

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES



**MODELO DE UN SISTEMA COMPLEJO BASADO EN
COMPONENTES LIBRES PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA
DE TELEFONÍA IP PBX PROPIETARIO HACIA UN SISTEMA DE
TELEFONÍA IP BASADO EN ASTERISK**

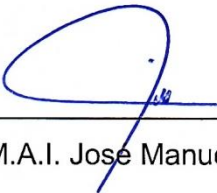
**TRABAJO TERMINAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

PRESENTA

VERONICA ORTIZ PACHECO

Ensenada, B.C. Octubre del 2019

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director del trabajo terminal: 
M.A.I. Jose Manuel Valencia Moreno

Aprobado por los Integrantes del Sínodo:

1.- 
Sinodal M.I. Manuel Jiménez Orozco

2.- 
Sinodal M.A. Silvia Berenice Verdugo Rabago

Dedicatoria.

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño a mi esposo Manuel por animarme a emprender este reto, a mis padres: Agustina y Edgar por siempre creer en mí y en mis capacidades. A mi hermano Luis que es mi pilar y mi motivación para siempre ser un buen ejemplo a seguir y a mi sobrino Jordán que llena mi vida de alegría y ternura. A toda mi familia, a mis amigos, y a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado apoyándome de manera espontánea en todo momento de mi vida.

Agradecimientos.

M.A.I. José Manuel Valencia Moreno mi director de trabajo terminal. A los miembros del comité de trabajo terminal, M.I. Manuel Jiménez Orozco, M.A. Silvia Berenice Verdugo Rabago, por su generosa orientación, su colaboración en el desarrollo del proyecto, sus comentarios constructivos, correcciones y retroalimentación sobre el trabajo de investigación. A M.I. Jesús Padilla Velázquez por su apoyo y colaboración. A mi compañero de generación Salvador Montes por su apoyo. A la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada (UABC), la institución anfitriona de mis estudios, por proporcionar las instalaciones para realizar el desarrollo del proyecto de trabajo terminal. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindar el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Resumen

La Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada, ha iniciado un proyecto de migración de su sistema telefónico actual IP PBX propietario, basado en un modelo tradicional con múltiples problemas, tanto a nivel de funcionalidad, como de costos de mantenimiento y escalabilidad. Se decide apostar al cambio por una solución basada en software libre y estándares abiertos, con Asterisk como pieza angular del diseño del proyecto que dará respuesta a todas y cada una de las expectativas generadas. A partir de un nuevo modelo y una nueva arquitectura abierta y libre. Se trata, sin duda, de una apuesta innovadora tecnológicamente, y a la vez robusta que tendrá un impacto directo en la forma de trabajo de la Institución y significará una reducción inmediata de sus costos recurrentes. Libre de todo tipo de ataduras y costos por licencias.

Palabras Clave: Asterisk, FreePBX, VOIP, IP PBX.

Tabla de Contenido

1. Introducción.	11
1.1 Justificación.	12
1.2 Objetivos.	13
1.2.1 Objetivo General.	13
1.2.2 Objetivos Específicos.	13
1.3 Alcance.	14
1.4 Limitaciones.	14
2. Marco Teórico.	15
2.1 ¿Qué es VoIP?.	15
2.1.2 Ventajas del sistema VoIP.	15
2.1.3 Elementos fundamentales de una red VOIP.	16
2.1.4 Protocolos de VoIP.	19
2.1.4.1 Protocolo VoIP (H.323).	19
2.1.4.2 Protocolo VOIP (SIP).	19
2.1.4.3 Comparación entre los protocolos SIP Y H.323.	20
2.1.5 Codificación y Decodificación (Códecs).	21
2.1.6. Transmisión de datos VOIP mediante la red.	22
2.2 Asterisk.	22
2.2.1 Líneas Analógicas:	23
2.2.2 Líneas digitales.	23
2.2.3 Arquitectura de Asterisk.	23
2.2.4 Características de Asterisk.	25
2.2.5 Funcionalidades de Asterisk.	25
2.3 Sistema FreePBX.	26
2.3.1 Códigos (códecs) que soporta:	27
2.3.2 Protocolos que Soporta Asterisk.	27
2.4 Centrales Privadas (PBX).	27
2.4.1 IP PBX.	28
2.5 Alcatel IP PBX.	28
3. Metodología.	29

3.1 Investigación bibliográfica.	29
3.2 Investigación de campo.	29
3.3 Estudios comparativos.	29
3.4 Técnicas e Instrumentos de investigación.	30
3.3.1 Entrevista.	30
3.3.2 Observación.	30
3.5 Metodología empleada en el proceso de desarrollo del proyecto de trabajo terminal.	30
3.5.1 Fase 1. Análisis e interpretación de la situación actual.	31
3.5.2 Fase 2. Diseño del ambiente de pruebas.	31
3.5.3 Fase 3. Implementación del proyecto.	32
3.5.4 Fase 4. Pruebas del sistema.	32
4. Análisis e Interpretación del sistema actual de telefonía.	33
4.1 Sistema de Telefonía Actual de la UABC Campus Ensenada.	33
4.2 Análisis Comparativo entre Asterisk y otras alternativas.	37
4.3 Elección del software Asterisk.	39
4.3.1 FreePBX.	40
4.4 Definición protocolos y códecs.	40
4.5 Elección de terminales para la implementación del proyecto.	41
4.5.1 Softphone.	41
4.5.2 Teléfonos IP.	42
4.6 Servidor.	42
5. Diseño del ambiente de pruebas.	44
6. Proceso de implementación.	46
6.1 Instalación FreePBX.	46
6.2 VLAN PARA FreePBX.	48
6.2.1 Servidor Asterisk Free PBX.	48
6.2.1 Comandos en FreePBX, para agregar servido FreePBX a la VLAN.	48
6.3 Administración de FreePBX.	49
6.4 Configuración de extensiones en FreePBX.	50
6.4.1 Creación de extensiones.	51
6.5 Implementación de teléfonos IP Grandstream.	52
6.5.1 Configuración de Cuenta SIP.	54

6.6 Implementación de Softphone.	55
6.6.1 instalaciones de Zoiper.	55
6.6.2 Configuración de softphone Zoiper.	56
6.7 Configuración troncal SIP.	58
6.8 Plan de marcación.	59
6.8.1 Rutas Salientes.	59
6.8.2 Rutas entrantes.	60
6.9 Configuración del Buzón de Voz.	61
6.10 Configuración de IVR.	62
7. Pruebas de Funcionalidad Sistema.	63
7.1 Criterios de Funcionalidad del sistema a evaluar.	63
8. Seguridad en el Sistema VoIP.	66
8.1 Políticas de Seguridad.	66
8.2 Recomendaciones Generales de Seguridad en el Sistema Asterisk.	66
8.3 Recomendaciones de seguridad para los Usuarios.	67
8.4 Recomendaciones para la configuración de Seguridad para el sistema Asterisk.	67
9. Anexos.	69
9.1 Glosario de Términos.	69
9.2 Lista de Abreviaturas.	70
10. Conclusiones y Recomendaciones.	71
10.1 Conclusiones.	71
10.2 Recomendaciones.	72
10.2.1 Modelo de implementación para reemplazar al sistema Alcatel IP PBX.	72
10.2.2 Presupuesto para arrancar el proyecto de implementación de Asterisk.	74
10.2.2.1 Servidor.	74
10.2.2.2 Tarjeta Digital Digium.	74
10.2.2.3 Teléfonos IP.	75
10.2.2.4 Diademas para Softphone.	76
10.2.2.5 Gateway.	77
10.2.2.5.1 Gateway grandstream HT814.	77
10.2.2.5.2 Gateway grandstream GXW4200	77
11. Referencias.	80

Lista de tablas

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de un sistema VoIP.	16
Tabla 2.2 Comparación entre los protocolos SIP Y H.323.	20
Tabla 3.2 Codecs más utilizados.	21
Tabla 4.2 Transmisión de datos VOIP mediante la red.	22
Tabla 5.4 Tabla de comparación entre Asterisk y otras alternativas.	38
Tabla 6.4 Ventajas y Desventajas de las Implementaciones Asterisk.	39
Tabla 7.6 Extensiones IP a crear.	51
Tabla 8.7 Evaluación de pruebas.	64
Tabla 9.10 Presupuesto de implementación de Asterisk.	79

Lista de Figuras

Figura 1.1 Principales Inconvenientes del sistema Alcatel IP	12
Figura 2.2 Elementos fundamentales de una red VOIP.	18
Figura 3.2 Arquitectura de Asterisk.	24
Figura 4.3 Fases de desarrollo del trabajo terminal.....	31
Figura 5.4 Telefonía de la UABC 2018.	35
Figura 6.4 Sistema de telefonía de la UABC campus Ensenada 2018.	36
Figura 7.5 Diagrama para realizar las pruebas	45
Figura 8.6 Descarga de FreePBX.	46
Figura 9.6 Instalación de FreePBX.....	47
Figura 10.6 Asignación de contraseña.	47
Figura 11.6 Sistema FreePBX.	48
Figura 12.6 Configuración de VLAN.	49
Figura 13.6 Acceso web a FreePBX.	49
Figura 14.6 Panel de configuración de FreePBX.	50
Figura 15.6 Pantalla de configuración de Extensiones.....	52
Figura 16.6 Pantalla de extensiones creadas.	52
Figura 17. 6 Configuración de IP privada en teléfono Grand Stream.	53
Figura 18.6 Configuración de web de teléfono Grandstream.	54
Figura 19.6 Pantalla de configuración de cuenta SIP.	55
Figura 20.6 Cuenta SIP creada.	55
Figura 21.6 Descarga de softphone.	56
Figura 22.6 Instalación de softphone Zoiper.	56
Figura 23.6 Pantalla principal de configuración Zoiper.....	57
Figura 24.6 Configuración de Softphone Zoiper.	57
Figura 25.6 Softphone Zoiper.	58
Figura 26.6 Troncal SIP.	58
Figura 27.6 Configuración de Troncal SIP.....	59
Figura 28. 6 Configuración de rutas salientes.	60
Figura 29.6 Configuración de rutas entrantes.	61
Figura 30.6 Configuración de Buzón de voz.	62
Figura 31.6 Configuración de IVR.....	62
Figura 32.7 Ambiente de pruebas.....	65
Figura 33.10 Modelo del sistema complejo basado en Asterisk.	73

Capítulo 1

1. Introducción.

En los años 70s, la red telefónica corporativa consistía en una Central Privada Automática (PBX por sus siglas en inglés), que por un lado se conectaba a la red telefónica pública conmutada (PSTN por sus siglas en inglés) a través de una interfaz analógica y por otro, a través de pares trenzados de cobre, al conjunto de terminales analógicos de los usuarios. A partir de los años 80s, las redes corporativas evolucionaron a redes de datos que utilizaban de forma independiente la voz y la telefonía entonces se comienza a adentrarse en el uso de tecnología digital. Aproximadamente en los años 90s, el proveedor de servicio de internet (ISP por sus siglas en inglés), se introduce en las empresas aportando una importante herramienta de comunicación actual, como lo es el correo electrónico. Al finalizar los años 90s se desencadena el desarrollo de una emergente tecnología, la Voz sobre IP (Soler, S/f).

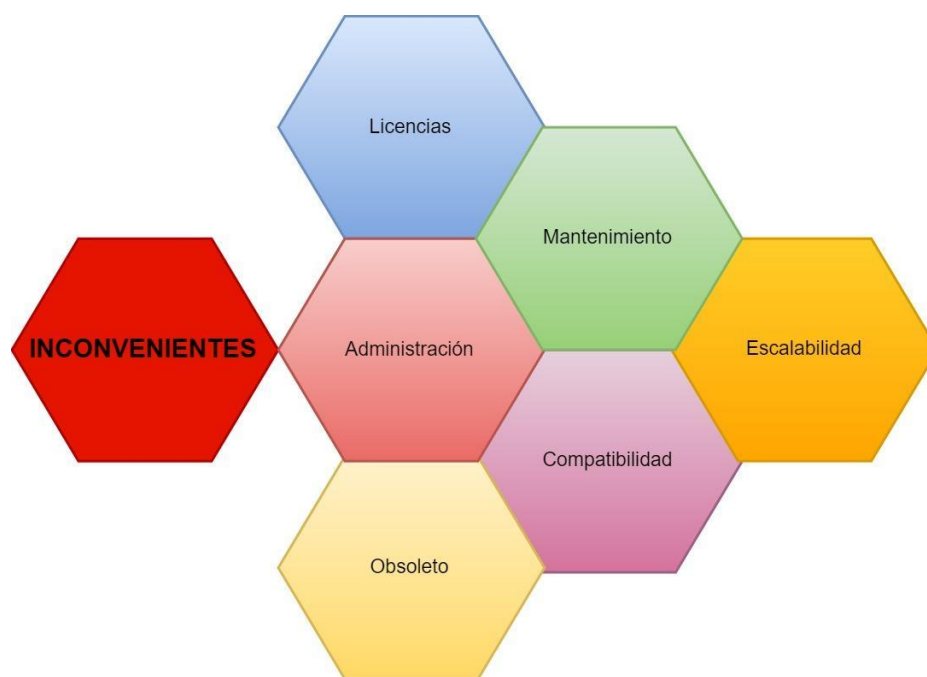
Las tecnologías actuales de redes de computadora, redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN), hacen posible trabajar a grandes velocidades, esto permite ofrecer nuevas capacidades en la actividad de las redes como los servicios de voz, video, y otros, lo cual implica bajar el costo en la implementación y en la reducción de gastos administrativos. La Universidad Autónoma de Baja California (UABC), institución pública de educación superior que se encuentra en el estado de Baja California, busca incluir soluciones basadas en estándares de código abierto en sus sistemas telefónicos, para contar con alternativas de software libre para CONTINGENCIAS o REEMPLAZO del sistema de telefonía ALCATEL PBX.

El sistema ALCATEL IP PBX, soporta la telefonía clásica analógica y digital, con estaciones propietarias, además de soluciones convergentes de voz, datos y video (VoIP).

1.1 Justificación.

La UABC campus Ensenada cuenta con un sistema ALCATEL PBX propietario, lo que significa que cada vez que se quiere agregar nuevas funcionalidades o usuarios al sistema no es posible, debido a que utiliza protocolos propietario y cerrados, esto da como resultado que la UABC gaste en mantenimiento y licencias costosas. Este equipo es totalmente obsoleto en hardware y software, por lo que si el equipo o alguno de sus componentes sufren daño la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada quedará sin servicio telefónico debido a las limitaciones que tiene el sistema en cuanto a soporte técnico y/o repuesto (Figura 1.1).

Figura 1.1 Principales Inconvenientes del sistema Alcatel IP PBX.



Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad realizar el cambio de la Central Alcatel PBX de UABC Campus Ensenada por una PBX propietaria que soporte un mayor número de extensiones

y líneas externas, sería una inversión muy representativa en gasto adquisitivo y por el momento la UABC se encuentra en una etapa de austeridad de modo que esa opción es poco viable además resultaría poco provechosa para la Institución, pues estaría en las mismas circunstancias al depender nuevamente de licencias, que a corto plazo sería una mala inversión.

Ante el cuestionamiento presentado anteriormente se ha decidido contemplar otras alternativas, una solución ideal sería basarse en software libre y estándares abiertos, para mitigar las carencias antes mencionadas. En este caso usará Asterisk PBX el cual funciona bajo el sistema operativo GNU/Linux aprovechando todas las bondades que ofrece el software libre. Se propone Modelar un sistema complejo que comunicara varias centrales telefónicas de diferentes marcas y capacidades, necesitará de varios elementos que cumplan con funciones específicas y variables y será basado en Asterisk, esto hará posible realizar la migración del sistema de telefonía actual de la UABC campus Ensenada y de esta manera obtener flexibilidad y control sobre el sistema telefónico a muy bajo costo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

Modelar un sistema complejo basado en componentes libres que permita realizar la migración del sistema de telefonía actual del campus UABC Ensenada hacia un sistema de telefonía IP basado en Asterisk.

1.2.2 Objetivos Específicos.

1. Estudiar todos los factores técnicos que implica la central telefónica de voz sobre IP en UABC campus Ensenada.
2. Analizar e interpretar el funcionamiento del Hardware y Software del servicio de telefonía actual del campus UABC Ensenada.
3. Establecer los requerimientos y parámetros del sistema de telefonía IP necesarios, que permita su implementación.
4. Implementar una central telefónica VOIP de prueba muestra, aplicando herramientas de Software Libre contemplados por la GPL.

5. Realizar pruebas reales de llamadas equipos telefónicos.
6. Desarrollar políticas de seguridad para el uso adecuado del servicio.

1.3 Alcance.

El alcance del proyecto será a nivel campus, en este caso se realizará el modelado del sistema de telefonía IP basado en Asterisk, en el Departamento de Información Académica (DIA) de la UABC campus Ensenada el cual será administrado por el responsable actual del sistema telefónico Alcatel PBX.

1.4 Limitaciones.

Dentro de las limitaciones podemos mencionar el apoyo por parte de la institución para el desarrollo del proyecto debido a que en este momento la UABC está pasando por un periodo de austeridad por lo que el proyecto se tuvo que apegar a la infraestructura con la que cuenta la UABC campus Ensenada ya que no era posible realizar ningún tipo de compra. Otra limitación importante fue por condiciones de seguridad, de manera que la información (direcciones IP, Configuraciones, etc.) se manejó como confidencial lo que impidió plasmar algunos datos en este documento.

El sistema Alcatel aún está en funcionamiento por lo que las prueba se redujeron a una muestra de un departamento de la institución para no interferir con el funcionamiento del sistema telefónico actual.

La propuesta del proyecto solo se limitó a un modelo debido a que solo será posible implementar el proyecto hasta que el sistema ALCATEL IP PBX deje de funcionar.

Capítulo 2

2. Marco Teórico.

Para llevar a cabo este proyecto de trabajo terminal fue necesario recurrir a numerosa bibliografía, para poder entender ciertos conceptos como:

- VOIP.
- Asterisk.
- FreePBX.
- Alcatel IP PBX.

2.1 ¿Qué es VoIP?

Es la transmisión de datos de voz y video sobre redes basadas en IP. Esta tecnología divide el audio y el video en pequeños fragmentos, y los codifica para transmitirlos a través de una red IP y reensambla decodificando esos fragmentos en el destino final permitiendo de esta manera que sea posible comunicarse.

2.1.2 Ventajas del sistema VoIP.

A pesar de que un sistema de telefonía VoIP ofrece muchas bondades, el implementarlo también conlleva algunas desventajas que se muestran a en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de un sistema VoIP.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Permite comunicación unificada.• Escalable.• Es fácil de instalar y configurar que una central telefónica propietaria.• Aprovecha la infraestructura existente• Se puede establecer llamada a través de una única línea de acceso.• Reduce los costos de las llamadas.• Maneja software y hardware de bajo costo.	<ul style="list-style-type: none">▪ Es susceptible al robo de datos si no se cuenta con la configuración adecuada.▪ Es susceptible a virus.▪ Se puede acceder desde cualquier lugar eso lo hace un blanco fácil de ataque.

Fuente: Elaboración propia.

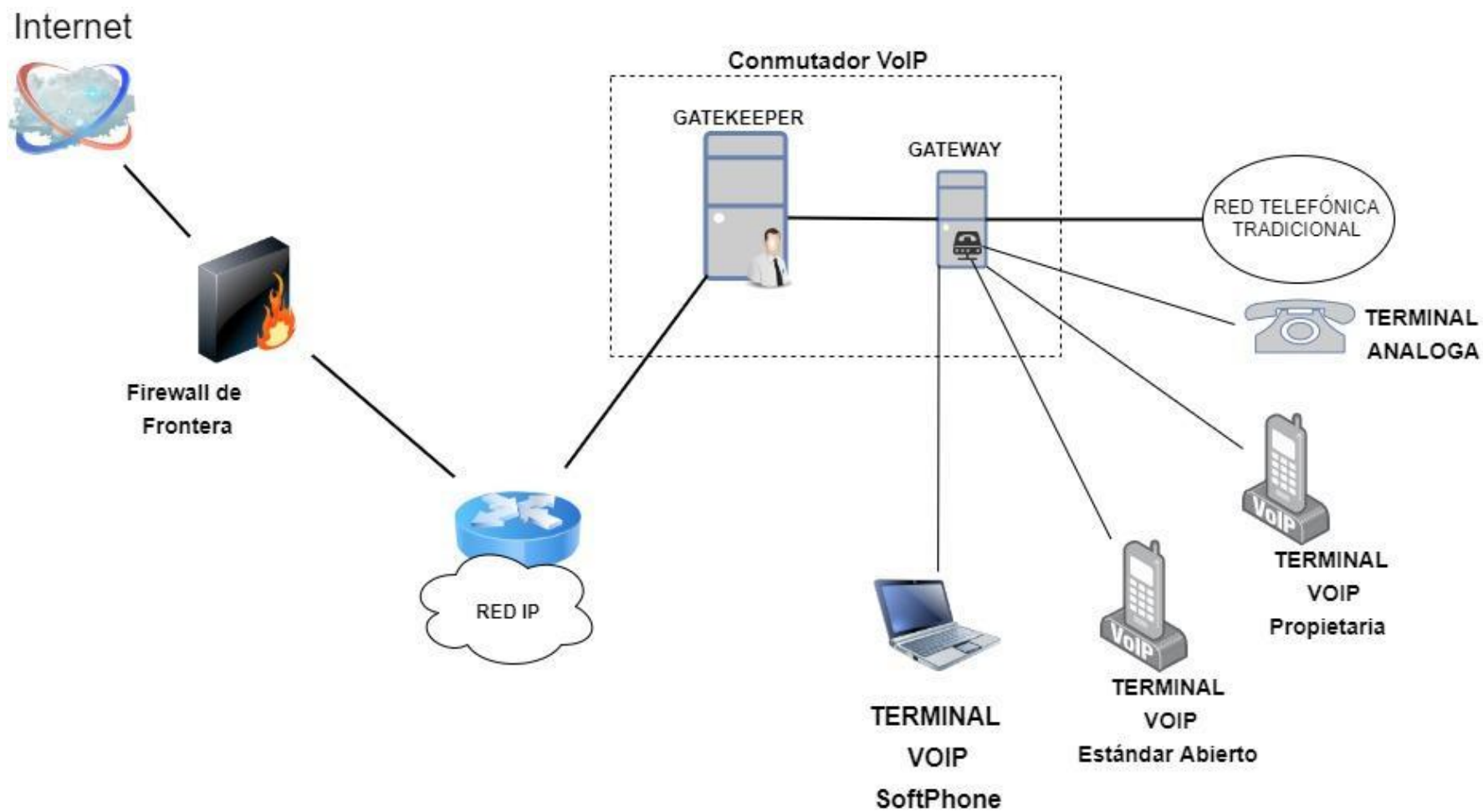
2.1.3 Elementos fundamentales de una red VOIP.

Dentro de la estructura de una red de telefonía VOIP se diferencian tres elementos fundamentales para la comunicación de voz, como lo son las terminales, Gateway y los Servidores VOIP que se describen a continuación (Figura 2.2):

- **Terminales:** Son los dispositivos que utilizan los usuarios para comunicarse mediante llamadas telefónicas ya sean por voz o video.

- Teléfonos IP: Es similar a un teléfono tradicional con la diferencia que cuenta con un conector rj45 para ser manejado en entornos del protocolo de internet (IP).
 - Características:
 - Dispone de un de al menos un puerto de conexión rj45.
 - Suelen disponer de una pantalla para mostrar información relevante.
 - Incorporan varios botones programables.
 - Conector de auriculares.
- Softphone: Son teléfonos implementados por Software, este software proporciona a un dispositivo que no sea un teléfono, como un ordenador las funcionalidades de un teléfono VoIP.
- Gateway: Intercomunica la telefonía analógica con la digital mediante puertos FXS y FXO, sirve de punto de acceso a otro red, es un dispositivo dedicado a intercomunicar sistemas de todo los protocolos incompatibles.
- Servidor VOIP: Normalmente implementados en software, Se encarga de realizar tareas de autenticación de usuarios, control de admisión, control de ancho de banda, encaminamiento, entre otros. Controlador y gestionado de toda la comunicación de VoIP.

Figura 2.2 Elementos fundamentales de una red VOIP.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.4 Protocolos de VoIP.

“La red de voz sobre IP es grande y eficiente, como ya se dijo, es una red de paquetes conmutados. La voz es empaquetada y enviada por diferentes rutas, siempre buscando la ruta más corta o menos congestionada. Es ahí cuando los protocolos entran en acción” (UDLAP, 2019, pág.13).

“Los protocolos que se utilizan en las redes de voz sobre IP son: SGCO, MGCP, H.323 Y SIP, entre otros; son definidos por instituciones y organismos reguladores con normativas de control como: la ITU-T, la IETF, el ETSI o el EIA-TIA. Estos protocolos tienen interfaces abiertas y estándares definidos, y cuenta con una buena estructura de paquetes” (UDLAP, 2019, pág.13).

2.1.4.1 Protocolo VoIP (H.323).

“H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP y para videoconferencia basada en IP. Es un conjunto de normas ITU para comunicaciones multimedia que hacen referencia a los terminales, equipos y servicios estableciendo una señalización en redes IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo” (Caldera y Suazo, s/f, pág. 30).

2.1.4.2 Protocolo VOIP (SIP).

“SIP o Protocolo de Inicialización de Sesiones es el nombre de un protocolo de comunicaciones, desarrollado por el IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos online, etc. SIP se usa para la señalización de la VoIP” (Caldera y Suazo, s/f, pág. 30). .

2.1.4.3 Comparación entre los protocolos SIP Y H.323.

Los protocolos más utilizados para los sistemas VoIP son SIP Y H323, por lo que en este apartado se hace una comparación entre estos dos estándares, cabe mencionar que H.323 es estándar tipo propietario y SIP es estándar libre de código abierto (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Comparación entre los protocolos SIP Y H.323.

H.323	SIP
<ul style="list-style-type: none">• H.323, requiere mayor cantidad de mensajes entre entidades.•• H 323 exige un código de mayor tamaño, mayor potencia en el CPU, mayor capacidad de memoria.• La mayoría de los productos H.323 incorporan SIP.• H.323 utiliza el ASN.1, haciendo menos entendible al humano la mensajería y complicando el instrumental necesario.	<ul style="list-style-type: none">• SIP reduce sustancialmente el tráfico de control entre entidades.• SIP, reduce sensiblemente el código, optimizando el CPU y minimizando la capacidad de memoria.• Algunos productos SIP no soportan H.323• SIP, emplea campos de texto, permitiendo no solo, una mejor comprensión, sino también herramientas más sencillas.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5 Codificación y Decodificación (Códex).

La voz debe ser codificada y decodificada (códex) para poder ser transmitida por la red IP. Para ello empleamos códexs, un codec es un algoritmo que traduce la señal analógica en una digital (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Codecs más utilizados.

CODEC	TASA DE		ANCHO DE BANDA	COMENTARIOS
	BIT (KBPS)			
G.711	bit-rate de 56 o 64 Kbps	87.2 Kbps	No usa compresión de voz, aunque requiere mucho ancho de banda.	
G.723.1	bit-rate de 5,3 o 6,4 Kbps	21.9 Kbps	Solo se utiliza en casos donde no se tenga ancho muy poco ancho de banda.	
G.729	bit-rate de 8 o 13 Kbps.	31.2 Kbps	Comprime la voz, lo que significa la disminución del ancho de banda. Es de tipo propietario.	

Fuente: Elaboración propia con referencia a la tabla VOIP- Por el ancho de banda de CISCO.

Según el codec que utilicemos ocupará más o menos ancho de banda y esto influirá mucho en la calidad de los datos transmitidos.

Codec G.711: “Estas recomendaciones definen los codificadores y decodificadores de voz que permiten una calidad de voz de 64 Kilobits por segundo (Kbps) mediante la utilización del método de modulación por codificación de pulsos (PCM). El G.711 utiliza A-law o μ -law para una compresión simple de amplitud y es el requisito básico de la mayoría de los estándares de comunicación multimedia de la ITU” (Zamora y Fuentes, 2009, pág. 24).

2.1.6. Transmisión de datos VOIP mediante la red.

Los paquetes de VoIP se transmiten sobre la red basada en IP aprovechando el modelo TCP/IP. Consta de 5 capas, en la tabla 4.2 podemos las capas del Modelo TCP/IP y una breve descripción de las mismas.

Tabla 4.2 Transmisión de datos VOIP mediante la red.

CAPA	ACTIVIDAD
Aplicación	Protocolos NTP, RTP, RTC aseguran la entrega y calidad de los paquetes VoIP.
Transporte	El protocolo UDP, transporta los paquetes VoIP desde inicio a fin
Internet	Se añade la dirección IP al paquete. Cada dispositivo de VoIP (teléfono o PC), tiene una única dirección IP que enruta la entrega de paquetes VoIP para y desde el llamante al receptor durante toda la llamada.
Interface de Red	Se añade la MAC address al paquete
Físico	En esta capa se convierten todos los paquetes a señales eléctricas u ópticas, para ser transportados sobre la red interna o externa.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Asterisk.

Asterisk es una plataforma telefónica que dispone de todas las funcionalidades de las grandes centrales telefónicas propietarias como Alcatel y Cisco. “Asterisk es una plataforma de código abierto de convergencia de telefonía, que está diseñado principalmente para correr en Linux combinando más de 100 años de conocimientos de telefonía en un robusto conjunto de aplicaciones de telecomunicaciones altamente integrados.” (Almeida, 2015, pág. 63). Fue creada por Marc Spencer de Digium y que ha sido desarrollada por el mismo, junto a programadores de todo el mundo. Asterisk interactúa con la telefonía tradicional a través de hardware disponible para interfaces telefónicas analógicas como digitales como las que se mencionan a continuación.

2.2.1 Líneas Analógicas:

- FXO (Foreign eXchange Office). Es el puerto que recibe la línea analógica. permite conectar un dispositivo terminal a un servicio de telefonía como el servicio de telefonía pública (PSTN) o una Central telefónica privada (PBX).
- FXS (Foreign eXchange Station). Estas interfaces son las que permiten conectar un teléfono analógico convencional a un router o central de telefonía IP (Almeida, 2015).

FXS y FXO son siempre pares que se corresponden mutuamente: una interfaz FXS se conecta en el otro extremo de la línea a una interfaz FXO. Cuando se instala una central telefónica (PBX), la línea telefónica se conecta al puerto FXO de la PBX, la cual provee múltiples puertos FXS para conectar los teléfonos o equipos de fax (Almeida, 2015).

2.2.2 Líneas digitales.

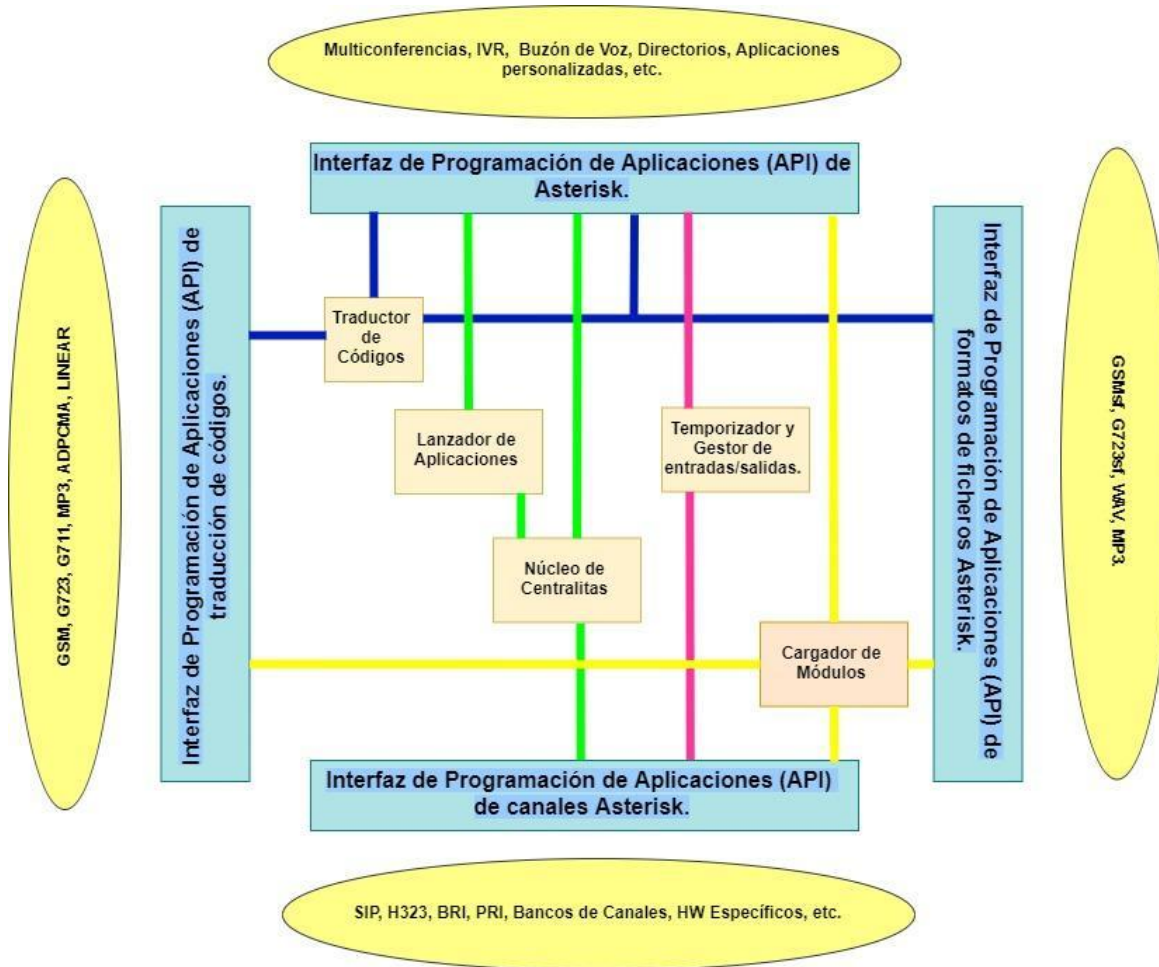
Las líneas digitales son utilizadas cuando las líneas necesarias son muchas. Una línea digital suele ser entregado por un equipo denominado CSU / DSU o un multiplexor de fibra entregado por el Proveedor de Servicio.

EJEMPLO: Tarjeta Digital: E1. ó T1.

2.2.3 Arquitectura de Asterisk.

Asterisk cuenta con una arquitectura completa que puede adaptarse a las necesidades de cada usuario, de modo que es posible seleccionar qué partes o módulos de Asterisk se desea implementar, lo que permite al usuario construir el sistema de acuerdo a sus necesidades solo seleccionando el módulo que necesita implementar (Figura 3.2).

Figura 3.2 Arquitectura de Asterisk.



Fuente: Elaboración propia.

La imagen anterior muestra los módulos que componen la arquitectura de Asterisk, estos son los siguientes:

- **Canales Asterisk:** Permite la conexión a un dispositivo de una determinada tecnología, que conduce a una llamada entrante o saliente. Algunas de las tecnologías más importantes que soporta Asterisk son: H.323, IAX2, SIP, MGCP.
- **Aplicaciones de formatos:** Hacen posible que el sistema Asterisk pueda entender y manejar ficheros de formatos distintos como lo son: GSM, MP3, ALAW, entre otros.
- **Aplicaciones de códigos (códecs):** Asterisk dispone de distintos códigos (códecs) que hacen posible la codificación y decodificación de información de audio y video que se envía y recibe.
- **Aplicaciones y Funciones:** En este módulo se encuentran las herramientas de las que dispone Asterisk para configurar las funciones que son necesarias para el sistema.

2.2.4 Características de Asterisk.

- Licencia GPL 2.0.
- Es posible configurarlo de acuerdo a nuestras necesidades.
- Compatibilidad con protocolos y códigos (Codecs) de software libre.
- Escalabilidad.
- Aprovecha la infraestructura. Tecnológica ya existente.

2.2.5 Funcionalidades de Asterisk.

- Cola de espera con mensaje de bienvenida genérico.
- Transferencia de llamadas.

- Plan de marcación rápida.
- Capturar llamadas.
- Desvío inteligente de llamadas.
- Filtrados de llamadas salientes.
- Música en espera.
- Identificación de llamadas entrantes.
- Buzón de voz.
- Grupo de llamadas.
- Grupo de salto.
- Plan de marcación privado.
- Ocultar número llamante.
- Desvío de back-up a un número de fijo nacional.
- Sala de conferencias telefónicas.
- Mensaje de bienvenida.
- Acceso remoto buzón de voz.
- Re-llamada automática.
- Operadora de recepción automática de hasta 3 niveles.
- Escucha de llamadas en curso.
- Grabación de llamadas.

2.3 Sistema FreePBX.

FreePBX es una interfaz gráfica de usuario de código abierto, basada en los sistemas web que funciona junto con Asterisk y otros programas para facilitar la configuración de una central telefónica VOIP, esto a través de interfaces web amigables.

2.3.1 Códigos (códecs) que soporta:

- ADPCM.
- G.711 (A-Law & μ -Law).
- G.722.
- G.723.1 (pass through).
- G.726.
- G.729 (Licencia comercial).
- GSM.
- iLBC 2.4.2.

2.3.2 Protocolos que Soporta Asterisk.

- H323.
- IAX2.
- SIP.
- MGCP.

2.4 Centrales Privadas (PBX).

Las Centrales privadas telefónicas (PBX) son sistemas telefónicos en el cual se conectan todos los teléfonos de una empresa u organización donde cada teléfono representa una extensión, permiten realizar llamadas entre los usuarios en líneas locales y compartir un cierto número de líneas externas. Constan de dos componentes, los cuales son estaciones y líneas. Las estaciones son teléfonos físicos y las líneas son conexiones individuales que conectan el sistema con el resto mediante el sistema de telefonía pública conmutada de una compañía telefónica.

Actualmente las Centrales privadas telefónicas utilizan la tecnología digital, de este modo se dio paso a las IP PBX, que se explican a continuación.

2.4.1 IP PBX.

Un IP PBX es un Sistema de conmutación centralizado que realiza y recibe llamadas a través de Internet, utiliza el protocolo de Voz sobre internet (VoIP), por lo que hace posible la transmisión de datos de voz a través de la conexión a internet. Esto facilita el mantenimiento de los sistemas telefónicos y reduce los costos del sistema telefónico.

2.5 Alcatel IP PBX.

Alcatel IP PBX es una central telefónica de comunicaciones que cuenta con funciones de telefonía empresarial, al ser un software de licenciamiento ofrece software precargado, eso no significa que sea fácil de manejar ya que para realizar cualquier configuración es necesario contar personal capacitado. Alcatel IP PBX trabaja con sus propias tarjetas de red y sus propios teléfonos fabricados por Alcatel. Incorpora las tecnologías H.323 Y SIP así como los códecs: G.711, G.723 Y G.729.

Capítulo 3

3. Metodología.

En este capítulo se menciona la metodología que fue utilizada para desarrollar el proyecto de trabajo terminal.

3.1 Investigación bibliográfica.

Mediante la aplicación de la investigación bibliográfica se logró recolectar información muy valiosa que ayudó a desarrollo del trabajo terminal. Es importante mencionar que esta investigación fue clave porque gracias a ella fue posible dominar los temas referentes a trabajo terminal ya que antes de realizarla no se tenía conocimiento alguno de los mismos.

3.2 Investigación de campo.

La investigación de campo por otra parte contribuyó de forma directa, gracias a esta se logró entender el sistema de telefonía Alcatel PBX de la UABC campus Ensenada, así mismo se pudieron percibir los inconvenientes que presenta dicho sistema y cuáles son los requerimientos necesarios contemplar para un nuevo sistema.

3.3 Estudios comparativos.

Se utilizó la metodología de estudios comparativos para determinar el vínculo entre el sistema de telefonía propietario ALCATEL PBX actual de la UABC con un nuevo sistema de telefonía de software libre Asterisk PBX. En este caso la correlación implica manipulación de variables específicas como los codificadores-decodificadores, protocolos y ver la forma en que se comportan estas variables para poder interactuar con ellas y generar una buena comunicación en el nuevo sistema.

3.4 Técnicas e Instrumentos de investigación.

Son las estrategias empleadas para recabar información y así construir el conocimiento de lo que se investiga (Martínez, 2013).

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de trabajo terminal fue necesario valerse de Técnicas e Instrumentos de investigación para la obtención de aspectos y requerimientos.

3.3.1 Entrevista.

El principal objetivo de la entrevista es encontrar qué es lo importante para el sujeto entrevistado referente al tema investigado (Martínez, 2013).

La entrevista es una técnica principal para la recolección de información, se hizo uso de esta técnica para realizar entrevistas con las personas involucradas con el sistema de telefonía Alcatel PBX de la UABC campus Ensenada, los entrevistados fueron la jefa del departamento de información académica (DIA), el responsable del departamento de Telecomunicaciones y el anterior responsable del sistema Alcatel PBX.

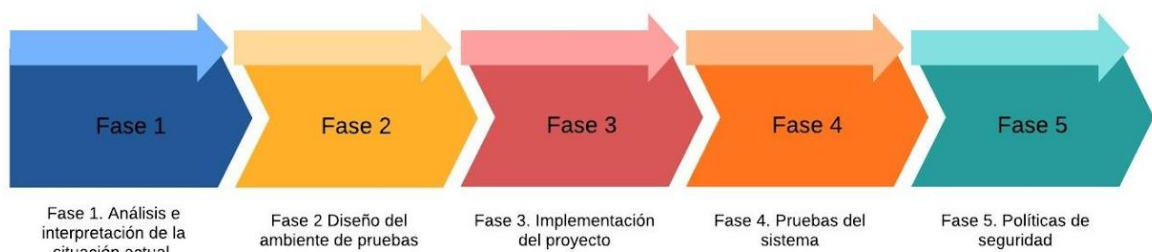
3.3.2 Observación.

Mediante la observación fue posible dar forma a los diagramas realizados durante la fase del análisis del proyecto de trabajo terminal, ya que ver físicamente el sistema Alcatel PBX y las conexiones del mismo fue de utilidad para entender el funcionamiento del sistema.

3.5 Metodología empleada en el proceso de desarrollo del proyecto de trabajo terminal.

El proyecto se realizó en 5 Fases (Figura 4 3): Análisis e Interpretación de la situación Actual, Diseño del ambiente de pruebas, Implementación de la propuesta, Pruebas del sistema y Políticas de seguridad del sistema, de este modo fue posible realizar las tareas vinculadas con el proyecto de trabajo terminal.

Figura 4.3 Fases de desarrollo del trabajo terminal.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.1 Fase 1. Análisis e interpretación de la situación actual.

El análisis correspondió a la recolección y documentación de información del estado actual del sistema Alcatel PBX de la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada, Se obtuvieron resultados favorables, gracias a los diferentes medios de recolección de información que se manejaron, de este modo fue posible observar y analizar el sistema actual Alcatel PBX, gracias a la interacción con las personas involucradas con el sistema Alcatel PBX se obtuvo un diagrama donde se plasmó la estructura actual del sistema, se identificaron los problemas existentes con el sistema actual y se propuso un modelo de solución utilizando un software libre, también se identificaron los protocolos y codificadores-decodificadores utilizados en el sistema actual de telefonía y en el modelo de solución propuesto para la implementación. Una vez hecho el análisis de la situación actual del sistema telefónico Alcatel PBX fue posible conocer a detalle los requerimientos que debe cumplir el nuevo sistema en este caso Asterisk, se realizó una investigación profunda sobre Asterisk, sus funcionalidades y requerimientos.

3.5.2 Fase 2. Diseño del ambiente de pruebas.

En esta fase se presenta un diagrama donde es posible implementar la solución de comunicación a través de telefonía IP. El diseño del ambiente de pruebas, constituye un factor crítico al momento de evaluar las funcionalidades que se ofrecen con la solución de comunicación a implementar. Es por ello que para realizar las debidas pruebas y la comprobación de las mismas.

3.5.3 Fase 3. Implementación del proyecto.

La implementación se realizó una vez hecho el análisis e interpretación de la situación actual del sistema telefónico de la Universidad autónoma de Baja California, en esta fase se procedió a describir el proceso de implementación de la solución telefónica, dicho proceso está constituido por varias fases como lo son la instalación configuración explicadas debidamente.

3.5.4 Fase 4. Pruebas del sistema.

En esta fase se muestra como se realizaron las pruebas del sistema. El proceso de pruebas busca estudiar el rendimiento de la solución telefónica en aspectos de comunicación, utilidad, funcionalidad y servicios brindados. Para realizar las pruebas y la comprobación de las mismas se procedió a elaborar un esquema de evaluación con las características debidas y comprobando los requerimientos a evidenciar.

Capítulo 4

4. Análisis e Interpretación del sistema actual de telefonía.

En el capítulo anterior se plasmó la metodología utilizada para desarrollar el proyecto de trabajo terminal, vimos se realizaron cinco fases, en este apartado iniciaremos con la primer fase que consto del análisis del sistema telefónico actual de la Universidad autónoma de baja california, esto con el fin de conocer la estructura física del sistema telefónico existente, este análisis fue útil para definir las principales necesidades del sistema que nos llevaron a buscar soluciones acordes a estas necesidades.

4.1 Sistema de Telefonía Actual de la UABC Campus Ensenada.

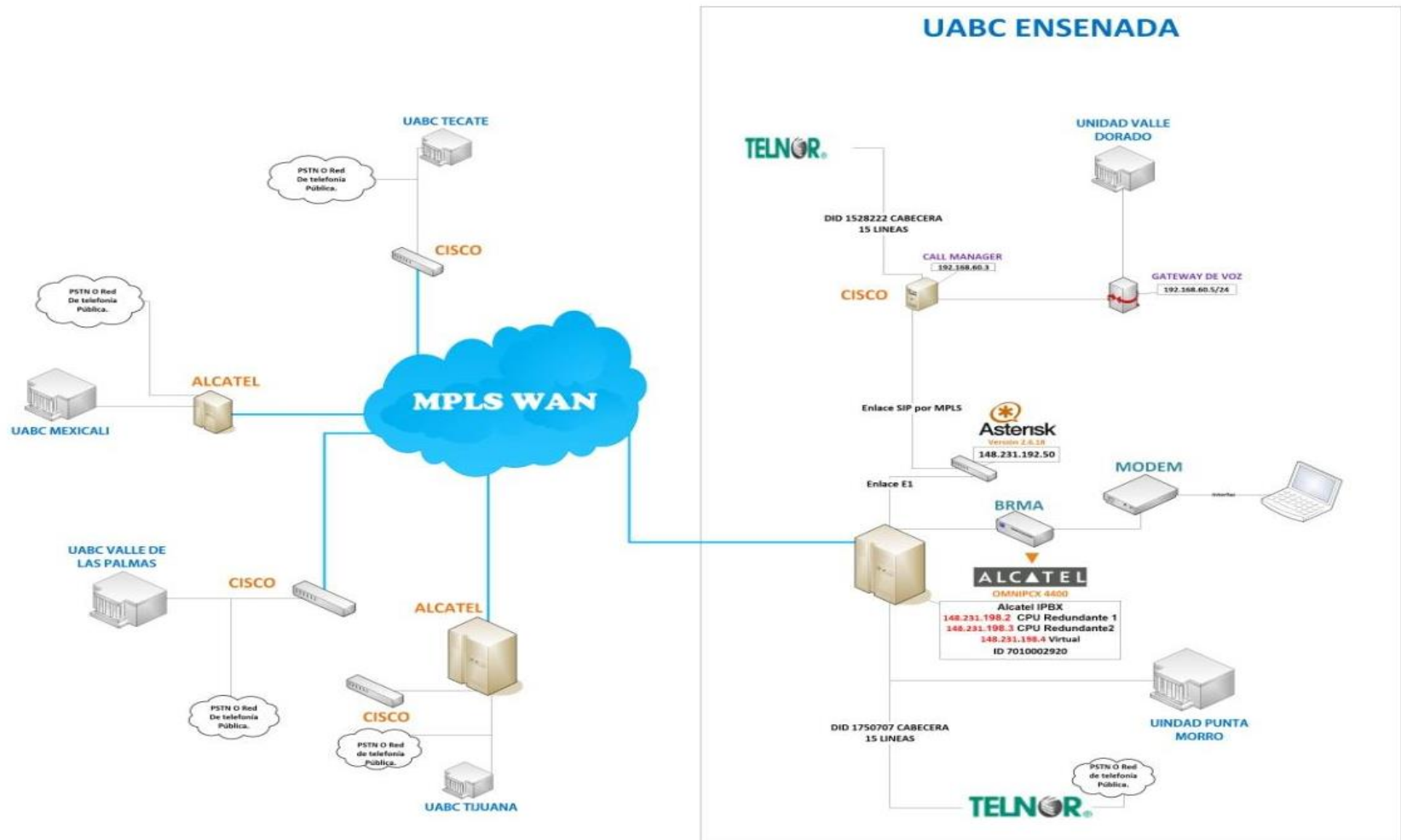
La UABC campus Ensenada cuenta con dos unidades académicas, Unidad Punta Morro ubicada en Carretera Transpeninsular Ensenada-Tijuana y Unidad Valle Dorado ubicada en Boulevard Zertuche y Boulevard de los Lagos, estas unidades académicas se dividen por Facultades, Escuelas y Departamentos a los cuales actualmente se les brinda el servicio de telefonía por medio del Sistema ALCATEL IP PBX, mediante esta central se gestionan dos enlaces digitales (DID), proporcionados por el proveedor de servicios telefónicos (TELNOR), uno de ellos para la Unidad Punta Morro y el otro para el Campus Valle Dorado estos enlaces hacen la conexión a la línea telefónica convencional también está cuenta con 64 líneas análogas que permiten la comunicación telefónica convencional a la Facultad de ingeniería Arquitectura y Diseño, la Facultad de Ciencias, la Facultad de Ciencias Marinas, la Escuela de Enología y Gastronomía, el IIDE, IIO, DIA.

En la actualidad este sistema telefónico ha venido presentando algunas fallas generando continuas interrupciones en el servicio de telefonía, lo que conlleva a plantearse la posibilidad de sustituirlo por otro sistema que cumpla con los siguientes requerimientos:

- La solución debe emplear protocolos y códigos de software libre.
- Debe permitir la gestión y control por el personal técnico del área de Telecomunicaciones del Departamento de Información Académica de la UABC campus Ensenada.
- Los equipos a utilizar deben estar vigentes y contar con garantía mínima de dos años con soporte y suministro de repuestos por parte del fabricante dentro del país.
- Flexibilidad para ampliar la red de telefonía.
- Compatibilidad con dispositivos que utilicen tecnología VoIP.
- Funcionalidades: Servicio de llamadas, video conferencias, buzones de voz, música en espera y contestador automático o IVR.
- Escalabilidad en el crecimiento de extensiones.
- Integración de nueva tecnología IP-PBX con sistemas de PBX convencionales.
- Posibilidades de extensiones móviles.
- Enviar por medio de correo electrónico los buzones de voz
- Posibilidades de generación de grupos de extensiones por departamento.

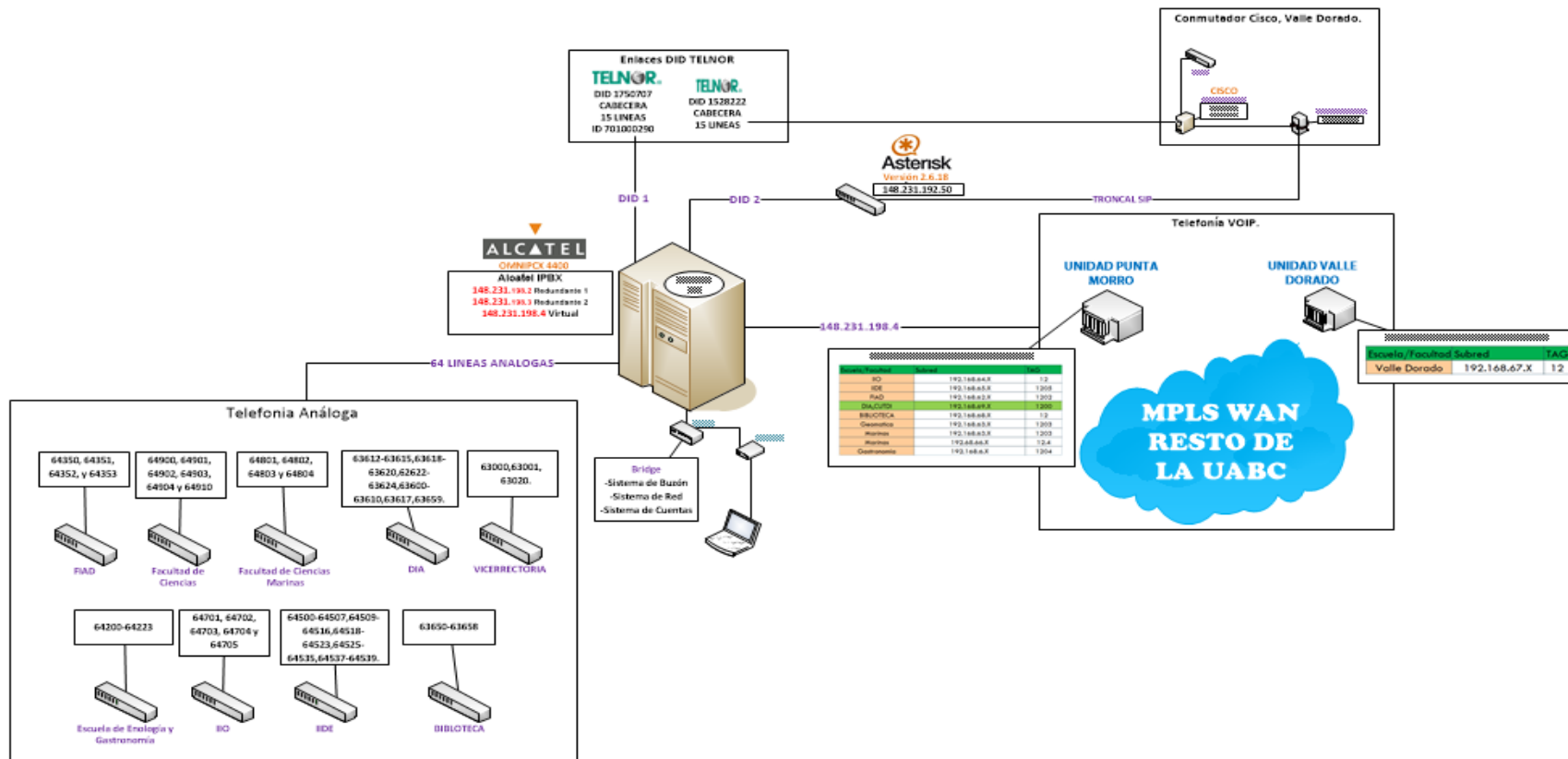
En la figura 5.4 se muestra como se encuentra actualmente el sistema de telefonía de la Universidad Autónoma de Baja California en general.

Figura 5.4 Telefonía de la UABC 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.4 Sistema de telefonía de la UABC campus Ensenada 2018.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.4 se muestra como se encuentra actualmente el sistema telefónico de la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada, que es nuestro caso de interés.

4.2 Análisis Comparativo entre Asterisk y otras alternativas.

Después de analizar el Sistema Actual de Telefonía de la UABC se realizó un análisis comparativo entre Asterisk y otras alternativas para el modelo de implementación, con el fin de obtener la propuesta del nuevo sistema capaz de solventar las funcionalidades del sistema telefónico actual.

En la tabla 5.4 podemos observar el análisis comparativo entre Asterisk y otras alternativas, se comparan detalles de funcionalidad, escalabilidad, compatibilidad, flexibilidad así como las tecnologías que cada uno de estos implementa.

Tabla 5.4 Tabla de comparación entre Asterisk y otras alternativas.

Características	Asterisk	Alcatel	Cisco (CUCM)	Panasonic (UPCMC)
Licenciamiento	No	Si	Si	Si
Disponibilidad	Si	Si	Si	Si
Integración con aplicaciones	Si	Algunas aplicaciones	Algunas aplicaciones	Hibrida
Escalabilidad	Dependiendo del hardware.	Dependiendo de la licencia, Software y hardware.	Dependiendo de la licencia, Software y hardware.	Dependiendo del Software y Licencia
Competitividad	Si	Si	Si	Si
Compatibilidad	Si	No	No	Si
Flexibilidad	Si	No	No	Si
Soporte	Por Miles de usuarios.	Únicamente Alcatel	Únicamente Cisco	Únicamente Panasonic
Interfaz Gráfica	Si	Si	Si	Si
Funcionalidades				
Llamada en espera	Si	Si	Si	Si
Conferencia	Si	Si	Si	Si
Conferencia múltiple	Si	Si	Si	Si
Transferencia de llamadas	Si	Si	Si	Si
Call Center	Si	Si	Si	Si
Mensajería de Voz	Si	Si	Si	Si
Caller ID	Si	Si	Si	Si
Seguridad	Dependiendo de la Configuración	Si	Si	Si
Plataformas Soportadas	Linux-Windows Mac	Windows	Windows	Windows
Telefonía Analógica y Digital	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia.

Asterisk es una solución con muchas bondades que vale la pena implementar, resuelve las necesidades del proyecto y además es viable implementar el modelo de sistema ya que la licencia es open source lo que representa no tener gastos significativos de implementación.

4.3 Elección del software Asterisk.

Se debe elegir el software libre adecuado basado en Asterisk para la integración del nuevo sistema de telefonía que cubra las necesidades antes expuestas en el planteamiento del problema, además de que sea adecuado para cubrir los objetivos planteados para este proyecto (Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Ventajas y Desventajas de las Implementaciones Asterisk.

SOFTWARE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ASTERISK NOW	Total control y poder actualizar en cualquier momento. El conmutador se ajusta a la arquitectura de la PC. Sin limitantes impuestas por interfaz gráficas. Puedes elegir que módulos quieres compilar y cuáles no. Es código abierto.	Mayor parte de instalación por consola. Programar en línea de comandos. Mayor tiempo de implementación.
FREPBX	Prácticamente es considerada la interfaz web estándar de Asterisk. Mucho tiempo en desarrollo. Amplia comunidad que la soporta. Te ayuda a configurar Asterisk más rápidamente. Prácticamente todas las distribuciones código abierto disponibles hacen uso de esta interfaz. Es código abierto.	No todos los módulos están soportados. Para mayor control tienes que recurrir a la línea de comandos a final de cuentas.

ELASTIX	Sistema todo en uno. Amplia comunidad de apoyo. Existen algunos addons desarrollados por la comunidad que permiten hacer crecer las funcionalidades de Elastix.	Instala Muchos componentes por default. La interfaz gráfica es muy pesada. Algunos componentes no han sido actualizados en mucho tiempo. Al tener muchos componentes extras se puede ser víctima de errores de seguridad. Es de licencia tipo propietario.
---------	---	--

Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar las ventajas y desventajas del software FreePBX y las otras alternativas se optó por utilizar FreePBX, este cubre las necesidades requeridas por el proyecto.

4.3.1 FreePBX.

Es la interfaz gráfica para administrar Asterisk, es un software de código abierto con Licencia pública General GPL, que contiene un grupo de herramientas PBX basados en Asterisk. Posee un interfaz muy fácil e intuitivo, utilizado para montar servidores de comunicaciones telefónicas, que incluye: PBX IP, correo electrónico, mensajería instantánea, fax, Videoconferencias, Buzón de Voz etc. (FreePBX, 2019).

4.4 Definición protocolos y códecs.

Protocolo:

Se seleccionó el protocolo SIP, ya que cumple con las siguientes características:

- Es uno de los protocolos estándares del mercado que permite integrar innumerables equipos, softphone, etc.
- Este protocolo es nativo de Asterisk.

Códecs:

- G.711: se utilizará principalmente para las llamadas, debido a la calidad de la voz que maneja.

4.5 Elección de terminales para la implementación del proyecto.

Para la realización del proyecto Modelo de un sistema complejo basado en componentes libres que permita realizar la migración del sistema de telefonía actual del campus UABC Ensenada hacia un sistema de telefonía IP basado en Asterisk se contó con dos tipos de terminales: teléfonos IP y softphone instalados en dispositivos móviles y equipos de cómputo.

4.5.1 Softphone.

Es un software que emula un terminal telefónico con el poder realizar llamadas como se haría con un teléfono convencional pero este mediante el uso de la tecnología IP. Permite realizar llamadas a otros Softphone, teléfonos IP y teléfonos convencionales. Normalmente contienen todas las funcionalidades que tienen los teléfonos IP (Cobos y Cervel, 2014).

El softphone seleccionado fue Zoiper, debido a que cuenta con una versión gratuita.

Características:

- Software multiplataforma.
- Protocolo SIP.
- Versión no comercial.
- Audio / Video Conferencia.
- Chat / Mensajería.
- Gestión de contactos.
- Gestión de fax.

4.5.2 Teléfonos IP.

Un Teléfono IP, hablando muy ampliamente, es un teléfono diseñado para trabajar con una PBX IP. La popularidad del estándar SIP. Los teléfonos SIP de hoy en día también pueden trabajar sin ser forzados a estar en una oficina en particular o ubicación.

Los teléfonos seleccionados fueron Teléfono IP GXP1620, que son con los que cuenta la institución.

Características:

- DOS cuentas SIP.
- pantalla LCD.
- soporte multi-lenguaje.
- Tres botones programables por XML dos puertos de red.
- Audio HD.
- Cancelación de eco acústico.
- Compatibilidad con protocolos SIP.

4.6 Servidor.

Para este trabajo terminal se consideró un equipo de cómputo que tuviera la capacidad de procesar 40 usuarios y 15 llamadas simultáneas, por lo que fue necesario buscar un equipo de cómputo que contará mínimo con 2 GB de RAM, disco duro de 120 GB, una tarjeta de red y un procesador Intel i7 o de mayor capacidad de procesamiento.

La Universidad Autónoma de Baja California Campus ensenada dispone de Infraestructura para realizar la instalación y configuración de FreePBX, por lo que se utilizó el servidor Dell OPTIPLEX 7010, el cual ofrece gran rendimiento debido a su gran capacidad de procesamiento y alta memoria.

Características:

- Marca DELL modelo OPTIPLEX 7010.

- Tipo de procesador Intel i7-3770 3.4GHz.
- Memoria RAM DDR3 8 GB.
- Almacenamiento de 1 TB.

El sistema FreePBX puede ser instalado en un equipo de cómputo con capacidades limitadas o en un servidor con características técnicas de vanguardia, con el único y principal requisito que debe cubrir el equipo de cómputo es el de contar con una tarjeta de red.

Capítulo 5

5. Diseño del ambiente de pruebas.

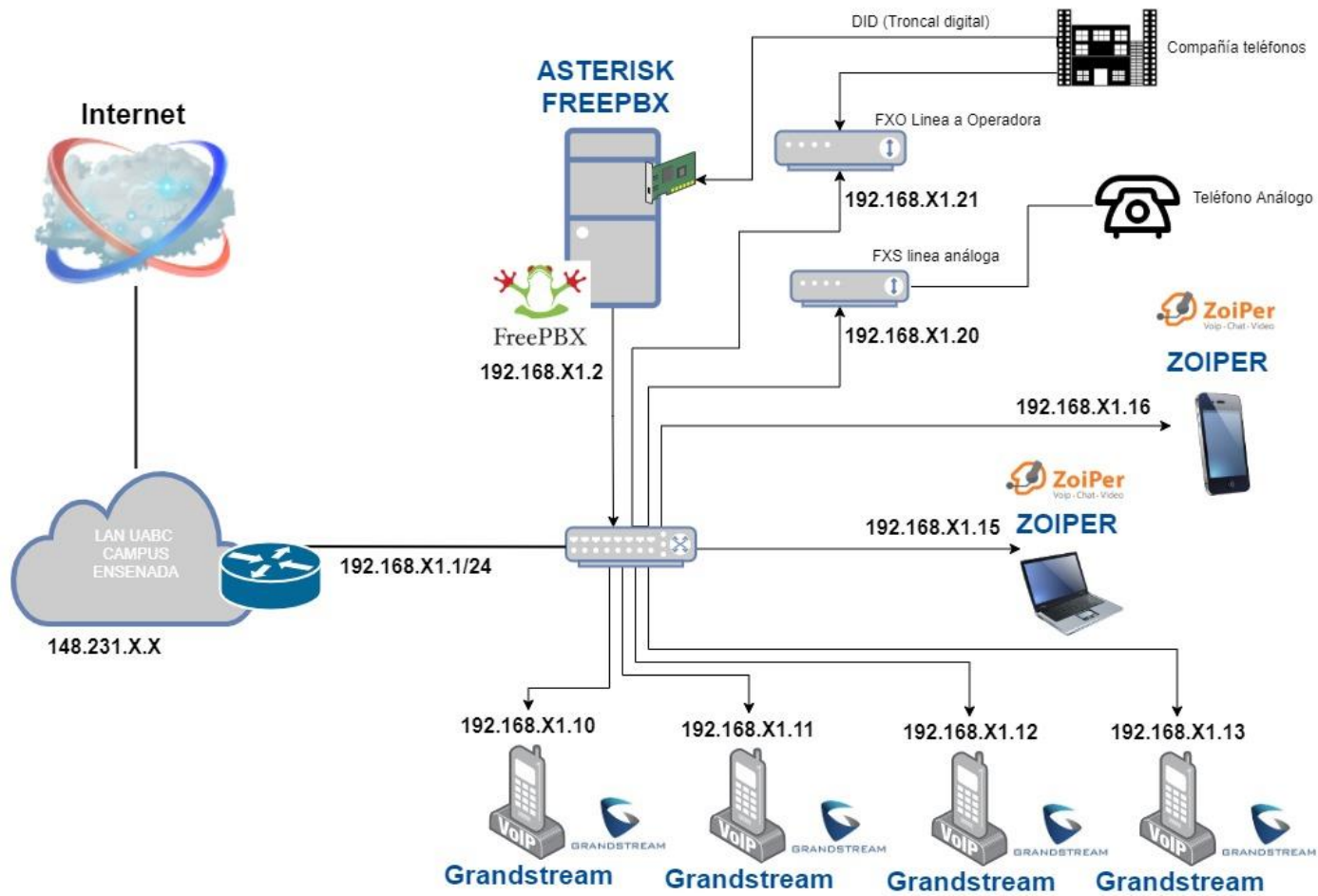
En este capítulo presenta un diagrama (Figura 7.5) donde es posible implementar la solución de comunicación a través de telefonía IP. El diseño del ambiente de pruebas, constituye un factor crítico al momento de evaluar las funcionalidades que se ofrecen con la solución de comunicación a implementar

Para ello se presentan los siguientes elementos que forman parte elemental dentro de la institución:

- Servidor VoIP.
- Creación de usuarios.
- Creación de Extensiones Telefónica Interna.
- Configuración de Softphone y teléfonos IP.

En la siguiente figura 7.5 se representa el diagrama diseñado para realizar las pruebas del modelo del sistema a implementar.

Figura 7.5 Diagrama para realizar las pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 6

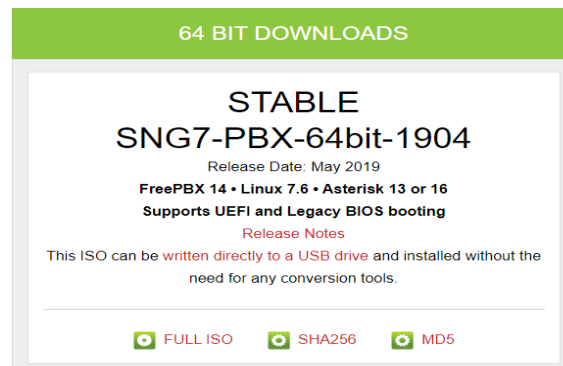
6. Proceso de implementación.

En el capítulo anterior se mostró el análisis de la situación actual del sistema telefónico de la Universidad Autónoma de Baja campus Ensenada, así como las bondades que ofrece el sistema Asterisk FreePBX, en este capítulo se habla de cómo fue la implementación de acuerdo al diseño del ambiente de pruebas realizado en el capítulo anterior.

6.1 Instalación FreePBX.

Es necesario contar con el archivo ISO para instalar el sistema FreePBX, por lo que Para Obtener el ISO de instalación del sistema FreePBX para implementación del proyecto se descargó (Figura 8.6) desde el sitio del fabricante <https://www.freepbx.org/downloads/> el archivo ISO de sistema FreePBX.

Figura 8.6 Descarga de FreePBX.



Fuente: FreePBX.org

Para realizar la instalación del sistema FreePBX se siguieron los siguientes pasos:

Copiar el archivo ISO de FreePBX a una memoria booteable mayor a 8 GB.

- Arrancar el equipo de cómputo desde el archivo ISO de la memoria booteable.
- Seguir los pasos por defecto de instalación (Figura 9.6).

Figura 9.6 Instalación de FreePBX.

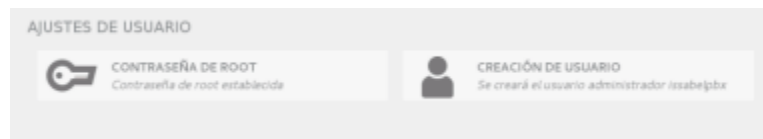
```

00: 3 Started firewalld switch root service.
Starting Switch Root...
welcome to CentOS 7!
00: 3 Stopped Switch Root.
00: 3 Created slice system-sockets@sockets.target.
00: 3 Listening on LMS2 call daemon socket.
00: 3 Stopped target Switch Root.
00: 3 Reached target Suspend.
00: 3 Set up automount Arbitrary Executable File Formats File System Automount Point.
Mounting Debug File System...
00: 3 Listening on LMS2 call daemon socket.
00: 3 Stopped Flush Journal to Persistent Storage.
00: 3 Stopped Journal Service.
Starting Journal Service...
Starting Apply Kernel Variables...
00: 3 Listening on LMS2 metadata daemon socket.
Mounting Huge Pages File System...
00: 3 Stopped target Initrd Root File System.
00: 3 Reached target Timers.
Mounting PGID Message Queue File System...
00: 3 Listening on LMS2 metadata daemon socket.
00: 3 Reached target Paths.
Starting Create Static Device Nodes in /dev...
00: 3 Created slice User and Session Slice.
00: 3 Reached target Slices.
Mounting Temporary Directory...
00: 3 Stopped target Initrd File System.
00: 3 Listening on LMS2 metadata daemon socket.
Starting Device-Mapper Multipath Device Controller...
00: 3 Listening on LMS2 metadata daemon socket.
Starting Network Root and Serial File System...
00: 3 Mounted Huge Pages File System.
00: 3 Mounted PGID Message Queue File System.
00: 3 Mounted Debug File System.
00: 3 Mounted Temporary Directory.
00: 3 Started Apply Kernel Variables.
00: 3 Started Journal Service.
FAILED! Failed to start Device-Mapper Multipath Device Controller.
See 'systemctl status multipathd.service' for details.
00: 3 Started Network Root and Serial File System.
Starting Rebuild Hardware Database...
Starting Flush Journal to Persistent Storage...
Starting Load/Save Random Seed...
Starting Rebuild Dynamic Linker Cache...
Starting Configure read-only root support...
00: 3 Started Create Static Device Nodes in /dev.
00: 3 Reached target Local File Systems (Pre).
Starting sdev Kernel Device Manager...
00: 3 Started Load/Save Random Seed.
00: 3 Started Flush Journal to Persistent Storage.
00: 3 Started Configure read-only root support.

```

- Asignar la contraseña de root (Figura 10.6).

Figura 10.6 Asignación de contraseña.



Fuente: Elaboración propia.

- Asignar finalmente la dirección IP de administración Web de FreePBX (Figura 11.6).

Figura 12.6 Configuración de VLAN.

```
TYPE="Ethernet"  
PROXY_METHOD="none"  
BROWSER_ONLY="no"  
BOOTPROTO="static"  
IPADDR="192.168.X.X"  
GATEWAY=192.168.X.X  
NETMASK=255.255.255.0  
DEFROUTE="no"  
NAME="etho.1XXX"  
DEVICE="eth0.1XXX"  
ONBOOT="YES"  
DNS0="148.231.X.X"
```

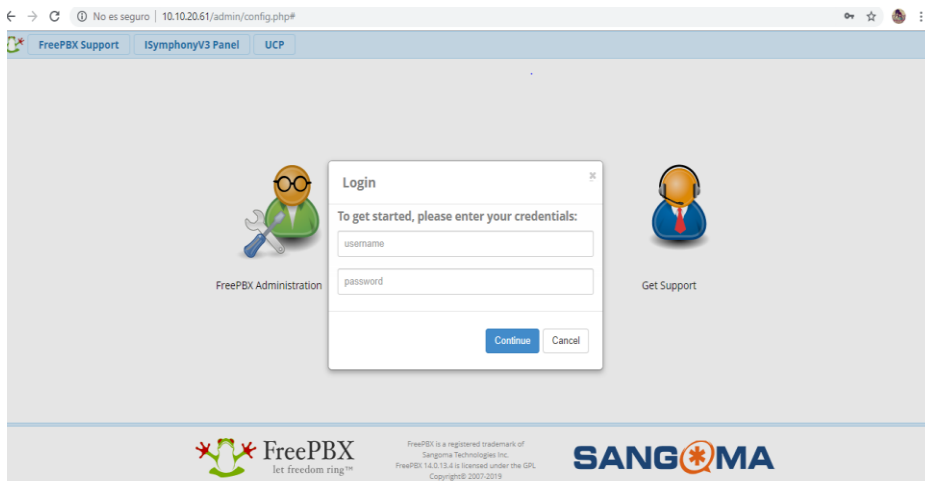
Fuente: Elaboración propia.

6.3 Administración de FreePBX.

Una vez realizada la instalación del sistema desde un equipo de la misma red ingresamos la dirección IP de nuestro sistema PBX en el navegador web (192.168.X.X), creamos un usuario y contraseña utilizado para la administración del sistema, se confirma Password, una cuenta de correo electrónico y finalmente clic sobre el botón Create Account (Figura 13.6).

- Username: --
- Password: xxxx

Figura 13.6 Acceso web a FreePBX.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14.6 se comprueba que el Asterisk está en red para acceder al modo gráfico desde cualquier navegador con la dirección IP 192.168.X.X.

Figura 14.6 Panel de configuración de FreePBX.



Fuente: Elaboración propia.

6.4 Configuración de extensiones en FreePBX.

Una extensión es como una línea telefónica que permite asignarle números a un determinado departamento, a una computadora o al dispositivo móvil para que cuando marque este número se pueda establecer la comunicación, esto se lo realiza en el gestor web haciendo clic en el menú Aplicaciones y luego Extensiones.

Previo a crear las extensiones telefónicas se considera la tabla 7.6 con información a extensiones a crear.

Tabla 7.6 Extensiones IP a crear.

Ext.	Departamento	Nombre	Dirección IP
63000	Vicerrectoría	Dr. Mónica	192.168.X.X
63001	Vicerrectoría	Karla	192.168.X.X
63020	Vicerrectoría	Paulina	192.168.X.X
63500	R.H	Alejandro	192.168.X.X
635001	R.H	Sinaí	192.168.X.X
635002	R.H	Bárbara	192.168.X.X

Fuente: Elaboración propia.

6.4.1 Creación de extensiones.

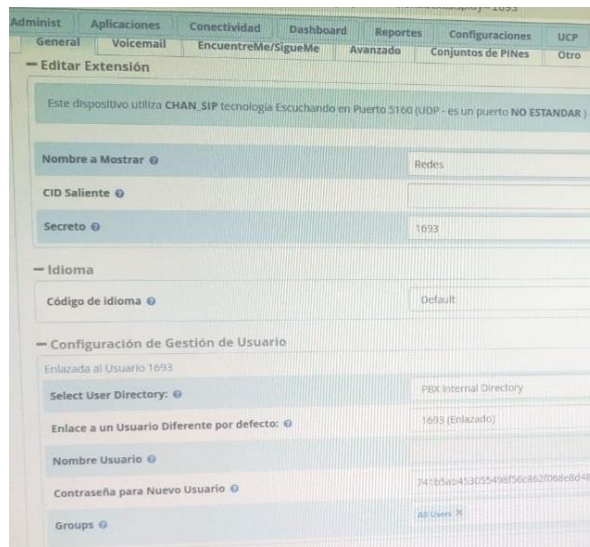
Seleccionamos Applications > Extensions > Devices > Seleccionamos Generic SIP Device > Submit.

Enseguida asignamos los datos necesarios de la extensión > Submint. (Figura 15.6).

- User Extensión: número único por el cual se identificará a una extensión.
- Display Name: nombre o etiqueta que llevará la extensión de tal manera que pueda ser identificada más allá de un número, utilizado internamente cuando se realiza una llamada saliente.
- Secret: Es la contraseña que el artefacto (teléfono, softphone, etc.) utilizará para autenticarse y registrarse con esa extensión en la PBX.
- Ring Time: se ubica el tiempo que quieren que suene el teléfono.
- Nat: Se escribe "NO" siempre que se utilice el protocolo SIP.
- Inbout External Call: always graba la llamada externa entrante.
- Outbout External Call: always graba la llamada externa saliente.

- Inboud Internal Call: always graba la llamada interna entrante.
- Outboud Internal Call: always graba la llamada interna saliente.
- Voice Mail/status: Enable activamos.
- Voicemail Password: Escribimos una contraseña.

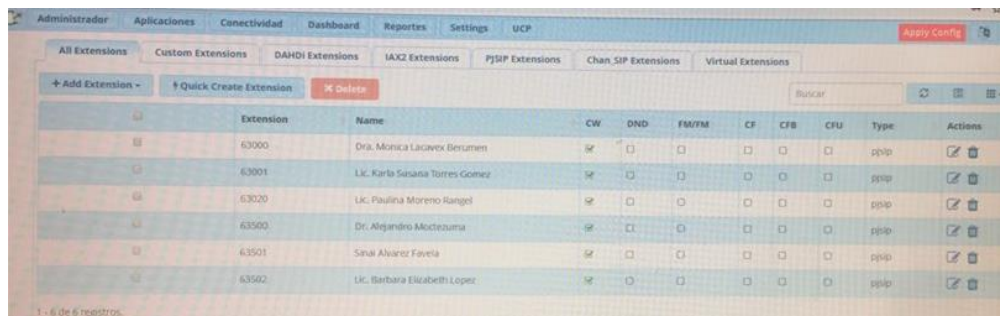
Figura 15.6 Pantalla de configuración de Extensiones.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se realiza las configuraciones, haciendo clic en Apply Config. (Figura 16.6).

Figura 16.6 Pantalla de extensiones creadas.



Fuente: Elaboración propia.

6.5 Implementación de teléfonos IP Grandstream.

Todo teléfono Grandstream (Figura 17.6) de fábrica viene preparado para recibir una dirección IP utilizando DHCP, antes de iniciar la configuración de algún

teléfono la dirección IP puede ser consultada desde el teléfono al presionar la tecla menú y dirigiéndose hasta la opción de status.

Figura 17. 6 Configuración de IP privada en teléfono Grand Stream.



Fuente: Elaboración propia.

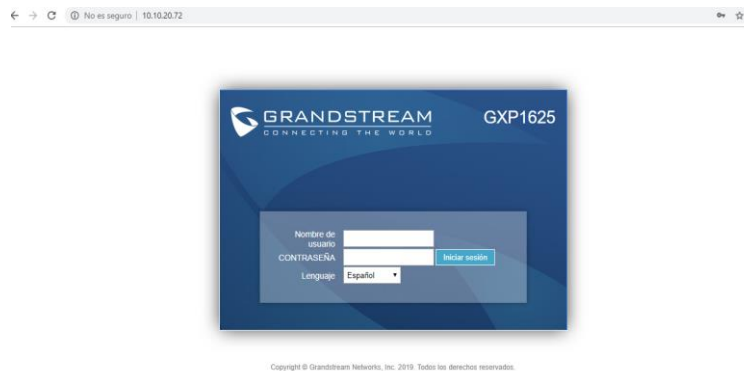
En este caso se configuraron los teléfonos Grandstream:

- GXP1620.
- GXP1625.

Los teléfonos se pueden acceder vía web desde un navegador de internet usando su IP asignada (Figura 18.6).

Se ingresó la dirección de IP asignada en el diagrama al teléfono IP Grand Stream para poder realizar la configuración del equipo mediante la interfaz web y de este modo configurar los parámetros necesarios para agregarla al servidor Asterisk.

Figura 18.6 Configuración de web de teléfono Grandstream.



Fuente: Elaboración propia.

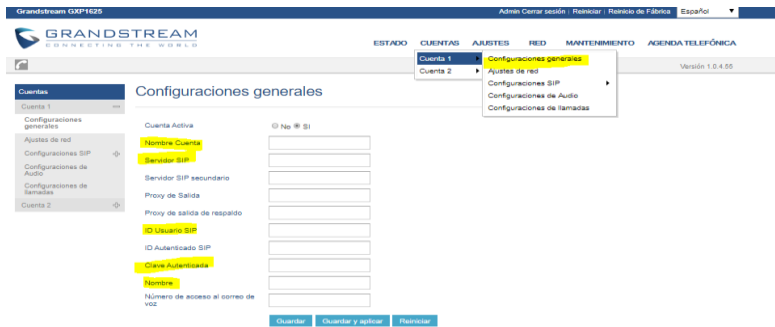
6.5.1 Configuración de Cuenta SIP.

Para configurar una cuenta SIP, solo basta con ir hasta la función Account (Figura 19.6), para el caso de los GXP2000 y Grand Stream GXV3140 la cantidad de líneas a configurar puede variar dependiendo del modelo. Antes de configurar una cuenta SIP debe tener claro el proxy-SIP, cuenta SIP y contraseña SIP (Figura 20.6).

Los campos mínimos requeridos para que el teléfono funcione como una extensión son:

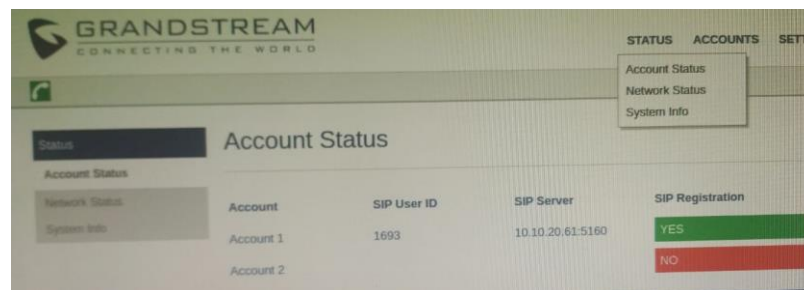
- SIP Server: Es la dirección IP de la Red de la UABC Campus Ensenada.
- SIP User ID: Es la extensión creada en FreePBX
- Authenticate ID: Es la extensión creada en FreePBX
- Authenticate Password: Es la contraseña de la cuenta SIP de la extensión

Figura 19.6 Pantalla de configuración de cuenta SIP.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.6 Cuenta SIP creada.



Fuente: Elaboración propia.

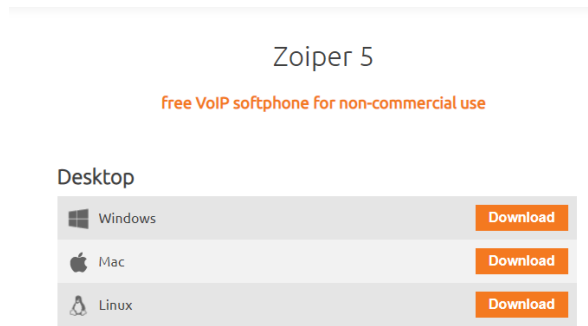
6.6 Implementación de Softphone.

Un softphone es un teléfono que funciona por software. Entre los múltiples softphone gratuitos que hay en el mercado hemos elegido el Zoiper por su fiabilidad y fácil configuración.

6.6.1 instalaciones de Zoiper.

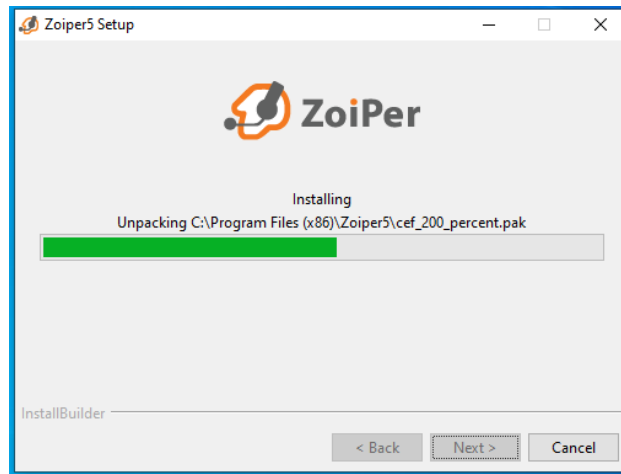
Accedemos a la página del softphone (<https://www.zoiper.com>) > Descargamos e instalamos el software en dos equipos que fungirán como clientes (Figura 21.6 y Figura 22.6).

Figura 21.6 Descarga de softphone.



Fuente: <https://www.zoiper.com>.

Figura 22.6 Instalación de softphone Zoiper.

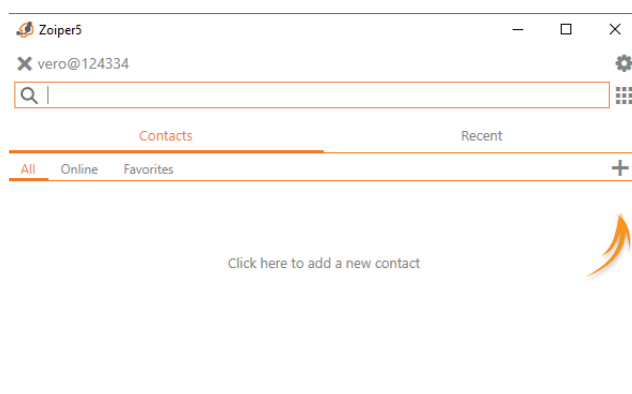


Fuente: <https://www.zoiper.com>.

6.6.2 Configuración de softphone Zoiper.

Una vez instalado en el equipo procedemos a configurarlo para la realización de llamadas VoIP. Abrimos el softphone Zoiper > Settings > Account Settings > Configuramos la cuenta de usuario de para poder realizar y recibir llamadas (Figura 23.6).

Figura 23.6 Pantalla principal de configuración Zoiper.

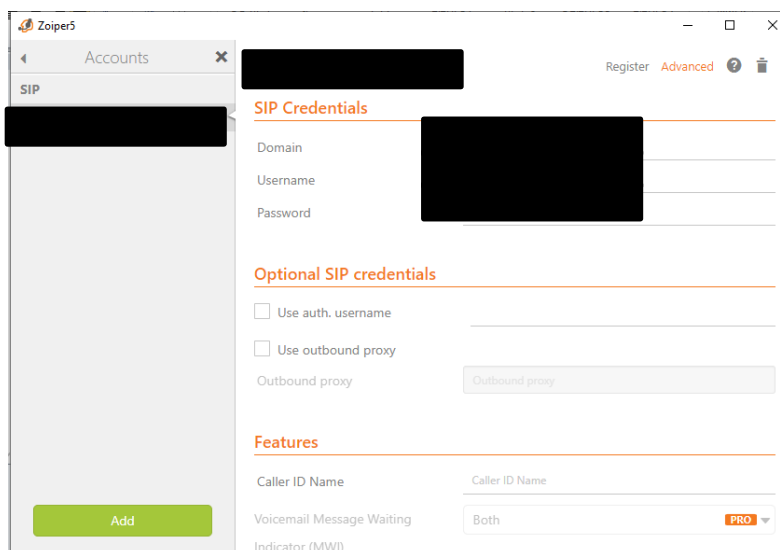


Fuente: Elaboración propia.

Configuramos los siguientes datos (Figura 24.6):

- Account name: nombre de la cuenta.
- User ID: número de la extensión con la cual se cargó en el servidor VoIP.
- Domain: IP o nombre del dominio correspondiente al servidor VoIP.
- Password: contraseña utilizada por el usuario para registrarse en el servidor, esta debe ser la misma que la establecida en Free PBX.

Figura 24.6 Configuración de Softphone Zoiper.



Fuente: Elaboración propia

El proceso de configuración es sencillo y por lo general solo se requieren los datos de la cuenta de usuario, asignada por el administrador. En algunos casos es

Edit Trunk

- Trunk Name: este es el nombre que identificará la troncal.
- Outbound CallerID: aquí pondremos los parámetros de dirección IP, (Figura 27. 6).

Figura 27.6 Configuración de Troncal SIP.

Edit Trunk

In use by 1 route

General Settings

Trunk Name: [Redacted]

Outbound CallerID: [Redacted]

CID Options: Allow Any CID

Maximum Channels: 10

Asterisk Trunk Dial Options: Tt Override

Continue if Busy: Check to always try next trunk

Disable Trunk: Disable

Fuente: Elaboración propia.

6.8 Plan de marcación.

6.8.1 Rutas Salientes.

En esta opción se configura la manera en que salen las llamadas, es decir que ruta tomara cada llamada que sale (Figura 28. 6).

Configuraciones:

- Route Name: Se escribió el nombre para identificar la ruta.
- Dial Patterns: Se especificaron las reglas de marcación para la llamada.
- Trunk Sequence: En este campo se seleccionó la troncal por dónde saldrá la llamada.

Figura 28. 6 Configuración de rutas salientes.

The screenshot shows the Asterisk web interface for configuring an outgoing route. The main heading is "Route: laranitadeanura". Below it are links for "Delete Route laranitadeanura" and "Edit Extension 1111 (1111)". A red box highlights the "Edit Incoming Route" section, which contains the following fields:

- Description: laranitadeanura
- DID Number: 1152630223
- CallerID Number: (empty)
- CID Priority Route:

Below this are sections for "Options", "Privacy", and "Call Recording". The "Options" section includes fields for Alert Info, CID name prefix, Music On Hold (set to Default), Signal RINGING, Reject Reverse Charges, and Pause Before Answer. The "Privacy" section has a Privacy Manager dropdown set to "No". The "Call Recording" section has a note about option changes and a Call Recording dropdown set to "Don't Care".

Fuente: Anura S.A. 2017.

6.8.2 Rutas entrantes.

Esta opción como su nombre indica esta relacionada con llamadas entrantes. Aquí se filtran las llamadas entrantes dependiendo de los parámetros configurados (Figura 29.6).

- Description: Nombre para identificar a esa ruta entrante.
- DID Number: DDI por el cual queremos filtrar una cierta llamada.
- Caller ID Number: Patrón de Caller ID por el cual queremos filtrar.

Figura 29.6 Configuración de rutas entrantes.

Admin Applications Connectivity Reports Settings UCI Logout: citilan

Edit Route

Delete Route larantasale

Add Route
larantasale

Route Settings

Note: Extension Routes is not registered

Route Name: larantasale

Route CID: 1152630223 Override Extension

Route Password:

Route Type: Emergency Intra-Company

Music On Hold?: default

Time Group: ---Permanent Route---

Route Position: ---No Change---

Additional Settings

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

Call Recording: Force Yes Don't Care No Never

PIN Set: None

Dial Patterns that will use this Route

(prepend) + prefix | [/ CallerID]

(prepend) + prefix | [match pattern / CallerID]

+ Add More Dial Pattern Fields

Fuente: Anura S.A. 2017.

6.9 Configuración del Buzón de Voz.

En la barra de menú seleccionamos >Applications >Extensions > Seleccionamos la extensión a la que queremos habilitar el buzón de voz > Voicemail.

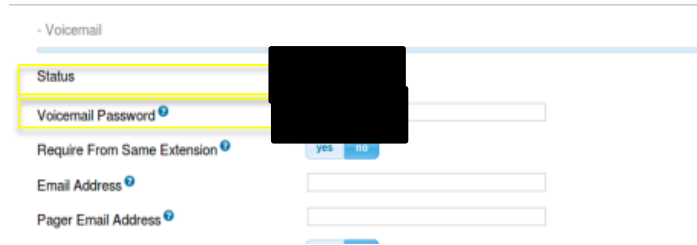
Para la configuración se buzón de voz

- Voicemail: Enable.
- Password: agregamos un password.

- Cambiamos el idioma a español >Settings >Asterisk SIP Settings.

Con esto ya tendríamos habilitado el buzón de voz para la extensión (Figura 30.6).

Figura 30.6 Configuración de Buzón de voz.



The screenshot shows the 'Voicemail' configuration page. The 'Status' field is highlighted in yellow and set to 'Enabled'. The 'Voicemail Password' field is also highlighted in yellow and is empty. Below these are fields for 'Require From Same Extension' (set to 'yes'), 'Email Address', and 'Pager Email Address'.

Fuente: Elaboración propia.

6.10 Configuración de IVR.

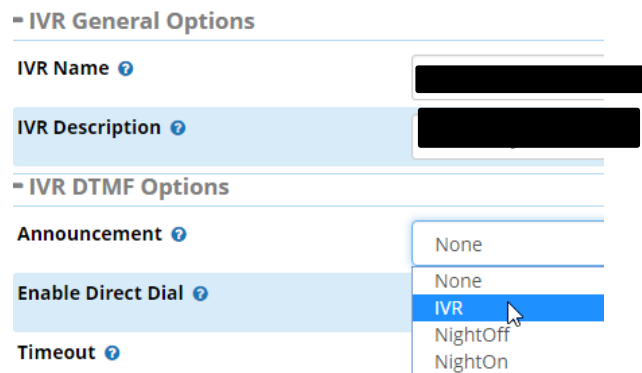
En opción se configuro la operadora automática o lo que es lo mismo, los IVR (Interactive Voice Response).

En la barra de menú seleccionamos >Applications >IVR > Seleccionamos (Figura 31.6).

Se configuro:

- Change Name: Nombre de la IVR.
- Announcement: Se seleccionó el mensaje de audio.

Figura 31.6 Configuración de IVR.



The screenshot shows the 'IVR General Options' and 'IVR DTMF Options' sections. In the 'IVR DTMF Options' section, the 'Announcement' dropdown menu is open, showing options: 'None', 'None', 'IVR' (highlighted), 'NightOff', and 'NightOn'. The 'Enable Direct Dial' dropdown is also open, showing 'None' and 'IVR'.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 7

7. Pruebas de Funcionalidad Sistema.

En el capítulo anterior se mostró como fue la instalación del sistema, en este capítulo se muestra como se realizaron las pruebas del sistema.

Después de haber instalado y configurado FreePBX, procedimos a realizar las pruebas de interconectividad del sistema telefónico.

Dentro del alcance del modelo de solución del sistema de telefonía propuesto se ha estimado la instalación de 9 extensiones, por lo cual se requiere diseñar un plan de direccionamiento IP para esta red.

Para la instalación y configuración del sistema de telefonía se implementará sobre una red e tipo C con direccionamiento 192.168.0.0 para lo cual se creará un VLAN para tener separada esta red Para la configuración de los números de las extensiones se conservará la misma nomenclatura actual existente en el sistema de telefonía ALCATEL IP PBX.

7.1 Criterios de Funcionalidad del sistema a evaluar.

Lo criterios a evaluar para efectuar las pruebas de funcionalidad (Tabla 8.7) fueron los siguientes:

- Se establece la comunicación a través de dos extensiones creadas en el FreePBX, una extensión local y otra remota.
- Llamadas entre una extensión IP y una línea conectada a la red telefónica convencional
- Se establece la comunicación a través de una línea telefónica convencional
- Llamadas entre extensión IP-PBX y una extensión PBX
- Se logra establecer llamadas entre las extensiones de FreePBX y ALCATEL IP PBX
- Se realizaron pruebas de marcación a números Locales.

Tabla 8.7 Evaluación de pruebas.

NÚMERO DE PRUEBA	DESCRIPCIÓN DE PRUEBA	RESULTADO		OBSERVACIONES
		EXITOSO	FALLIDO	
1	Llamadas entre extensiones SIP.	OK		Se establece la comunicación a través de dos extensiones creadas en FreePBX.
2	Llamadas entre una extensión IP y una línea conectada a la MPLS.	OK		Se establece la comunicación a través de una línea telefónica MPLS.
3	Llamadas entre una extensión IP y una línea convencional.	OK		Se establece la comunicación a través de una línea convencional hacia fuera de la MPLS.
4	Llamada entre una extensión IP-PBX y una PBX.	OK		Se establece la comunicación entre la línea creada en FreePBX y una creada en ALCATEL PBX.
5	Llamadas simultaneas de las extensiones IP creadas.	OK		Se establece la comunicación simultánea entre 3 líneas hacia líneas convencionales.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32.7 podemos observar el ambiente de pruebas que se llevó a cabo durante la realización del proyecto, cabe mencionar que se limitó a una muestra de un departamento (vicerrectoría) de la institución.

Figura 32.7 Ambiente de pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 8

8. Seguridad en el Sistema VoIP.

En cualquier sistema informativo la seguridad es fundamental para evitar correr cualquier tipo de riesgo, para este proyecto es importante mantener la seguridad del sistema Asterisk FreePBX, de modo se evitan riesgos de pérdida de información, fraudes etc.

En este apartado se destacan algunas recomendaciones de seguridad para el uso adecuado del sistema Asterisk-FREEPBX.

8.1 Políticas de Seguridad.

- Asignar a personal responsable para realizar el monitoreo del Sistema Asterisk.
- Documentar cualquier cambio o manipulación realizada en el sistema Asterisk-FREEPBX, ya sea nuevos usuarios, nuevos equipos, cambios de contraseña etc.
- Controlar el acceso a la red inalámbrica con claves de acceso previamente autorizadas por el administrador de la red.
- Mantener seguro el lugar donde se alojará el servidor Asterisk, de modo en que solo tengan acceso personas autorizadas.
- Mantener los documentos de configuración y documentación técnica del sistema como confidenciales con acceso solo al personal autorizado.

8.2 Recomendaciones Generales de Seguridad en el Sistema Asterisk.

- Diferencia los nombres de tus usuarios SIP de los de tus extensiones, Si bien es conveniente tener la extensión “1234” (que es también el usuario “1234”) aplicada en la entrada SIP “1234”, esto es un blanco fácil para los atacantes a la hora de adivinar los nombres de autenticación SIP. Utiliza la dirección MAC del dispositivo.

- Limitar el número de llamadas simultáneas, si nuestro sistema se viera comprometido esta es una configuración que puede ayudarnos a reducir el daño que causaría el atacante ya que este podría realizar múltiples llamadas a la vez.
- Revisar constantemente el registro de llamadas del sistema Asterisk FreePBX, Asterisk guarda registro de todas las llamadas entrantes y salientes, por lo que estarlas monitoreando constantemente nos ayudará a identificar intrusos en nuestro sistema.

8.3 Recomendaciones de seguridad para los Usuarios.

- Utilizar contraseñas seguras.
- Definir un algoritmo para la creación de contraseñas seguras para usuarios y acceso al sistema.
- Definir perfiles y permisos para cada extensión, con el fin de controlar la administración del sistema Asterisk FreePBX.

8.4 Recomendaciones para la configuración de Seguridad para el sistema Asterisk.

- Bloqueo El puerto 5060: De esta manera no podrán acceder a servidor FreePBX desde fuera, por defecto el puerto 5060 permite las comunicaciones originadas desde dentro de la red local, si se abre el puerto 5060 cualquiera pueda llegar a intentar manipular el servidor Asterisk.
- Implementar Fail2Ban: Fail2Ban es una herramienta utilizada para detener accesos por fuerza bruta mediante IPTables. Su funcionamiento se basa en el análisis de logs en busca de patrones. Cuando detecta cierto número de intentos en un intervalo de tiempo, bloquea la IP del atacante añadiendo una regla de rechazo en IpTables.
- Revisa la configuración INSECURE; Cuando configuramos las extensiones, verificamos el NO tener estos parámetros en nuestra configuración "insecure=very" o "insecure=invite" en la definición de una extensión interna de

Asterisk ya que esta configuración permite que cualquiera pueda hacer llamadas sin autenticarse con contraseña.

9. Anexos.

9.1 Glosario de Términos.

ASTERISK: Software de licencia GPL que permite constituir centrales telefónicas (PBX) utilizando telefonía IP.

GATEWAYS: enlace de la red VoIP con la red telefónica analógica.

PBX: Corresponde a una centralita IP, cuya función es conmutar todo el tráfico de VoIP.

VoIP: Voz sobre IP, Hardware y software que permite tener telefonía por paquetes (Internet).

SIP: Este protocolo es utilizado en Asterisk para señalización y permite toda la gestión (creación. Modificación y control de sesiones de las llamadas).

CODEC: Programas y/o algoritmos que sirven para compresión y descompresión de la voz.

DID: Un DID le permite a la compañía asignar un número personal para cada empleado, sin la necesidad de una línea telefónica física separada, se conecte al PBX.

E1: Formato de transmisión digital, representa el estándar de conexión de las líneas telefónicas y trabajan para el envío de datos hasta 1.920 Mbps.

VLAN: Las VLAN son redes lógicas independientes dentro de una misma red física. Es posible implementar varias VLAN en un único conmutador físico o en una única red física. Son útiles para el tamaño del dominio de difusión y ayudan en la administración de la red, separando segmentos lógicos de una red de área local.

Comunicaciones Unificadas: Es la Integración de los servicios de telefonía, mensajería unificada la misma bandeja de entrada para correo electrónico, correo de voz y fax.

9.2 Lista de Abreviaturas.

UABC: Universidad Autónoma de Baja California.

VOIP: Voz sobre Protocolo de Internet o Telefonía IP.

VLAN: Red de Área Local Virtual.

GLP: Licencia Pública General.

SIP: Protocolo de inicio de sesión.

PBX: Private Branch Exchange.

IP: Protocolo de Internet.

VoIP: Voz sobre IP.

DID: Direct Inward Dialing.

MPLS: Conmutación de etiquetas multiprotocolo.

10. Conclusiones y Recomendaciones.

10.1 Conclusiones.

Después de trabajar en este proyecto de trabajo terminal, se adquirió mucho conocimiento sobre el tema de telefonía, cómo funcionan los sistemas IP PBX, en especial el de la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada. Se investigó acerca de tema (redes MPLS, Protocolos, Codecs, etc.), para entender mucho mejor el planteamiento del problema, una vez hecha la investigación, se realizó un análisis de la situación actual del sistema telefónico que funciona con Alcatel IP PBX, para posteriormente plasmarlo en diagramas, para que fuese mucho más fácil identificar los componentes y enlaces que se tienen actualmente, así como identificar las líneas telefónicas análogas y digitales.

En este trabajo se comprobó la viabilidad para la implementación de un sistema VOIP mediante un servidor Asterisk, sin embargo cabe mencionar que para el reemplazo del sistema actual es necesarios contemplar otros requerimientos como lo es la un equipo de cómputo de mayor procesamiento que el utilizado para realizar el modelo de implementación debido a que los usuarios en el ambiente real superan las 200 extensiones, así como la compra de una tarjeta E1.

En la Universidad Autónoma de Baja California la tendencia actual es la utilización de herramientas de software libre, esto es beneficioso ya que podemos descargarlo de la web sin tener pagar el licenciamiento.

Con la implementación de éste sistema, se logran grandes ventajas tales como:

- Escalabilidad en número de extensiones.
- Alternativas a diferentes tarjetas fxs/fxo, al elegir la adecuada de acuerdo a cada necesidad, ya sea en marca y en modelo.
- Compatibilidad con tecnologías de otros fabricantes.

10.2 Recomendaciones.

- Para mejorar tecnológicamente los medios de comunicación, podemos emplear líneas digitales (líneas SIP), que reemplacen a las actuales líneas analógicas.
- Esta implementación es un punto de partida para que todos los Campus de la Universidad de Autónoma de Baja California implementen este tipo de tecnologías en su sistema Telefónico, esto reducirá bastante el gasto operativo de la UABC.
- Establecer políticas de seguridad de la información y acceso a los medios, esto ayudará que los usuarios hagan buen uso de los dispositivos informáticos, específicamente en el uso de los teléfonos IP y evitar comprometer los servicios del sistema VOIP.

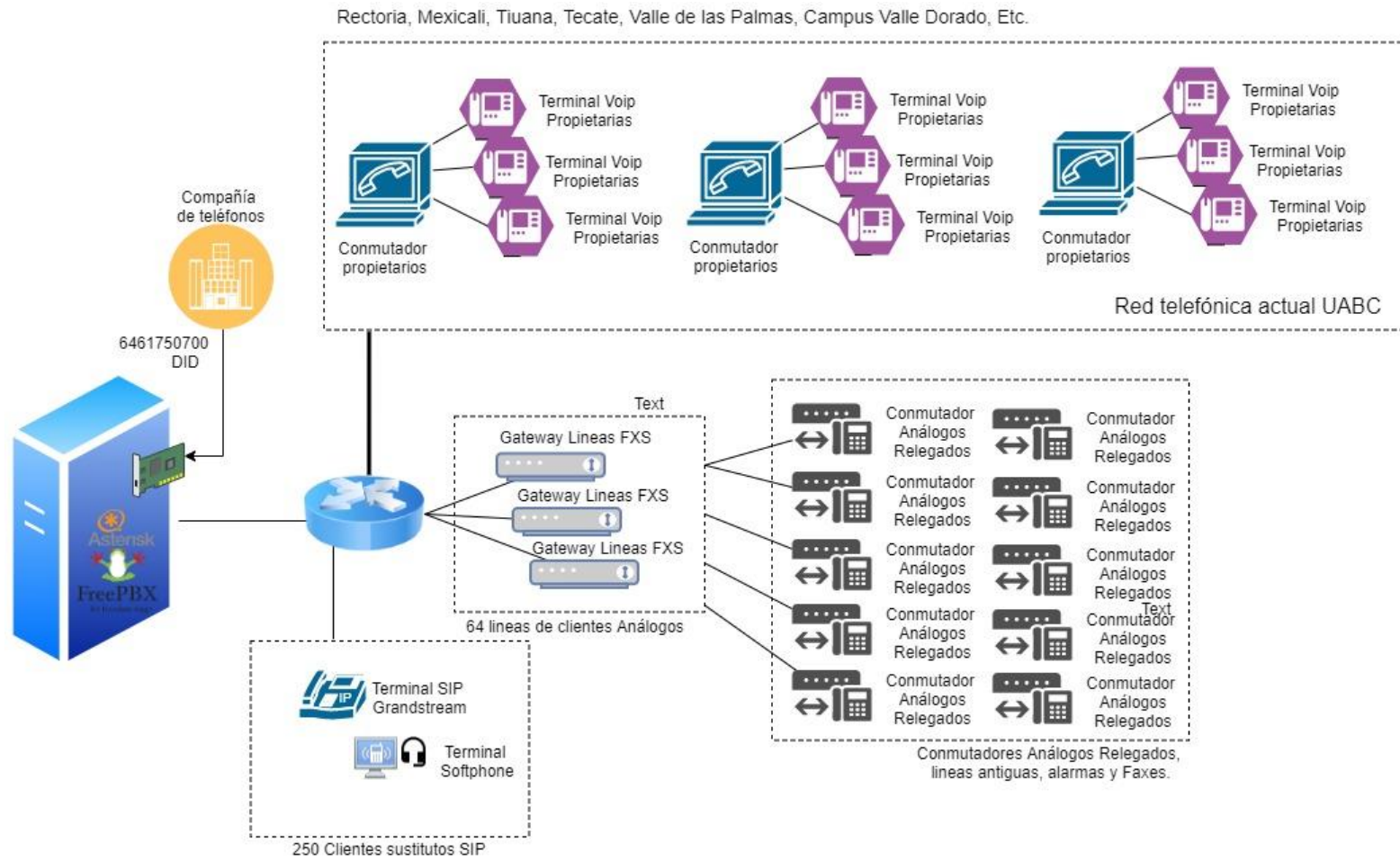
10.2.1 Modelo de implementación para reemplazar al sistema Alcatel IP PBX.

Modelo de un sistema complejo basado en componentes libres para la migración del sistema de telefonía IP PBX propietario hacia un sistema de telefonía IP basado en Asterisk.

Sustento: Es un sistema complejo porque se compone de múltiples elementos que en su conjunto forman la central telefónica VOIP.

Para comunicar varias centrales telefónicas de diferentes marcas y capacidades necesita de varios elementos que cumplen con funciones específicas y variables por lo que nuestro Sistema es complejo (Figura 33.10).

Figura 33.10 Modelo del sistema complejo basado en Asterisk.



Fuente: Elaboración Propia.

Definición de complejo:

1. *Adj.* Dícese de lo que se compone de elementos diversos. (Digest, 1972).

Ejemplos de componentes:

Tarjetas: E1, T1, FXO, FXS, SIM.

Red: Gateway, Conmutadores Análogos, Router, Modem.

Terminales: Teléfonos IP, Teléfonos Análogos, Softphone.

Software: Protocolos y Codecs.

10.2.2 Presupuesto para arrancar el proyecto de implementación de Asterisk.

Se presenta un presupuesto con los equipos que se requiere adquirir para la realización del proyecto, cabe destacar que los equipos fueron elegidos gracias a una comparación de precios de los diferentes proveedores de telefonía VOIP.

10.2.2.1 Servidor Dell T430.

Se consideró un equipo de cómputo que tuviera la capacidad de procesar 200 usuarios y 30 llamadas simultáneas, por lo que fue necesario buscar un equipo de cómputo que contará mínimo con 8 GB de RAM, disco duro de 240 GB, una tarjeta de red y un procesador Intel i7 o de mayor capacidad de procesamiento.

Características:

- Procesador: Intel XEON E5 2650 V3.
- RAM: 64 GB.
- Almacenamiento: 2 TB HDD y 240 SSD.
- Fuente de poder: PLATINUM 750.

10.2.2.2 Tarjeta Digital Digium.

Para convertir el Equipo de cómputo en un servidor Asterisk es necesario adquirir una tarjeta Digital Digium, Las tarjetas Digium son compatibles con todas las versiones de Asterisk, debido a que son Construidas exclusivamente para sistemas de comunicaciones basados en Asterisk.

Características:

- Hasta 24 (T1 / J1) o 30 (E1) llamadas simultáneas por tramo (48 llamadas T1 / J1 en total y 60 llamadas E1 en total por tarjeta).
- Admite conexiones de interfaz física T1, E1 y J1.
- Módulo de cancelación de eco de hardware opcional de 128 ms.
- El soporte de protocolo incluye: ISDN PRI, Robbed-Bit, CAS.
- Puerto estándar de la industria RJ-45.
- Disponible en formato PCI y PCI Express.
- 2 puertos / 2 vanos.
- 5 años de garantía.
- Garantía de riesgo Digium ESP.
- Compatible con Asterisk y DAHDI (se requiere DAHDI 2.8 o posterior para el TE235).
- Admite Asterisk y DAHDI (se requiere DAHDI 2.10 o posterior para el TE236).
- Compatible con Switchvox (se requiere Switchvox 5.8.1 o posterior para el TE235).
- Switchvox compatible (se requiere Switchvox 6.1 para la tarjeta TE236).

10.2.2.3 Teléfonos IP.

Los teléfonos IP GRANDSTREAM GXP1610 HD IP PHONE , es simple de usar debido a que son fáciles de instalar, configurar, actualizar, además de ser eficientes, por otro lado la Universidad Autónoma de Baja California campus Ensenada cuenta con veinte equipos telefónicos Grandstream, por lo que utilizar equipos de la misma marca hace más fácil la instalación y configuración.

Características:

- Una sola cuenta SIP, hasta 2 estados de llamada, 3 teclas XML programables sensibles al contexto, conferencia de 3 vías, soporte multilinguaje.

- Tono de llamada/tono de espera con música personalizada e integración con aplicaciones Web y empresariales avanzadas, servicio de clima local
- Puertos dobles conmutados de 10/100 Mbps.
- Uso con el IP PBX serie UCM6100 de Grandstream para aprovisionamiento de la función Zero-Config, grabación de llamada con sólo presionar 1 botón y más.
- Altavoz manos libres full dúplex con cancelación avanzada de eco acústico, Electronic Hook Switch (EHS) con audífonos Plantronics.
- Aprovisionamiento automatizado usando el TR-069 o archivo de configuración XML cifrado, SRTP y TLS para protección de seguridad avanzada, 802.1x para control de acceso a medios.
- Pantalla LCD de 132 x 48 pixeles.
- Amplio directorio telefónico.

10.2.2.4 Diademas para Softphone.

La Diadema Plantronics con Micrófono M214C Alámbrico, 2.5mm, está Diseñada especialmente para su uso en casa o en una oficina es una solución económica de manos libres para realizar llamadas desde la PC, cuenta con una diadema ajustable para un ajuste seguro y cómodo.

Características:

- El auricular es compatible con dispositivos con clavija de 2,5 mm.
- Micrófono con brazo con tecnología de anulación de ruido que mejora la claridad de la voz.
- Diseño ligero sobre la cabeza con una diadema ajustable que proporciona un ajuste cómodo y seguro.
- El diseño de un solo auricular permite tener un oído puesto en el hogar.
- Los controles de volumen y mute en línea de una pulsación facilitan la gestión del sonido.

10.2.2.5 Gateway.

10.2.2.5.1 Gateway grandstream HT814.

El Gateway grandstream HT814 lo utilizaremos para comunicar los conmutadores análogos a la red.

Características:

- Admite 2 perfiles SIP a través de 4 puertos FXS y puertos duales Gigabit.
- Incluye un enrutador NAT incorporado que puede manejar velocidades de enrutamiento de hasta 100 MBps.
- Tecnología de cifrado de seguridad TLS y SRTP para proteger llamadas y cuentas.
- Las opciones de aprovisionamiento automatizado incluyen TR-069 y archivos de configuración XML.
- Admite conferencias de voz de 3 vías.
- El servidor SIP de conmutación por error cambia automáticamente al servidor secundario si el servidor principal pierde la conexión.
- Admite fax T.38 para crear fax sobre IP.
- Admite una amplia gama de formatos de identificación de llamadas.
- Usar con la serie UCM de IP PBX de Grandstream para aprovisionamiento de configuración cero.

10.2.2.5.2 Gateway grandstream GXW4200.

El Gateway grandstream GXW4200 lo utilizaremos para dotar de líneas analógicas al servidor Asterisk.

Características:

- Puertos FXS 32.
- 2 conectores Telco de 50 pines.
- 1 puerto de red Gigabit.

- Pantalla gráfica retroiluminada de 132x48 con soporte para múltiples idiomas.
- 4 perfiles de servidor SIP por sistema, cuenta SIP independiente por puerto.
- Diseñado y probado para una interoperabilidad total con los principales IP-PBX, conmutadores de software y entornos basados en SIP.
- Protección de seguridad avanzada con SRTP / TLS / HTTPS.

En la tabla 9.10 se presenta el presupuesto propuesto para la implementación del modelo funcional del sistema telefónico complejo Alcatel FreePBX.

Tabla 9.10 Presupuesto de implementación de Asterisk.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	CANTIDA D	TOTAL
Servidor	Servidor Dell T430	64,960.00	1	64,960.00
Tarjeta Digital Digium	1TE235BF - Cancelación de eco de hardware y tarjeta T1 / E1 / J1 / PRI PCI-Express x1.	1,295.00	1	12,950.00
Gateway	Grandstream Gateway Para Rack GXW4248, 48x FXS	31,331.00	1	31,331.00
Servidor DIA			TOTAL	109,241.00
Gateway	Gateway Grandstream HT814	2,261.00	6	13,566.00
Auriculares para Softphone	Plantronics Diadema con Micrófono M214C, Alámbrico, 2.5mm	397.00	50	19,850.00
Teléfonos IP	GRANDSTREAM GXP1610 HD IP PHONE	699.00	200	139,800.00
CLIENTES SIP ESCUELAS, FACULTADES Y DEPARTAMENTOS			TOTAL	173,216.00

Fuente: Elaboración propia.

11. Referencias.

- Almeida A. (2015) implementar una central telefónica IP basada en tecnología open source en la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. Tesis de grado. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9946/1/PTG-191-Almeida%20Arboleda%20Ronald%20Edmundo.pdf>
- Barberan P. (2009). Telecomunicaciones especialidad Sistemas Electrónicos EPSEVG. Tesis de grado. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6798/Mem%20ria.pdf?sequence=2>
- Bonilla A. (2017). Estudio para la implantación de un sistema de telefonía sobre voz/IP con servidor Asterisk para el hospital del DIA IESS de Nueva Loja. Tesis de Grado. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14125/Caso%20de%20Estudio%20Redes%20de%20Comunicaci%C3%B3n%20Wilson%20Bonilla.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Caldera y Suazo. (s/f). Módulo III: Telefonía IP. Recuperado de: <http://ribuni.uni.edu.ni/1261/1/25717-MIIITIP.pdf>
- Cisco. (2016). voz sobre IP – Consumo de Ancho de Banda por Llamada. Recuperado de: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.pdf
- Cobos F. y Cervel A. (2014). Aprendizaje, simulación y desarrollo sobre las tecnologías de voz y datos. Recuperado de: http://oa.upm.es/33821/1/PFC_david_cobos_adrian_cervel.pdf
- FreePBX. (2018). FreePBX. Recuperado de: <https://www.freepbx.org/>
- Gómez C. (2011). Telefonía IP basada en software libre para mejorar las comunicaciones de voz en MAINT CÍA. LTDA. Tesis de grado. Recuperado de:

http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/443/1/Tesis_t656ec.pdf

Martínez G. (2013). Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. Recuperado de: https://www.academia.edu/6251321/M%C3%A9todos_t%C3%A9cnicas_e_instrumentos_de_investigaci%C3%B3n

Readers D. (1974) Gran diccionario enciclopédico ilustrado de selecciones de Readers Digest (Tomo II). México D.F: Convención de Buenos Aires 1910, Convención Interamericana y convención universal de derechos de Autor. pág. 292.

Rusu (s/f) Metodología de la Investigación. Recuperado de: http://zeus.inf.ucv.cl/~rsoto/cursos/DII711/Cap4_DII711.pdf

Soler P. (s/f). Diseño e implementación de una solución de VoIP. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8373/Memoria%20PF%20-%20Erika%20Soler.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

UDLAP (2019). Capítulo 2 Voz sobre IP. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo2.pdf

Zamora y Fuentes (2009). Implementación de servicio de voz sobre IP, para el personal de F.A. en el extranjero a través de la plataforma Asterisk. Tesis de maestría. Recuperado de: <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/155/1/621.385-Z25i.pdf>