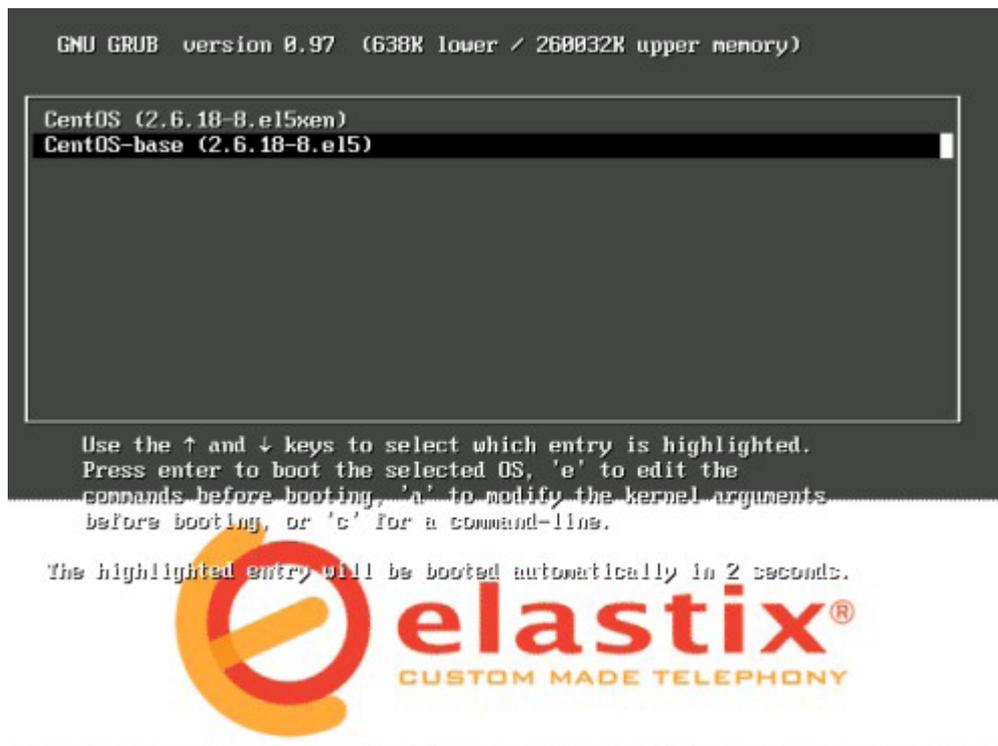
100%

Total   :           Packages      Bytes      Time
Completed:         407      1020M    0:12:51
Remaining:           1         24M    0:00:17

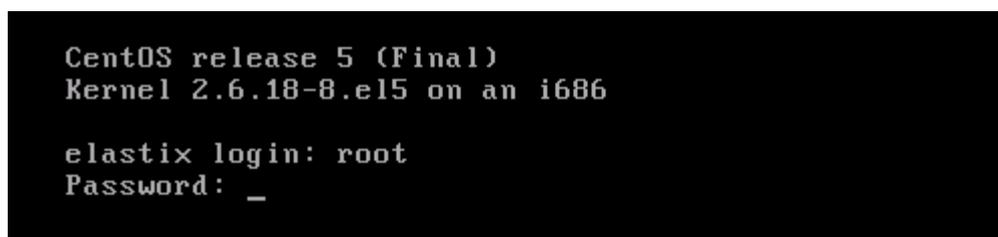
97%
```

Una vez se realice la instalación completa, se procede a reiniciar el sistema.

Luego de reiniciar el sistema se podrá escoger entre las opciones de boot la distro de Elastix.



Se ingresa como usuario root y la contraseña digitada al momento de la instalación.



Anexo Nro 2: Creación de nueva extensión en Elastix IPBX

Esta anexo está dirigida a los handsets, softphones, para crear una extensión

Definir y corregir extensiones es probablemente la tarea más común realizada por un administrador de PBX, y como tal, se encontrará muy seguido en el control de estos. Hay actualmente cuatro tipos de dispositivos soportados - el SIP, IAX2, ZAP y "Custom".

Para crear una "Nueva extensión" ingrese al Menú "PBX", por defecto se accede a la sección "Configuración PBX", en esta sección escogemos del panel izquierdo la opción "Extensiones". Ahora podremos crear una nueva extensión.

Primero vamos a nuestra consola web y vamos al panel de control, se escoge el tipo de dispositivo de entre las opciones disponibles:

Add an Extension

Please select your Device below then click Submit

Device

Device

Add Extension
Recepcion <201>
Recepcion <202>
Recepcion <203>
Edgar Landivar Ch <212>
Walter Verdesoto <213>
Temporal <215>
Fabiola Torres <216>
Jose Landivar <218>
Nadia Gracia <219>
Ana Belen Castro <220>
Desarrollo 1 <402>

El **SIP** es el protocolo estándar para los handsets de VoIP y ATA.

IAX es el “protocolo Inter Asterisk”, un nuevo protocolo apoyado solamente por algunos dispositivos (Ejm., los teléfonos basados en PA1688, y el IAXy ATA).

ZAP es un dispositivo de hardware conectado con su máquina Asterisk. Ejm., un TDM400, TE110P.

Custom es “Obtener todo” para cualquier dispositivo no estándar. Ejm., H323. Puede también ser utilizado para “mapear” una extensión a un número “externo”. Por ejemplo, para enrutar la extensión 211 a 1-800-555-1212, se puede crear una extensión “Custom” 211 y en la caja de texto del “dial” se puede ingresar: Local/18005551212@outbound-allroutes.

Una vez haya escogido el dispositivo correcto de click en Ingresar.

Nota: Ahora se procede a ingresar los campos necesarios (obligatorios) para crear una nueva extensión.

Se procede a ingresar los datos correspondientes:

Add SIP Extension

Add Extension

User Extension
Display Name

Extension Options

Direct DID
DID Alert Info
Outbound CID
Emergency CID

Device Options

This device uses sip technology.

secret
dtmfmode

Extensión del Usuario: Debe ser único. Éste es el número que se puede marcar de cualquier otra extensión, o directamente del recepcionista Digital si está permitido. Puede ser cualquier longitud, pero convencionalmente se utiliza una extensión de tres o cuatro cifras.

Display Name : Es el nombre del Caller ID, para llamadas de este usuario serán fijadas con su nombre. Sólo debe ingresar el nombre no la extensión.

Secret : Ésta es la contraseña usada por el dispositivo de la telefonía para autenticar al servidor de Asterisk. Esto es configurado generalmente por el administrador antes de dar el teléfono al usuario, y generalmente no se requiere que lo conozca el usuario. Si el usuario está utilizando un soft-phone, entonces necesitarán saber esta contraseña para configurar su software.

Anexo Nro 3: Configuración de teléfono softphone con X-Lite

Al configurar un teléfono softphone lo que lograremos es tener una PC conectada que cumpla con las mismas funciones de un teléfono convencional, para esto es necesario instalar un software que haga las veces de teléfono. Además se necesita disponer de audífonos y micrófono. Existen varias alternativas para softphones, entre ellos podemos

citar los siguientes:

- IDEFISK: Este software nos permite trabajar con extensiones de tipo SIP e IAX, además es multiplataforma, podemos descargarlo de la siguiente dirección:

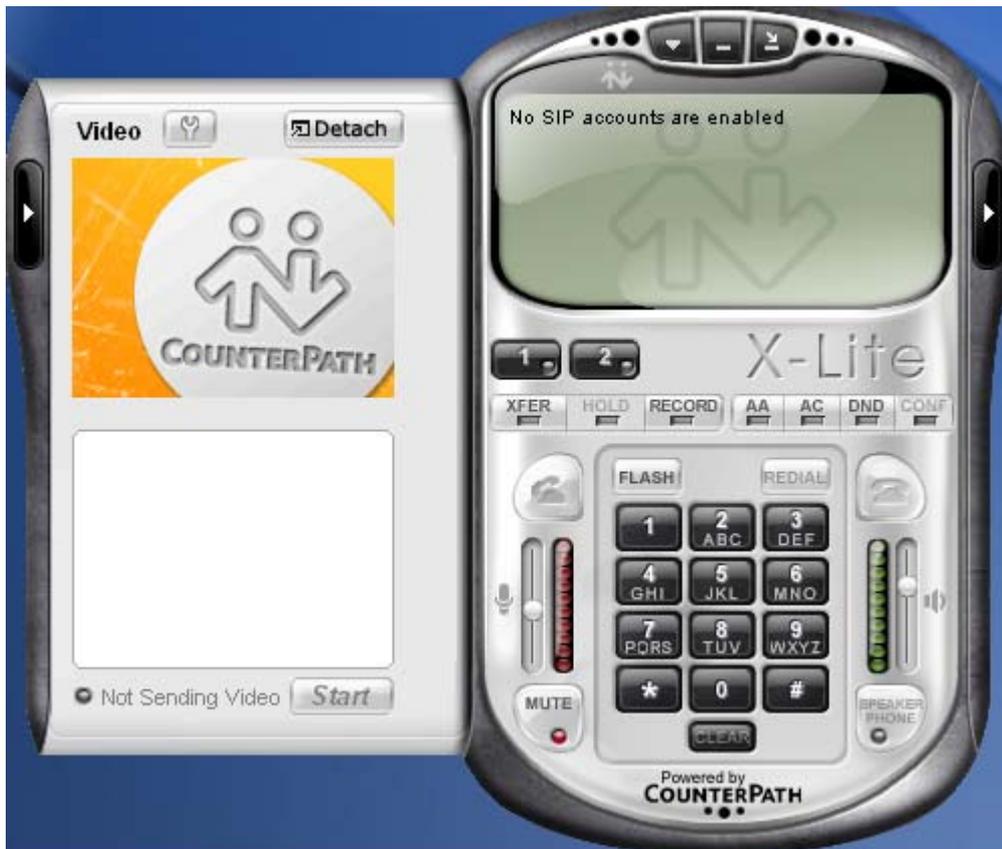
<http://www.asteriskguru.com/idefisk/>

- XtenLite: Este software trabaja con extensiones SIP únicamente, también es multiplataforma, lo podemos descargar de la siguiente dirección:

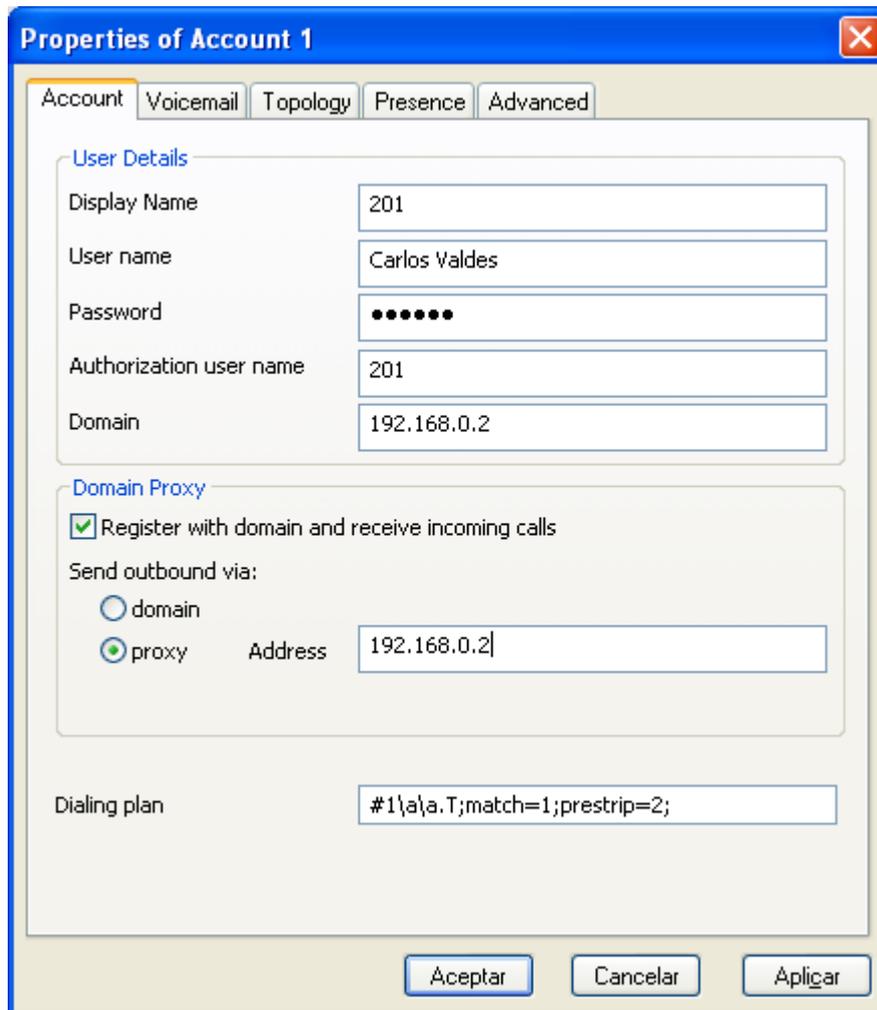
<http://www.xten.com/index.php?menu=download>

X-lite: Otro softphone, es el que por su permanencia en el mercado y por facilidad de configuración y uso recomendamos.

<http://www.counterpath.com/>



En el Softphone X-Lite configuramos una de las extensiones creadas en nuestro PBX



Luego de esto ya podemos comunicarnos varios usuarios internamente y luego de identificar las troncales de salida y de entrada como extensiones SIP como se muestra en la figura del diagrama de interconexión se puede utilizar para este esquema considerado en pequeña escala un router gateway que tenga su puerto FXO en este caso se propone un Linksys SPA3102 que es un 1 FXS + 1 FXO + 1RJ45 (LAN) + 1RJ45 (WAN). Adaptador analógico + Gateway para recibir la línea PSTN y puedan realizarse las llamadas externas por línea conmutada, aun mas,

se puede configurar para llamadas a línea celular, larga distancia e internacionales por su enlace WAN que admite contrataciones por bajo costo con proveedores de VOIP (P2P; Telmex, etc), se puede de esta manera iniciar las pruebas respectivas



*Figura #. Linksys SPA 3102
1 FXS + 1 FXO + 1RJ45 (LAN) + 1RJ45 (WAN). Adaptador analógico + Gateway.*

6. Bibliografía

1] Pinto, Orlando. *Estudio y desarrollo de centrales telefónicas PBX basados en tecnología VOIP*. Memoria de titulación, UTFSM.

[2] Avila, Claudio. *Desempeño de tecnologías VOIP sobre redes inalámbricas 802.11b*. Memoria de titulación, UTFSM.

[3] Telefónica Chile.

<http://www.telefonicactc.cl/>

<http://www.tempresas.cl/voz/index.html>

[4] ENTEL Chile.

<http://www.entel.cl/index.asp>

[5] VTR.

<http://www.vtr.cl/telefonía/index.htm>

[6] Davidson, Jonathan. *Voice over IP Fundamentals*. Cisco Press 2000.

[7] Call Center

<http://www.gestiopolis.com/canales/demarketing/articulos/61/callcenter.htm>

[8] Evolución Aplicaciones Telefonía Celular

<http://www.eveliux.com/articulos/telefoniamovil.html>

[9] Aplicaciones en Celulares

http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil#Evoluci.C3.B3n_y_convergencia_tecnol.C3.B3gica

[10] Aplicaciones de voz, datos y XML

<http://209.10.219.121/contenido/articulo.asp?chapter=139&article=157>

[11] Autenticación y Aplicaciones Voip

http://mambo.aullox.com/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=81

[12] Servicios de directorio

http://www.cisco.com/global/ES/solutions/smb/avvid_solutions/iptel_home.shtml

[13] DNS

<http://www.linuxparatodos.net/geelog/staticpages/index.php?page=introduccion-tcp-ip>

[14] Control y Gestión

<http://www.cisco.com/global/LA/cisco/exito/pais/chi/delmonte.shtml>

<http://209.10.219.121/contenido/articulo.asp?chapter=157&article=232>