

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



**"PROPUESTA DE DISEÑO PARA IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR VOIP
CON ASTERISK Y RASPBERRY PI EN UNA OFICINA DE VILLA EL
SALVADOR"**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

LLONTOP DIAZ GIANMARCO CESAR

Villa el Salvador

2015

DEDICATORIA

A mis padres, tíos y amigos
que me han apoyado toda mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme apoyado todos estos años de carrera y dado siempre la mejor educación.

También quiero agradecer a mis tíos por guiarme y animarme a nunca rendirme.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Delimitación de la investigación.....	3
1.3.1 Espacial.....	3
1.3.2 Temporal.....	3
1.4 Formulación del problema.....	4
1.4.1 Problema General.....	4
1.4.1 Problemas Especificos.....	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivos generales.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Voz sobre IP (VOIP),.....	10
2.2.1.1 Arquitectura.....	11
2.2.1.2 Protocolos de señalización.....	12
2.2.1.3 Protocolos de transmisión.....	21

2.2.1.4	Codecs.....	21
2.2.2	Asterisk.....	23
2.2.2.1	Historia de Asterisk.....	24
2.2.2.2	Principales ventajas.....	25
2.2.2.3	Funciones Básicas.....	25
2.2.2.4	Funciones Avanzadas.....	26
2.2.3	Raspberry Pi.....	27
2.2.3.1	Historia.....	27
2.2.3.2	Hardware.....	28
2.2.3.3	Software.....	29
2.2.3.4	Accesorios.....	32
2.2.4	Calidad de Servicio (QoS).....	32
2.2.5	Servidores.....	35
2.2.5.1	Tipos de servidores.....	35
2.2.5.2	Clases de servidores según su forma.....	37
2.2.5.3	Componentes de un servidor.....	39
2.2.6	Vlan.....	42
2.2.6.1	Tipos de vlan.....	42
2.3	Marco conceptual.....	44

CAPÍTULO III: ANALISIS Y DISEÑO DE RED CON SERVICIO DE VOIP

3.1	Análisis de estado actual de la oficina.....	49
-----	--	----

3.1.1	Descripción de red actual.....	49
3.1.2	Equipos utilizados en la actual infraestructura.....	53
3.1.3	Observaciones.....	54
3.2	Propuesta de diseño.....	54
3.2.1	Descripción de nueva red propuesta.....	55
3.2.2	Equipos de hardware.....	59
3.2.3	Software a utilizar.....	62
3.3	Consideraciones y Configuración de equipos.....	64
3.3.1	Configuración de Asterisk.....	64
3.3.3.1	Configuración de Anexos.....	64
3.3.3.2	Configuración de Troncal.....	65
3.3.1.3	Configuración de rutas.....	67
3.3.1.4	Configuración de IVR.....	69
3.3.2	Configuración de Gateway HT503.....	70
3.3.3	Configuración de Softphone Zoiper.....	74
3.4	Pruebas y resultados.....	77
3.5	Presupuesto.....	86
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES.....	89
	BIBLIOGRAFIA.....	90
	ANEXOS.....	91

ANEXO 1 - Instalación de Asterisk en Raspberry PI - Tipo B.....	91
ANEXO 2 - Especificaciones Técnicas de Switch TL-SG1016DE.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comunicación Analógica.....	13
Figura 2: Topología de red de Oficina DIAZ&SOLANO.....	49
Figura 3: Distribución de equipos de red del segundo piso.....	51
Figura 4: Distribución de equipos de red del tercer piso.....	52
Figura 5: Modem Router Nucom R5000UN version.2.....	53
Figura 6: Teléfono Analógico Thomsom GE25932.....	53
Figura 7: Topología de Red Propuesta.....	55
Figura 8: Piso 2 con nueva red propuesta.....	57
Figura 9: Piso 3 con nueva red propuesta.....	58
Figura 10: Gateway HT503 - Grandstream.....	59
Figura 11: Raspberry PI - Tipo B con y sin Caja.....	60
Figura 12: SWITCH TP-LINK TL-SF1008D.....	61
Figura 13: Imagen extraída de www.raspberry-asterisk.org	62
Figura 14: Programa ZOIPER.....	63
Figura 15: Interfaz Web de FreePBX.....	60
Figura 16: Agregar Anexos.....	64

Figura 17: Agregar Troncal.....	65
Figura 18: Configuración de Troncal.....	66
Figura 19: Configuración de Rutas Entrantes.....	67
Figura 20: Configuración de Rutas Salientes.....	68
Figura 21: Configuración de IVR.....	69
Figura 22: IP obtenida por Grandstream HT503.....	70
Figura 23: IP para la interfaz WAN.....	70
Figura 24: Reenvío de llamadas entrante hacia el Asterisk.....	71
Figura 25: Configuración de puerto FXS.....	71
Figura 26: Configuración de Usuario para Troncal.....	72
Figura 27: Configuración de Codificador de Voz.....	73
Figura 28: Configuración de Terminación FXO.....	74
Figura 29: Configuración Inicial de ZOIPER.....	75
Figura 30: Configuración de cuenta SIP.....	75
Figura 31: Cambiar Idioma.....	76
Figura 32: Zoiper Minimizado.....	76
Figura 33: Dirección IP de PC-1.....	77
Figura 34: Ping a RaspBerry PI.....	78
Figura 35: Peers registrados en el Asterisk.....	78
Figura 36: Comando TOP - Consola Asterisk.....	79
Figura 37: FreePBX System Status.....	80

Figura 38: System Status con 3 Llamadas Simultaneas.....	81
Figura 39: Revisando el Rendimiento con comando TOP con 3 llamadas.....	82
Figura 40: Ping desde PC3 a PC2.....	84
Figura 41: Ping desde PC1 a Raspberry PI.....	85
Figura 42: Ping desde PC1 a Teléfono IP.....	85
Figura 43: Ping de PC1 a Raspberry PI.....	85
Figura 44: Configuración de Teléfono IP Grandstream.....	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Codecs utilizados y su ancho de banda empleado.....	23
Tabla 2: Direccionamiento de Equipos.....	56
Tabla 3: Distribución de Anexos.....	56
Tabla 4: Puertos de Switch.....	83
Tabla 5: Costo de equipos.....	87
Tabla 6: Costo de Servicios.....	87
Tabla 7: Costo Total.....	87

INTRODUCCION

El presente proyecto de investigación lleva por título "PROPUESTA DE DISEÑO PARA IMPLEMENTACION DE UN SERVIDOR VOIP CON ASTERISK Y RASPBERRY PI EN UNA OFICINA DE VILLA EL SALVADOR" para optar el título de INGENIERO ELECTRONICO TELECOMUNICACIONES, presentado por el alumno Gianmarco César LLontop Díaz.

En la oficina de contadores "Díaz & Solano" se propondrá el diseño de una red de Voz sobre IP para solucionar su problema de comunicaciones entre sus 2 pisos, usando una Raspberry PI, Grandstream HT503 y Teléfonos IP.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone en 3 capítulos. El Primer Capítulo comprende el Planteamiento del problema, delimitación, justificación y objetivos; en el Segundo Capitulo se desarrolla el marco teórico, bases teóricas y marco conceptual, en el Tercer Capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La empresa "DIAZ&SOLANO" es un estudio contable que desde el año 1997 hasta el año presente 2014 se ha dedicado a brindar servicios contables a distintas empresas. La oficina cuenta con 2 pisos, con un total de 10 empleados tiene un sistema de telefonía analógica con una sola línea para poder comunicarse con sus clientes, en cada piso se encuentra un teléfono analógico para este propósito; esta oficina inicialmente solo contaba con el segundo piso para que los trabajadores realicen sus labores, ya que no se contaba con muchos trabajadores, lo cual fue cambiando a medida que la cartera de clientes fue aumentando a través de los años, y la necesidad de contratar nuevos empleados junto con ellos, por lo que a finales del año 2013, se decidió utilizar el espacio del tercer piso para ocuparlo con 5 de los 10 trabajadores y así puedan trabajar de una manera más cómoda; es así que nace la necesidad de la comunicación entre estos dos pisos, ya sea para compartir comentarios, hacer consultas, pedir documentos del otro piso, llamar a algún empleado si se le necesita, además ya que solo se cuenta con un solo teléfono por piso es incómodo para los trabajadores del otro extremo de la ubicación del teléfono tener que levantarse para alcanzarlo cada vez que necesite contestar o hacer una llamada.

Teniendo en cuenta todo esto, se ve la necesidad de mejorar la comunicación entre trabajadores, mediante la implementación de una red de voz sobre IP que permita a cada trabajador poder comunicarse con sus compañeros de otros pisos además de realizar llamadas desde sus escritorio sin tener que estar movilizándose por la oficina.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se justifica por la necesidad que se tiene en la empresa "DIAZ&SOLANO" de mejorar la comunicación entre sus trabajadores de distintos pisos, para que puedan resolver dudas o inquietudes entre ellos sobre sus clientes que tienen asignados, obteniendo así una mayor eficiencia en el uso del tiempo ya que no tienen que perderlo trasladándose de un piso al otro para hacer un pregunta o hablando en voz alta para que le escuchen en el otro piso, causando distracción entre sus demás compañeros, además que usando la placa de computadora Raspberry PI - Tipo B para que funcione como servidor se abaratan costos al ser esta una placa de muy bajo precio que instalándole Asterisk el cual es un software libre para que funcione como servidor de VOIP, sus características son suficientes para resolver las llamadas que se puedan generar en la oficina y además se ahorra espacio en la oficina ya que esta placa tiene el tamaño de una tarjeta de crédito.

Un servidor VoIP puede ofrecer a la empresa muchos otros beneficios como por ejemplo ahorrar costos significativos utilizando un proveedor de VOIP, eliminar por completo el cableado telefónico, ya no depender a un solo proveedor, escalable y seguro, libre movimiento de los trabajadores por si cambian de ubicación, en general aumenta la calidad de trabajo.

En la presente investigación se aplicó conocimientos adquiridos durante la formación académica y con las facilidades tanto económicas como tecnológicas que la empresa nos brindó, permitió que este problema sea solucionado al lograr el desarrollo y crecimiento completo del diseño sin mayores dificultades.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Espacial

La desarrollo de este proyecto se realizó en el distrito de Villa el Salvador, en el estudio contable "Díaz&Solano" ubicada en el St.3 Grp.28 Mz.J Lt.22, frente a la Av. Pastor Sevilla entre las avenidas Bolívar y 3 de Octubre.

1.3.2 Temporal

El proyecto tiene una duración estimada de 6 meses a partir del 1 de Junio del 2014 al 1 de Noviembre del 2014.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿Cómo dar una solución al problema de intercomunicación entre usuarios de diferentes pisos con una placa Raspberry PI, Asterisk, Gateway y teléfonos IP Grandstream de bajo costo en la oficina contable "Díaz&Solano"?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles serán los cambios en la red de datos con la que se cuenta actualmente?
- ¿Cuáles serán las configuraciones para el Asterisk, Gateway Grandstream y teléfonos VOIP?
- ¿Cómo se puede evitar mezclar tráfico de voz y de datos?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar una red de servicio de comunicación de voz sobre IP de bajo costo, para mejorar la comunicación interna del estudio contable "Díaz&Solano"

1.5.2 Objetivos Específicos

- Definir los cambios necesarios en la red actual para la implementación del servicio de Voz sobre IP.
- Realizar las configuraciones necesarias para que los equipos puedan realizar la intercomunicación de los 2 pisos del local.
- Definir 2 redes, una para voz y una para datos mediante la creación de VLAN's.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Para la presente investigación se ha hecho un estudio de proyectos antes realizados relacionados al tema, obteniendo experiencias relacionadas al objetivo de la investigación.

Quintana, (2007), realizó la investigación: *Diseño e implementación de una red de telefonía IP con software libre en la RAAP*, en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Del Perú. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Las mejores alternativas son usar los protocolos IAX2 y SIP, así como hardware basado en IP. El *codec* a ser usado es el G.711 que como la prioridad en la red no es la tasa de bits, y sí lo es el brindar la mayor cantidad de comunicaciones con la mejor calidad posible, se recomienda usar el *codec* G.711 que demostró dar la mejor calidad y la mayor capacidad de llamadas concurrentes.
2. Como la prioridad en la red no es la tasa de bits, y sí lo es el brindar la mayor cantidad de comunicaciones con la mejor calidad posible, se recomienda usar el *codec* G.711 que demostró dar la mejor calidad y la mayor capacidad de llamadas concurrentes.
3. Se midió la capacidad real del sistema realizando pruebas de desempeño para ver el número de llamadas concurrentes de acuerdo al *codec* y para comprobar realmente el rendimiento del cluster de alta disponibilidad, todas las pruebas fueron satisfactorias, encontrándose que la capacidad del sistema

es de 199 llamadas concurrentes para el caso del codec G.711. De esta forma se puede dar servicio a los usuarios de la RAAP con una calidad alta.

Morales, (2010), realizó la investigación: *Propuesta de diseño de infraestructura de voz sobre IP para el hostel ILO*, en la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad ALAS PERUANAS. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Se necesitó del estudio y observación de los planos arquitectónicos de todos los niveles del edificio. Determinando que la ubicación de los teléfonos IP debe ser sobre algún mueble pequeño de cada habitación de los huéspedes, y un teléfono IP en la sala de recepción.
2. Los equipos de red y la central telefónica deben localizarse en la sala de equipos, y ésta a la vez nacerá de la división de la sala de estudio".

Fernández, (2008), realizó la investigación: *Diseño de una red de voz sobre IP para una empresa que desarrolla proyectos de ingeniería de comunicaciones*, en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Del Perú. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Se estableció que para atender el flujo de llamadas que se realiza en el local principal en la hora de mayor tráfico se necesitan cuatro líneas telefónicas, las cuales generan un tráfico total de 0.648 erlangs.
2. Se logró establecer comunicación entre el local principal y una oficina sucursal utilizando las redes de banda ancha disponibles en ambas oficinas, con lo cual se logra el objetivo principal de comunicar a costo cero los locales de la empresa.
3. Se verifica el dimensionamiento de la red realizado teóricamente, mediante las pruebas de medición de ancho de banda realizadas en la sección 4.4.3
4. El ancho de banda necesario para atender el máximo número de llamadas (cuatro simultáneas) es de 220,8 kbps sin utilizar la función de VAD y 143,52

kbps utilizando VAD, para el local principal. Mientras que para los locales remotos, el ancho de banda necesario es de 55.2 kbps sin utilizar la función de VAD y 35.88 utilizando VAD.

5. Se verifica mediante las pruebas de capacidad del servidor realizadas en la sección 4.4.4 que el hardware para el servidor propuesto en el diseño es capaz de procesar el máximo número de llamadas en la hora de mayor de tráfico. Los valores obtenidos experimentalmente son de 5 a 6% del uso del CPU y 1.4% de uso de la memoria RAM del servidor.
6. Se verifica mediante las pruebas de capacidad de los equipos de red, que el router soporta sin congestión la conmutación de los paquetes de voz, dejando libre un alto porcentaje del uso de CPU para la conmutación de paquetes de datos. Los valores obtenidos experimentalmente varían entre 2 a 4% del uso del CPU del router para los paquetes de voz.
7. Con la implementación del diseño se prescinde del uso de la centralita PBX la cual tiene funciones limitadas exclusivamente a la conmutación de llamadas de líneas analógicas. La centralita será reemplazada por un servidor de registro de usuarios SIP el cual cumple la función de señalar las llamadas entre usuarios de la red IP y la Red Telefónica Pública -con la ayuda del gateway de voz si es necesario- para lograr establecer una comunicación.

Caballero, (2007), realizó la investigación: *Implementación de una red (VOIP) a través de software libre en el desarrollo de una pequeña central telefónica*, en la Facultad de Matemáticas en la Universidad Autónoma de Yucatán ubicada en México. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. La tecnología está creciendo de una manera rápida por sus múltiples servicios y bajos costos; una solución basada en estándares abiertos y código libre no es sólo una buena solución desde un punto de vista puramente técnico sino que además permite la posibilidad de adaptación para mejorarse a la realidad local.

2. El avance ha sido la posibilidad de emular la funcionalidad de los sistemas de telefonía tradicional con un programa funcionando en un ordenador personal. De esta manera todos los elementos necesarios están al alcance, tenemos el acceso a los programas y a los equipos que permiten el intercambio de conversaciones telefónicas. Esto es, se tiene una red abierta y pública para intercambiar esas llamadas (la Internet).se tiene la posibilidad de modificar cada uno de los elementos para adaptarlos a las propias necesidades.

Herrera, (2014), realizó la investigación: *Estudio, diseño e implementación de un prototipo de Entrenador de módulo Raspberry Pi*, en la Universidad Tecnológica de Israel. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Se estudió el manejo de la placa Raspberry Pi, tanto para cargar el sistema operativo en la memoria SD, y se determinó que el lenguaje Python es el mejor recurso como plataforma de programación.
2. Se comprobó con la implementación del entrenador que al realizar diseños electrónicos, se redujo el tiempo de ensamble, debido a que las conexiones de polarización las trae consigo el entrenador y se tendrá sólo que conectar las entradas o salidas de las respectivas zonas al Raspberry.
3. Se diseñó una placa de circuito impreso con el software Proteus que genera los archivos Gerber que sirven para las máquinas CNC que fabrican circuitos impresos al por mayor, esto es útil ya que la idea de la empresa es fabricar placas del entrenador al por mayor.
4. El departamento de investigación de la empresa Laservisión Cía. Ltda. validó el correcto funcionamiento del entrenador mediante la prueba de cada una de las zonas y determinó que es el equipo adecuado para el desarrollo de proyectos con Raspberry Pi.

Bejarano, (2012), realizó la investigación: *Desarrollo de un ventilador compacto basado en un innovador compresor*, en la Escuela de Ingeniería y Ciencias de las

Matemáticas de la Universidad de Londres, Reino Unido. La cual llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. Este proyecto de tesis cumple el objetivo principal de la creación de un ventilador compacto capaz de entregar tres modos de funcionamiento CPAP, APAP y BiPAP. El modelo creado es capaz de compresores de funcionamiento que trabajan en 12 VDC y es capaz de medir la presión positiva generada por el dispositivo con una capacidad y precisión extraordinaria.
2. Fue muy impresionante que el uso de una aspiradora portátil común como un compresor fue capaz de entregar una buena gama de presión positiva operacional con el flujo de aire de hasta 113,4 l / min y capaz de generar 11,6 cm H₂O. Esto encaja dentro del radio de acción de otros ventiladores comerciales que van desde 0 hasta 20 cm de H₂O, pero todavía está limitado por la arquitectura del compresor y porque su propósito principal no es soplar aire, pero para aspirar aire.
3. El dispositivo demuestra que es capaz de ejecutar en CPAP, el modo de APAP y BiPAP mediante la entrega de presión positiva dentro de un valor previamente establecido. El margen de error encontrado fue de alrededor de 2% para el CPAP, que es completamente aceptable en el mercado CPAP.
4. El modo de APAP trabajó incluso mejor que el modo CPAP. El margen de error fue de 0,5%, lo que es extremadamente preciso para el dispositivo y que es completamente aceptable dentro de una medición clínica. Sin embargo, el algoritmo utilizado necesita ser mejorado en una forma que encuentra automáticamente la presión de oclusión y el nivel del dispositivo dentro de este nivel de presión.
5. También se encontró que la Frambuesa Pi podría ser una herramienta barata para ser utilizado en el área de ingeniería clínica. Los únicos componentes adicionales necesarios son ADCs y tampones, por tanto, un sistema de

adquisición de datos de coste bajo completo con sensores incluidos podría ser implementado.

6. Este proyecto ha generado una plataforma básica para desarrollar un proyecto aún más fuera el compresor del Dr. Keith Pullen podría ser probado y verificar si podría potencialmente ser más eficaz que los ventiladores compactos modernos. Si se llevan a cabo algunas mejoras en el motor, esto podría ser un dispositivo completamente portátil que podría ser un gran avance en la industria.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Voz sobre IP (VOIP)

La tecnología conocida como VOIP, es el proceso de dividir el audio y el video en pequeños fragmentos, transmitir dichos fragmentos a través de una red IP y reensamblar esos fragmentos en el destino final permitiendo de esta manera que la gente pueda comunicarse.

VOIP puede definirse de forma abreviada como una tecnología que provecha el protocolo TCP/IP para ofrecer conversaciones de voz, sin embargo VOIP es mucho más que esto. VOIP puede ser usada para reemplazar la telefonía tradicional de un entorno empresarial, en un pequeño negocio o en casa, o simplemente para añadir ventajas a un sistema de telefonía tradicional.

Entre las principales ventajas de VOIP tenemos el ahorro de dinero que puede brindar, ya que este emplear Internet como medio de transporte, el único coste que se tiene es la factura mensual de Internet al proveedor de servicio, además también se pueden agregar servicio de conferencia para que conversen más de 2 personas, además de la voz podríamos transportar imágenes, video y texto a la vez que la voz.

2.2.1.1 Arquitectura

La arquitectura desde el punto de vista de su distribución, puede ser centralizada o distribuida. La arquitectura distribuida es más compleja que la centralizada; sea partidario de un enfoque u otro la principal ventaja de VOIP es su flexibilidad.

Entre algunos de sus componentes se tienen:

- **Teléfonos IP**

Es un teléfono similar a un teléfono tradicional con la diferencia que está adaptado para ser utilizado en entornos IP.

Los teléfonos IP son una parte importante de la arquitectura VOIP. Estos tienen de un a mas puertos RJ-45 para poder conectarse a la red y además funcionar como un Switch y conectar a las PC, evitando el cableado de puntos dedicados para estos.

Estos teléfonos se pueden encontrar a precios muy asequibles y cada vez bajan más, los cuales tiene 3 categorías (Gama baja, Gama media y Gama Avanzada).

- **Softphone**

Teléfonos implementados por Software, este software que por lo general se utilizan en ordenadores permiten convertirlos en un teléfono VOIP. Hoy en día estos softphone los encontramos como aplicaciones para teléfono inteligentes permitiendo convertir nuestro teléfono móvil en un teléfono VOIP.

- **Gateway y adaptadores analógicos**

Un adaptador de teléfono analógico (ATA o Analog Telephone Adaptor) se puede describir como un dispositivo que convierte señales empleadas en las comunicaciones analógicas a un protocolo de Voz sobre IP.

Estos adaptadores pueden ser descritos como Gateway, ya que su función es justamente la de pasarela entre el mundo analógico y el IP.

○ **Dispositivos GSM/UMTS**

Son dispositivos que integran tecnologías como SIP y GSM permitiendo realizar una mayor integración que la tecnología analógica tradicional ya que permiten enviar toda la señalización existente entre ambas redes de forma transparente y fiable sin ningún tipo de conversión intermedia a análogo.

2.2.1.2 Protocolos de señalización

En cualquier sistema telefónico es necesario un protocolo de señalización. La misión de la señalización es permitir el intercambio de información entre los usuarios y la red, a fin de que la llamada pueda ser establecida y posteriormente, terminada. En la telefonía analógica la señalización está formada por:

- Detección de intensidad por el bucle local para saber cuándo el usuario ha descolgado para efectuar una llamada y cuando ha colgado al finalizar la llamada
- Tonos desde la central hacia el usuario: Tono de invitación a marcar, tono de progreso de llamada, tonos de notificación de congestión en la red, usuario ocupado, etc.
- Señal de ring desde la central hacia el teléfono llamado. Usualmente es una señal senoidal de 75 voltios eficaces y 25 Hz
- Marcación por parte del usuario llamante del número deseado, ya sea mediante el sistema de pulsos, hoy en día prácticamente fuera de uso, o por tonos (DTMF).
- Cambios de polaridad desde la central hacia el bucle del usuario, para indicar el estado de la llamada

En la Figura 1 se observa una comunicación Analógica.

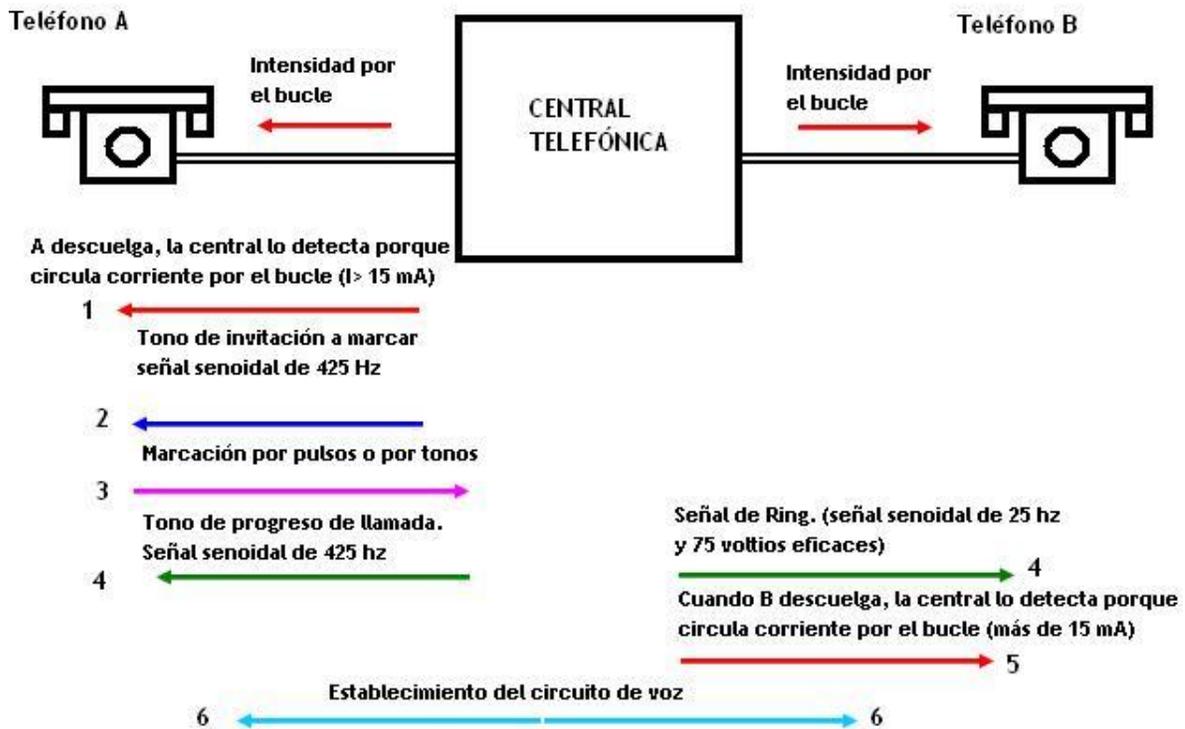


Figura 1: Comunicación Analógica

2.2.1.2.1 H.323

La Recomendación ITU-T H.323 describe terminales y otras entidades que proporcionan servicios de comunicaciones multimedia sobre redes basadas en paquetes (PBN), las cuales no puede garantizar calidad de servicio. H.323 puede proporcionar audio y video en tiempo real, y / o comunicaciones de datos.

El soporte para audio es obligatorio, mientras que los datos y video son opcionales, pero también tiene la habilidad de utilizar un modo específico en común de operación, para que todos los terminales que soporten ese mismo tipo de medios puedan interactuar. Al igual que con otros protocolos de comunicación de nivel de operador, H.323 es un estándar publicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Fue aprobado por los gobiernos del mundo como el estándar internacional para voz, vídeo y conferencia de datos, la definición de cómo los dispositivos tales como ordenadores, teléfonos, teléfonos móviles,

PDAs, teléfonos móviles, sistemas de video conferencia, etc., los cuales traen una nueva experiencia de comunicación para el usuario.

H.323 toma prestado tanto de los protocolos PSTN tradicionales y las normas relacionadas con Internet. Al aprovechar tanto de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes estándares de protocolo, H.323 es capaz de integrar sin problemas con la PSTN, mientras que al mismo tiempo enviar las comunicaciones multimedia a través de medios como Internet.

H.323 se originó a mediados de los años 90 como una extensión lógica de los circuitos de conferencia multimedia, conmutación de trabajo que se realiza dentro de la UIT-T. Debido a este patrimonio, H.323 interactúa bien con una base instalada muy grande de equipos de videoconferencia. Sin embargo, H.323 fue mucho más allá de ser una "extensión" de los protocolos anteriores. Esto trajo consigo la capacidad de integrarse con Internet. Con H.323, los usuarios en ubicaciones remotas son capaces de sostener una llamada de video y editar un documento conjunto en tiempo real a través de Internet que utilizan sus equipos personales. No sólo eso, sino H.323 permite a los usuarios personalizar sus teléfonos o servicios de teléfono, los usuarios localizar, transferir una llamada, o realizar cualquier número de otras tareas utilizando una interfaz HTTP entre el cliente H.323 y un servidor en la red, abarcando plenamente el poder de Internet.

Desde el principio, los diseñadores de H.323 querían crear un protocolo que sirviera como el protocolo de red de próxima generación. H.323 reduce significativamente el costo de las comunicaciones y facilita la rápida creación de nuevos tipos de servicios que nunca antes fueron posibles. Además, H.323 permite a los puntos finales realizar tareas que antes sólo eran posibles de realizar en los servidores centralizados, las Estancias H.323 están lejos de la tecnología antigua, modela e introduce un extremo inteligente capaz de iniciar y recibir llamadas sin la dependencia de los elementos de red. Sin embargo, reconoce las exigencias de negocio para el control centralizado en el proveedor de servicio y los mercados de las empresas, H.323 también permite un control centralizado sobre

el punto final. El nivel o grado en que una compañía o empresa permita ejercer el control, será propio dentro de la organización.

H.323 impulsa la funcionalidad de control de llamada hasta el punto final, sin dejar de ofrecer el servicio, con la opción de controlar cada aspecto de una llamada. En la red tradicional de conmutación de circuitos, centraliza los para realizar todas las funciones de control de llamadas. En algunos casos todo el tráfico transita sobre una red troncal y no es necesario de los servidores, pero si se desea controlar cuidadosamente el uso del teléfono, o la habilitación de algunos servicios adicionales, realizar la interceptación legal, detección de números de teléfono u ocultar la identidad de la persona que llama, H.323 proporciona la flexibilidad de un control centralizado y descentralizado.

2.2.1.2.2 SIP

SIP se describe como un protocolo de control para crear, modificar y terminar sesiones con uno o más participantes. Estas sesiones incluyen conferencias multimedia de Internet, o de cualquier red IP, llamadas telefónicas y la distribución multimedia. Los miembros en una sesión pueden comunicarse a través de multicast o por medio de una malla de relaciones unidifusión, o mediante una combinación de éstos. SIP soporta descripciones de la sesión que permitirá a los participantes a un acuerdo sobre un conjunto de tipos de medios compatibles.

También es compatible con la movilidad del usuario, representando y redirigiendo las peticiones a la localización actual del usuario. SIP no está ligado a ningún protocolo de control de conferencia en particular.

Otra de las grandes tareas es garantizar que la llamada llegue a su destino. La realización de cualquier asignación de información descriptiva de la información de ubicación. Esto permite que el grupo involucrado en una llamada (puede ser una llamada en conferencia) se pone de acuerdo sobre las funciones admitidas, reconociendo que no todas las partes involucradas pueden soportar el mismo nivel de características. Por ejemplo, el vídeo puede ser o no ser compatible.

En una llamada un participante puede gestionar la misma, esto quiere decir que puede invitar a otros participantes en la llamada o puede cancelar las conexiones a otros usuarios, además de que los usuarios pueden ser transferidos o puestos en espera.

Un usuario tiene la posibilidad de cambiar las características de llamada durante el curso de la misma. Por ejemplo, una llamada puede haber sido creada con la característica de voz, pero en el transcurso de la llamada, los usuarios pueden necesitar para habilitar una función de vídeo. Un tercero puede unirse a una llamada puede y requerir diferentes características para estar habilitado y participar en la convocatoria.

Para no definir un nuevo sistema de direccionamiento, en algunos casos las direcciones de usuarios SIP están asociadas al correo electrónico. Cada usuario es identificado mediante una dirección URL jerárquica que se construye alrededor de elementos como el número de teléfono de un usuario, o el nombre del host por ejemplo, (sip:usuario@compañia.com). Esto significa que es más sencillo para redirigir a alguien a otro teléfono, ya que es como redirigirse a una página web.

Mensajes SIP

La comunicación por medio del protocolo SIP se compone de una serie de mensajes, los cuales pueden ser transportados de forma independiente por la red. Por lo general son transportados en un datagrama UDP cada uno por separado. Cada mensaje tiene la siguiente estructura, línea inicial, encabezada del mensaje, y el cuerpo del mensaje. La primera línea identifica el tipo del mensaje. Hay dos tipos de mensajes - las solicitudes y respuestas. Las solicitudes se suelen utilizar para iniciar alguna acción o informar a quien reciba la solicitud de algo. Las respuestas se utilizan para confirmar que la solicitud fue recibida y procesada y contiene el estado del proceso.

Los campos de cabecera de inicio son “de” y “para” quien indican el receptor y el destinatario de un mensaje de igual forma que en SMTP donde se identifique el

remitente y destinatario, en la cabecera contiene un parámetro de etiqueta que sirve como identificador de dialogo en cual serán descritos los diálogos. El encabezado del mensaje y el cuerpo del mensaje están delimitados por una línea en blanco. El cuerpo del mensaje de la solicitud INVITE contiene una descripción del tipo de los medios de comunicación aceptados por el remitente y esta codificados en SDP.

El encabezado Call-ID es un campo identificador de diálogo y su propósito es identificar los mensajes que pertenecen a la misma llamada, estos mensajes utilizan el mismo identificador de llamada ID, pero a su vez necesitan de otro parámetro para mantener el orden de las solicitudes. Dado que las solicitudes se pueden enviar a través de un transporte poco fiable, los mensajes se pueden reordenar, siempre y cuando tengan un número de secuencia en los mensajes para que el destinatario pueda identificar a las retransmisiones y de solicitudes fuera de pedido. En un campo de la cabecera contiene la dirección IP y el puerto en el que el remitente se encuentra en espera para nuevas solicitudes por el destinatario de la llamada.

Solicitudes SIP

Las solicitudes SIP tienen la característica de tener una línea de solicitudes para establecer la comunicación, esta línea contiene información del nombre de método, una Solicitud-URI y la versión del protocolo separados por un espacio simple de caracteres.

Esta especificación define seis métodos básicos:

- REGISTER: el propósito es dejar un registro de acerca de la ubicación del usuario actual, información tal como lo es dirección IP y el puerto por el cual ha realizado el registro de mensajes.
- INVITE: Indica que un cliente está siendo invitado a participar en una llamada.
- ACK: confirma la recepción del método INVITE el cual es el que indica que se encuentra listo para establecer una comunicación.

- BYE: este tipo de mensajes son utilizados para finalizar las sesiones multimedia, el UA que desee finalizar la conversación envía un BYE.
- CANCEL: se utiliza para cancelar una sesión que no se ha establecido en su totalidad, es decir cuando el destinatario no ha confirmado una respuesta definitiva.
- OPTIONS: Consulta la información acerca de las capacidades de envío y recepción de teléfonos SIP.

Respuestas SIP

Cuando un agente de usuario o el servidor proxy reciben una solicitud, envía una respuesta. Cada solicitud debe ser respondida, excepto las solicitudes de ACK que no devuelven algún tipo de respuesta.

El código de respuesta es un número entero de 100 a 699 El cual indica el tipo de la respuesta. Hay seis clases de respuestas:

- 1xx son Las respuestas provisionales. Una respuesta provisional es la respuesta que le dice a su destinatario que la solicitud fue recibida, pero el resultado del proceso no se conoce aún. Las respuestas provisionales sólo se envían cuando el proceso no termina de inmediato
- 2xx Respuestas Exitosas. Estas respuestas son las ultimas que recibe el autor de la solicitud, significa que las solicitudes son procesadas y aceptadas.
- 3xx se utilizan para redirigir una llamada. Una respuesta de redirección da información sobre la nueva ubicación del usuario o un servicio alternativo que la persona que llama puede utilizar para satisfacer la llamada. Las respuestas redirección son generalmente enviadas por servidores proxy. Cuando el proxy recibe una solicitud y no puede procesarla por cualquier motivo, se enviará una respuesta de redirección de llamada y se coloca otra ubicación en la respuesta

de la persona que se está llamando. Puede ser la ubicación de otro proxy o la ubicación actual del destinatario de la llamada.

- 4xx Son las respuestas negativas. Una respuesta de tipo 4xx significa que el problema está en el lado del emisor. La solicitud no pudo ser procesada porque contiene sintaxis errónea o la solicitud no se puede realizar en ese servidor.
- 5xx Significa que el problema está en el lado servidor. La solicitud es válida, pero al parecer el servidor no puede cumplirla. Los clientes por lo general debe reintentar enviar nuevamente la solicitud.
- 6xx Significa que la solicitud no puede realizarse en ningún servidor. Esta respuesta suele ser enviadas por un servidor que tiene información definitiva acerca de un usuario en particular. Los agentes de usuario suelen enviar una respuesta 603 para rechazar las sesiones que no desea participar.

2.2.1.2.3 MGCP

Media Gateway Control Protocol, es un protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos VoIP por ser del tipo cliente – servidor. MGCP está definido informalmente en la RFC 3435, y aunque no ostenta el rango de estándar, su sucesor, Megaco está aceptado y definido como una recomendación en la RFC 3015

Está compuesto por:

- un MGC, Media Gateway Controller
- uno o más MG, Media Gateway
- uno o más SG, Signaling Gateway.

Un gateway tradicional, cumple con la función de ofrecer conectividad y traducción entre dos redes diferentes e incompatibles como lo son las de Conmutación de Paquetes y las de Conmutación de Circuitos. En esta función, el

gateway realiza la conversión del flujo de datos, y además realiza también la conversión de la señalización, bidireccionalmente.

MGCP separa conceptualmente estas funciones en los tres elementos previamente señalados. Así, la conversión del contenido multimedia es realizada por el MG, el control de la señalización del lado IP es realizada por el MGC, y el control de la señalización del lado de la red de Conmutación de Circuitos es realizada por el SG.

MGCP introduce esta división en los roles con la intención de aliviar a la entidad encargada de transformar el audio para ambos lados, de las tareas de señalización, concentrando en el MGC el procesamiento de la señalización.

El control de calidad de servicio QoS se integra en el gateway GW o en el controlador de llamadas MGC. Este protocolo tiene su origen en el SGCP (de Cisco y Bellcore) e IPDC. Bellcore y Level3 plantearon el MGCP a varios organismos.

2.2.1.2.4 SCCP

Es un protocolo propietario de Cisco que se utiliza entre las Comunicaciones Unificadas de Cisco Manager y los teléfonos VoIP de Cisco.

- Acrónimo de “Skinny Call Control Protocol” (en algunas fuentes se enuncia como "Skinny Client Control Protocol).
- Es un protocolo propietario de Cisco.
- Es el protocolo por defecto para terminales con el servidor Cisco Call Manager PBX que es el similar a Asterisk PBX.
- El cliente Skinny usa TCP/IP para transmitir y recibir llamadas.
- Para el audio utiliza RTP, UDP e IP.
- Los mensajes Skinny son transmitidos sobre TCP y usa el puerto 2000.

2.2.1.3 Protocolos de transmisión

Para establecer un flujo de comunicación media es necesario un protocolo que intercambie la información entre extremos de dicha comunicación, es decir que transporte la información entre un origen y su destino, además de proveer de las técnicas necesarias para evitar los problemas que se pueden presentar durante el intercambio, tales como: jitter, retardo, etc.

Los protocolos más utilizados son:

- Real-time Protocol (RTP): Es un protocolo de nivel de sesión utilizado para la transmisión de información en tiempo real, como por ejemplo audio y vídeo en una video-conferencia. Utiliza UDP como protocolo de transporte, ya que el uso de TCP y su control de flujo y congestión darían lugar a un retardo durante las comunicaciones,
- Real-Time Control Protocol (RTCP): es un protocolo de comunicación que proporciona información de control que está asociado con un flujo de datos para una aplicación multimedia (flujo RTP). Trabaja junto con RTP en el transporte y empaquetado de datos multimedia, pero no transporta ningún dato por sí mismo. Se usa habitualmente para transmitir paquetes de control a los participantes de una sesión multimedia de streaming.
- Entre otros protocolos se encuentran cRTP el cual comprime cabeceras IP / UDP / RTP en enlaces de baja velocidad; Secure Real-time Transport Protocol (o SRTP) el cual define un perfil de RTP, con la intención de proporcionar cifrado, autenticación del mensaje e integridad, y protección contra reenvíos a los datos RTP en aplicaciones unicast y multicast.

2.2.1.4 Codecs

Un Codec, que viene del inglés coder-decoder, convierte una señal de audio analógico en un formato de audio digital para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio para poder

reproducirlo. Esta es la esencia del VoIP, la conversión de señales entre analógico-digital.

2.2.1.4.1 Muestreo, cuantificación y codificación

Muestreo

Consiste en tomar muestras (medidas) del valor de la señal n veces por segundo, con lo que tendrán n niveles de tensión en un segundo.

Para un canal telefónico de voz es suficiente tomar 8.000 muestras por segundo, o, lo que es lo mismo, una muestra cada 125 μ seg. Esto es así porque, de acuerdo con el teorema de muestreo, si se toman muestras de una señal eléctrica continua a intervalos regulares y con una frecuencia doble a la frecuencia máxima que se quiera muestrear, dichas muestras contendrán toda la información necesaria para reconstruir la señal original.

Como en este caso tenemos una frecuencia de muestreo de 8 kHz (período 125 μ seg), sería posible transmitir hasta 4 kHz, suficiente por tanto para el canal telefónico de voz, donde la frecuencia más alta transmitida es de 3,4 kHz. El tiempo de separación entre muestras (125 μ seg) podría ser destinado al muestreo de otros canales mediante el procedimiento de multiplexación por división de tiempo (TDM).

Cuantificación

Por eso en la cuantificación se asigna un determinado valor discreto a cada uno de los niveles de tensión obtenidos en el muestreo. Como las muestras pueden tener un infinito número de valores en la gama de intensidad de la voz, gama que en un canal telefónico es de aproximadamente 60 dB, o, lo que es lo mismo, una relación de tensión de 1000:1, con el fin de simplificar el proceso, lo que se hace es aproximar al valor más cercano de una serie de valores predeterminados.

Codificación

En la codificación, a cada nivel de cuantificación se le asigna un código binario distinto, con lo cual ya tenemos la señal codificada y lista para ser transmitida. La forma de una onda sería la indicada como (f). En telefonía, la señal analógica vocal con un ancho de banda de 4KHz se convierte en una señal digital de 1024 Kbps. En telefonía pública se suele utilizar transmisión plesiócrona, donde, si se usa un E1, podrían intercalarse otras 31 señales adicionales. Se transmiten, así, $32 \times 64000 = 2.048.000$ bps.

Tabla 1: Codecs utilizados y su ancho de banda empleado

VOIP-SIP.ORG Codec and Bit Rate	Sample Size (Bytes)	Sample rate (ms)	MOS Quality	Voice Payload Size (Bytes)	Voice Payload Size (ms)	Packets Per Second (PPS)	Bandwidth Ethernet (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80 Bytes	10 ms	4.3	160 Bytes	20 ms	50	87.2 Kbps
G.729 (8 Kbps)	10 Bytes	10 ms	3.7	20 Bytes	20 ms	50	31.2 Kbps
G.723.1 (6.3 Kbps)	24 Bytes	30 ms	3.9	24 Bytes	30 ms	33.3	21.9 Kbps
G.723.1 (5.3 Kbps)	20 Bytes	30 ms	3.8	20 Bytes	30 ms	33.3	20.8 Kbps
G.726 (32 Kbps)	20 Bytes	5 ms	3.85	80 Bytes	20 ms	50	55.2 Kbps
G.726 (24 Kbps)	15 Bytes	5 ms	---	60 Bytes	20 ms	50	47.2 Kbps
G.728 (16 Kbps)	10 Bytes	5 ms	3.61	60 Bytes	30 ms	33.3	31.5 Kbps
G.722 (64 Kbps)	80 Bytes	10 ms	4.13	160 Bytes	20 ms	50	87.2 Kbps
iLBC (15.2Kbps)	38 Bytes	20 ms	4.14	38 Bytes	20 ms	50	38.4Kbps
iLBC (13.33Kbps)	50 Bytes	30 ms	---	50 Bytes	30 ms	33.3	28.8 Kbps

2.2.2 Asterisk

Asterisk es una aplicación para controlar y gestionar comunicaciones de cualquier tipo, ya sean analógicas, digitales o VoIP mediante todos los protocolos VoIP que implementa.

Asterisk es una aplicación OpenSource basada en licencia GPL y por lo tanto con las ventajas que ello representa, lo que lo hace libre para desarrollar sistemas de comunicaciones profesionales de gran calidad, seguridad y versatilidad.

2.2.2.1 Historia de Asterisk

Asterisk fue creada en 1999 por Mark Spencer de la empresa Digium y donada a la comunidad con licencia libre tras lo cual se han recibido muchas colaboraciones y mejoras por parte de muchos desarrolladores libres y empresas sin solicitar nada a cambio.

Poco a poco, esta aplicación se ha convertido en la evolución de las tradicionales centralitas analógicas y digitales permitiendo también integración con la tecnología más actual: VoIP. Asterisk se convierte así en el mejor, más completo, avanzado y económico sistema de comunicaciones existente en la actualidad.

Otro aliciente es su capacidad de ser programada, permitiendo realizar labores que hasta el día de hoy lo llevaban realizando sistemas extremadamente costosos y complicados y, gracias a Asterisk, esta misma labor se realiza de una forma más económica lo que fomenta el uso de sistemas libres como Linux y estándares abiertos como SIP, H323 o IAX.

Una de las ventajas más interesantes es su posibilidad como sistema híbrido, ya que permite gestionar comunicaciones telefónicas tradicionales (analógicas, digitales, móviles) como comunicaciones IP mediante el uso de los protocolos estándar de VoIP.

2.2.2.2 Principales ventajas

- **Funcionalidad**

Asterisk dispone de todas las funcionalidades de las grandes centralitas propietarias (Cisco, Avaya, Alcatel, Siemens, etc). Desde las más básicas (desvios, capturas, transferencias, multi-conferencias, ...) hasta las más avanzadas (Buzones de voz, IVR, CTI, ACD...).

- **Escalabilidad**

El sistema puede dar servicio desde 10 usuarios en una sede de una pequeña empresa, hasta 10.000 de una multinacional repartidos en múltiples sedes.

- **Competitividad en coste**

No solo por ser un sistema de código abierto (Open Source) sino gracias a su arquitectura hardware: utiliza plataforma servidor estándar (de propósito no específico) y tarjetas PCI para los interfaces de telefonía, que por la competencia del mercado se han ido abaratando progresivamente.

- **Interoperabilidad y Flexibilidad**

Asterisk ha incorporado la mayoría de estándares de telefonía del mercado, tanto los tradicionales (TDM) con el soporte de puertos de interfaz analógicos (FXS y FXO) y RDSI (básicos y primarios), como los de telefonía IP (SIP, H.323, MGCP, SCCP/Skinny). Eso le permite conectarse a las redes públicas de telefonía tradicional e integrarse fácilmente con centralitas tradicionales (no IP) y otras centralitas IP.

2.2.2.3 Funciones Básicas

Asterisk puede funcionar como cualquier centralita tradicional, e incorpora todas sus funcionalidades tales como:

- Conexión con líneas de telefonía tradicional, mediante interfaces tipo analógico (FXO) para líneas de teléfono fijo o bien móvil y RDSI (BRI o PRI).
- Soporte de extensiones analógicas, bien para terminales telefónicos analógicos, terminales DECT o bien equipos de fax.
- Soporte de líneas (trunks) IP: SIP, H323 o IAX.

- Soporte de extensiones IP: SIP, SCCP, MGCP, H323 o IAX.
- Música em Espera basada em archivos MP3 y similar.
- Funciones básicas de usuario:
 - Transferencias (directa o consultiva)
 - Desvíos
 - Capturas (de grupo o de extensión)
 - Conferencia múltiple
 - Aparcamiento de llamadas (Call parking)
 - Llamada directa a extensión
 - Retrollamada - Callback (llamada automática cuando esté disponible)
 - Paging - Megafonía a través del altavoz del teléfono
 - DND

2.2.2.4 Funciones Avanzadas

El sistema incorpora asimismo muchísimas funcionalidades avanzadas que tendrían un elevado coste en sistemas tradicionales propietarios. Enumeramos sólo los más importantes:

- Buzon de Voz: sistema de contestador automático personalizado por usuario. Se integra con el sistema de directorio (LDAP) y con el email.
- Sistema de Audioconferencias: Sistema que permite la conexión remota de diferentes usuarios que quieren mantener una reunión virtual y suministra la correcta gestión y control de los usuarios que se incorporan a ella.

- IVR: Operadora Automática. Sistema automatizado de respuesta que permite redirigir las llamadas entrantes en función de las opciones seleccionadas por el llamante.
- Informes detallados de llamadas (CDR): Detalle de llamadas realizadas/recibidas por extensión, para imputación de costes departamentales, por cliente o incluso para facturación.
- ACD: Sistema Automático de Distribución de Llamadas entrantes. Pensado para Centros de Llamadas para atención comercial o soporte técnico.
- CTI: Integración con sistemas de gestión comercial o de atención al cliente (CRM).
- IPCC (IP Contact Center): Integración con sistemas avanzados de gestión de centros de llamadas, vía soluciones abiertas o propietarias.

2.2.3 Raspberry Pi

2.2.3.1 Historia

En 2006, los primeros diseños de Raspberry Pi se basaban en el microcontrolador Atmel ATmega644. Sus esquemas y el diseño del circuito impreso están disponibles para su descarga pública.

En mayo de 2009, la Fundación Raspberry Pi fue fundada en Caldecote, South Cambridgeshire, Reino Unido como una asociación caritativa que es regulada por la Comisión de Caridad de Inglaterra y Gales.

El administrador de la fundación, Eben Upton, se puso en contacto con un grupo de profesores, académicos y entusiastas de la informática para crear un ordenador con la intención de animar a los niños a aprender informática como lo hizo en 1981 el ordenador Acorn BBC Micro. El primer prototipo basado en ARM se montó en un módulo del mismo tamaño que una memoria USB. Tenía un puerto USB en un extremo y un puerto HDMI en el otro.

La Raspberry Pi se encuentra actualmente disponible en dos modelos diferentes, conocidos como el Modelo A y el Modelo B. Aunque existen diferencias (con el modelo A sacrificando algo de funcionalidad en razón de disminuir su costo y los requerimientos de energía)

Aunque la RaspberryPi pueda ser utilizada como una computadora de propósito general, capaz de realizar los mismos trabajos que cualquier otra computadora de escritorio, laptop o servidor (aunque más lentamente) ha sido diseñada como una computadora dentro de una sola placa enfocada a los aficionados y usos educativos.

2.2.3.2 Hardware

Las ventas iniciales fueron del modelo B. El modelo A solo tiene un puerto USB, carece de controlador Ethernet y cuesta menos que el modelo B, el cual tiene dos puertos USB y controlador Ethernet 10/100. El último modelo lanzado en 2014 es el Raspberry Pi 2 B.

A pesar que el Modelo A no tiene un puerto RJ45, se puede conectar a una red usando un adaptador USB-Ethernet suministrado por el usuario. Por otro lado, a ambos modelos se puede conectar un adaptador Wi-Fi por USB, para tener acceso a redes inalámbricas o internet. El sistema cuenta con 256 MB de memoria RAM en su modelo A, y con 512 MB de memoria RAM en su modelo B. Como es típico en los ordenadores modernos, se pueden usar teclados y ratones con conexión USB compatible con Raspberry Pi.

El Raspberry Pi no viene con reloj en tiempo real, por lo que el sistema operativo debe usar un servidor de hora en red, o pedir al usuario la hora en el momento de arrancar el ordenador. Sin embargo se podría añadir un reloj en tiempo real (como el DS1307) con una batería mediante el uso de la interfaz I²C. Los esquemas del modelo A y el modelo B fueron lanzados el 20 de abril de 2012 por la fundación.

La aceleración por hardware para la codificación de vídeo (H.264) se hizo disponible el 24 de agosto de 2012, cuando se informó que la licencia permitiría su uso gratuitamente; antes se pensó en anunciarlo cuando se lanzara el módulo de

cámara. También se puso a la venta la capacidad para poder usar el codificación-decodificación de MPEG-2 y Microsoft VC-1. Por otro lado se hizo saber que el ordenador soportaría CEC, permitiendo que pudiera ser controlado mediante un mando a distancia de televisión.

El 5 de septiembre de 2012, se anunció una revisión 2.0 de la placa, que ofrecía un pequeño número de correcciones y mejoras, como unos agujeros de montaje, un circuito para hacer reset, soporte para depuración JTAG, etc.

El 15 de octubre de 2012, la fundación anunció que todos los Raspberry Pi Modelo B serían enviados a partir de ese momento con 512 MB de RAM en vez de 256 MB.

2.2.3.3 Software

El Raspberry Pi usa mayoritariamente sistemas operativos basados en el núcleo Linux. Raspbian, una distribución derivada de Debian que está optimizada para el hardware de Raspberry Pi, se lanzó durante julio de 2012 y es la distribución recomendada por la fundación para iniciarse.

Slackware ARM (también llamada ARMedslack) versión 13.37 y posteriores arranca sin ninguna modificación. Los 128-496 MiB de memoria RAM disponible en la Raspberry Pi, cubren los necesarios 64 MiB de RAM para arrancar esta distribución en sistemas ARM y i386 sin usar interfaz gráfica (el administrador de ventanas Fluxbox que funciona bajo X Window System requiere 48 MiB de memoria RAM adicional).^{80 81} Por otro lado, se están creando distribuciones más específicas y ligeras como IPfire (distribución para ser usada como firewall), o OpenELEC y Raspbmc (distribuciones con el centro multimedia XBMC).

A la GPU se accede mediante una imagen del firmware de código cerrado, llamado blob binario, que se carga dentro de la GPU al arrancar desde la tarjeta SD. El blob binario está asociado a los drivers Linux que también son de código cerrado. Las aplicaciones hacen llamadas a las librerías de tiempo de ejecución que son de código abierto, y estas librerías hacen llamadas a unos drivers de código abierto en el kernel de Linux. La API del driver del kernel es específica para estas librerías. Las aplicaciones que usan vídeo hacen uso de OpenMAX, las aplicaciones 3D usan OpenGL ES y las aplicaciones 2D usan OpenVG; OpenGL

ES y OpenVG hacen uso de EGL y éste último, del driver de código abierto del kernel.

El 19 de febrero de 2012, la fundación lanzó un prototipo de imagen de tarjeta SD que almacenaba un sistema operativo y que podía ser cargado en una tarjeta SD. La imagen se basaba en Debian 6.0 (Squeeze), con el escritorio LXDE y el navegador Midori, más algunas herramientas de programación. La imagen funcionaba bajo QEMU permitiendo que el Raspberry Pi pudiera ser emulado en otros sistemas.

El 8 de marzo de 2012, la fundación lanzó Raspberry Pi Fedora Remix (actualmente llamada Pidora), que en el momento de era la distribución recomendada por la fundación, y fue desarrollada en la universidad de Séneca, en Canadá. También se propuso crear una tienda de aplicaciones para que la gente intercambiara programas.

El 24 de octubre de 2012, Alex Bradbury, director de desarrollo Linux de la fundación, anunció que todo el código del driver de la GPU Videocore que se ejecuta en ARM sería de código abierto, mediante licencia BSD modificada de 3 cláusulas. El código fuente está disponible en un repositorio de la fundación en GitHub.

El 5 de noviembre de 2012, Eben Upton anunció el lanzamiento del sistema operativo RISC OS 5 para Raspberry Pi a la comunidad, pudiéndose descargar la imagen de forma gratuita desde la web de la fundación.⁹¹ Su relación con la comunidad RISC OS se remontaba a julio de 2011, cuando habl  en ella de una hipotética versión. El sistema operativo incluye una gran cantidad de aplicaciones como !NetSurf para la navegación web, !StrongED para editar texto, !Maestro para editar m sica, !Packman para la gestión de paquetes o una tienda de aplicaciones llamada !Store donde se puede encontrar aplicaciones gratuitas o de pago. Además se incluyen manuales para crear aplicaciones en BASIC para el sistema operativo.

El 24 de noviembre de 2012, se anunció en la Minecon de París, el juego Minecraft: Pi Edition para Raspberry Pi, basado en la versión Minecraft: Pocket Edition para teléfonos inteligentes y tabletas.⁹³ La descarga se hizo disponible de

forma oficial y gratuita por primera vez el 12 de febrero de 2013 desde el blog del juego, como versión 0.1.1 alpha, junto a instrucciones para ejecutarlo en Raspbian Wheezy. Una de las características principales de este lanzamiento es poder interactuar con el juego mediante programación, con la intención de motivar a los niños a aprender a programar.

El 25 de mayo de 2013, la fundación informó de que se estaba trabajando en una versión del servidor gráfico Wayland para Raspberry Pi, para sustituir al sistema de ventanas X. Con este cambio se lograría suavidad al usar la interfaz gráfica del escritorio, ya que el procesamiento lo realizaría la GPU Videocore y no la CPU, sin interferir en el renderizado 3D.

El 3 de junio de 2013, fue lanzado en la web de la fundación para su descarga la aplicación NOOBS (New Out of Box Software), utilidad que facilita la instalación de diferentes sistemas operativos para Raspberry Pi. Se distribuye en forma de archivo zip que se copia descomprimido a una tarjeta SD de 4 GB o superior, y una vez arrancada la placa con la tarjeta por primera vez, aparece un menú en que se da la opción de instalar una de las diferentes distribuciones en el espacio libre de la tarjeta de memoria, o acceder a internet con el navegador Arora integrado. Más adelante si se desea, es posible acceder a este menú apretando la tecla shift durante el arranque para reinstalar el sistema operativo, elegir otro, o editar el archivo config.txt. NOOBS contiene las distribuciones Linux de carácter general Raspbian, Arch Linux ARM y Pidora; las distribuciones Linux para mediacenter con XBMC Openelec y RaspBMC; y el sistema operativo Risc OS 5.

El 26 de septiembre de 2013, se añadió a los repositorios de Raspbian una versión oficial de Oracle Java JDK ARM con soporte para coma flotante por hardware, que ofrece bastante más rendimiento que la versión OpenJDK ARM ya existente hasta ese momento y más compatibilidad con aplicaciones. También se anunció que esta versión de Oracle Java JDK se incluiría dentro de la distribución en futuras versiones de Raspbian.

2.2.3.4 Accesorios

En mayo de 2012, la fundación informó acerca de que se estaba experimentando con un módulo de cámara para Raspberry Pi, el prototipo usaba un sensor de 14 megapíxeles, y se conectaba al puerto CSI de la placa mediante un cable plano flexible.^{111 112} En noviembre del mismo año, se presentó el prototipo final en la feria Electrónica 2012 en Munich, y se dio a conocer que el sensor sería de 5 megapíxeles y que podría grabar vídeo a 1080p H.264 a 30 fotogramas por segundo. Finalmente el módulo se puso a la venta el 14 de mayo de 2013 en los principales proveedores. Las dimensiones del módulo son 25 x 20 x 9 mm. Para poder hacer uso de él, se tiene que activar en el menú raspi-config de Raspbian. Más tarde, a finales de octubre de 2013 se puso a la venta un módulo de cámara de infrarrojos.

Periféricos y carcasas son comercializados por empresas ajenas a la fundación. Por ejemplo la Gertboard, que ha sido creada con propósito educativo, sirve para hacer uso del puerto GPIO y poder interaccionar con LEDs, interruptores, señales analógicas, sensores, y otros dispositivos. También incluye un controlador opcional para Arduino para poder interaccionar con el Raspberry Pi.

2.2.4 Calidad de Servicio (QoS)

Es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.¹ Cuantitativamente mide la calidad de los servicios que son considerados varios aspectos del servicio de red, tales como:

- Delay

Generalmente el delay se presenta a medida que el tráfico en tiempo real fluye a través de una red convergente con muchos dispositivos tales como switches, routers y/o bridges. Con cada punto que el tráfico usa, se suma progresivamente delay a la comunicación.

- Jitter (Variación del Delay)

En el caso del Jitter, este corresponde a la diferencia entre los peaks promedio del Delay en una comunicación Round-Trip (tráfico ida y vuelta) o One way (solo en 1 sentido). De esta forma el envío de tráfico H.323 con sus constantes ráfagas de flujos UDP al presentar un Jitter muy elevado puede ocasionar desfases en el Audio y Video, ocasionando problemas en la comunicación perdiendo la fluidez en la llamada.

- Ancho de Banda

Se debe considerar un ancho de banda apropiado para las comunicaciones en tiempo real, en particular para el tráfico de Videoconferencia, dependiendo de su velocidad nominal (real), sumando siempre desde un 20% a un 25% de overhead en el flujo H.323 propiamente tal.

- Packet Loss:

La pérdida de paquetes puede ocurrir con las siguientes situaciones:

- ✓ En el momento en que el dispositivo de red procesa paquetes de datos, la CPU se congestiona no logrando procesar paquetes. La cola de entrada (input queue) está llena.
- ✓ Equipo de comunicaciones no tiene espacio de buffer suficiente.
- ✓ CPU de equipo de comunicaciones está congestionada y no puede asignar espacio libre para los nuevos paquetes.
- ✓ Equipo de comunicaciones, a través de su hardware detecta problemas en los frames. Revisión de redundancia cíclica (CRC), Runt (paquetes con tamaño menor a 64 bits) o Giant (Paquetes de datos con tamaño excesivo)

Todos estos inconvenientes relacionados principalmente al tráfico de tiempo real pueden ser tratados con medidas que incluyen:

- Incremento de Ancho de banda
- Calidad de Servicio (QoS)

QoS en escenarios inalámbricos

El entorno inalámbrico es muy hostil para medidas de Calidad de Servicio debido a su variabilidad con el tiempo, ya que puede mostrar una calidad nula en un cierto instante de tiempo. Esto implica que satisfacer la QoS resulta imposible para el 100% de los casos, lo que representa un serio desafío para la implementación de restricciones de máximo retardo y máxima varianza en el retardo (jitter) en sistemas inalámbricos.

Los sistemas de comunicaciones ya estandarizados con restricciones QoS de retardo y jitter en entornos inalámbricos (por ejemplo en GSM y UMTS) sólo pueden garantizar los requisitos para un porcentaje (<100%) de los casos. Esto implica una caída del servicio (Outage o downtime en inglés), generando los cortes de llamadas y/o los mensajes de “red ocupada”. Por otro lado, algunas aplicaciones de datos (por ejemplo, WiFi) no requieren de restricciones de máximo retardo y jitter, por lo que su transmisión sólo necesita de la calidad media del canal, evitando la existencia de caídas del servicio.

Modelos de QoS

Existen 3 principales tipos de modelos QoS:

- ✓ Best Effort: No se aplica ningún tipo de Calidad de servicio en el tráfico.
- ✓ IntServ: Aplicaciones señalizan e informan a la red que requieren Calidad de servicio
- ✓ DiffServ: La red reconoce las clases de tráfico que requieren tratamiento con Calidad de Servicio.

Modelo DiffServ Code Points (DSCP).

Differential Services es uno de los servicios más usados en la actualidad. Posee las siguientes características:

- Asociado a servicios de tráfico con clases
- El marcado se realiza en el punto más cercano al origen.
- Es escalable
- No modifica aplicaciones
- Inter-operatividad con equipamiento que no cumple con DiffServ.

DiffServ es un campo presente en los paquetes IP y que usa principalmente a DSCP, valor que permite entregar a ese tráfico un marcado de acuerdo a su importancia. En ese campo se encuentra también IP Precedence, antiguo valor que también era usado para clasificar y priorizar tráfico de relevancia en la red. IP Precedence aún es válido gracias a las tablas de equivalencia que existen en los dispositivos de red los cuales permiten “mapear” marcas de capa 2 o capa 3. DSCP e IPPrecedence son completamente equivalentes en Capa 3. También se pueden marcar paquetes en Capa 2 con CoS quien trabaja con estas marcas únicamente en enlace de tipo 802.1Q.

2.2.5 Servidores

En informática, un servidor es un tipo de software que realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios. El término servidor ahora también se utiliza para referirse al ordenador físico en el cual funciona ese software, una máquina cuyo propósito es proveer datos de modo que otras máquinas puedan utilizar esos datos.

2.2.5.1 Tipos de Servidores

- **Servidores de Aplicaciones (Application Servers):** Designados a veces como un tipo de middleware (software que conecta dos aplicaciones), los

servidores de aplicaciones ocupan una gran parte del territorio entre los servidores de bases de datos y el usuario, y a menudo los conectan.

- **Servidores de Audio/Video (Audio/Video Servers):** Los servidores de Audio/Video añaden capacidades multimedia a los sitios web permitiéndoles mostrar contenido multimedia en forma de flujo continuo (streaming) desde el servidor.
- **Servidores de Chat (Chat Servers):** Los servidores de chat permiten intercambiar información a una gran cantidad de usuarios ofreciendo la posibilidad de llevar a cabo discusiones en tiempo real.
- **Servidores de Fax (Fax Servers):** Un servidor de fax es una solución ideal para organizaciones que tratan de reducir el uso del teléfono pero necesitan enviar documentos por fax.
- **Servidores FTP (FTP Servers):** Uno de los servicios más antiguos de Internet, File Transfer Protocol permite mover uno o más archivos...Leer más »
- **Servidores Groupware (Groupware Servers):** Un servidor groupware es un software diseñado para permitir colaborar a los usuarios, sin importar la localización, vía Internet o vía Intranet corporativo y trabajar juntos en una atmósfera virtual.
- **Servidores IRC (IRC Servers):** Otra opción para usuarios que buscan la discusión en tiempo real, Internet Relay Chat consiste en varias redes de servidores separadas que permiten que los usuarios conecten el uno al otro vía una red IRC.
- **Servidores de Listas (List Servers):** Los servidores de listas ofrecen una manera mejor de manejar listas de correo electrónico, bien sean discusiones interactivas abiertas al público o listas unidireccionales de anuncios, boletines de noticias o publicidad.

- **Servidores de Correo (Mail Servers):** Casi tan ubicuos y cruciales como los servidores web, los servidores de correo mueven y almacenan el correo electrónico a través de las redes corporativas (vía LANs y WANs) y a través de Internet.
- **Servidores de Noticias (News Servers):** Los servidores de noticias actúan como fuente de distribución y entrega para los millares de grupos de noticias públicos actualmente accesibles a través de la red de noticias USENET.
- **Servidores Proxy (Proxy Servers):** Los servidores proxy se sitúan entre un programa del cliente (típicamente un navegador) y un servidor externo (típicamente otro servidor web) para filtrar peticiones, mejorar el funcionamiento y compartir conexiones.
- **Servidores Telnet (Telnet Servers):** Un servidor telnet permite a los usuarios entrar en un ordenador huésped y realizar tareas como si estuviera trabajando directamente en ese ordenador.
- **Servidores Web (Web Servers):** Básicamente, un servidor web sirve contenido estático a un navegador, carga un archivo y lo sirve a través de la red al navegador de un usuario. Este intercambio es mediado por el navegador y el servidor que hablan el uno con el otro mediante HTTP.
- **Servidor de la telefonía:** realiza funciones relacionadas con la telefonía, como es la de contestador automático, realizando las funciones de un sistema interactivo para la respuesta de la voz, almacenando los mensajes de voz, encaminando las llamadas y controlando también la red o el Internet, p. ej., la entrada excesiva de la voz sobre IP (VoIP), etc.

2.2.5.2 Clases de Servidores según su forma

Servidores en torre: Son los servidores más básicos del mercado. Cuestan lo mismo y ocupan el mismo espacio que la computadora promedio. Los servidores en torre son ideales para las pequeñas empresas que:

-Tienen un espacio limitado y necesitan un procesamiento centralizado sin llegar a requerir una sala de datos.

-Necesitan poder realizar un monitoreo y un mantenimiento más sencillos de los recursos en red.

-Desean reducir la susceptibilidad a las intrusiones y los ataques a través de una ubicación central.

Por lo general, una torre es lo más recomendado como primer servidor. También podrá seleccionar la cantidad de discos duros y procesadores para el servidor. Para una oficina con menos de 25 empleados, debería ser suficiente un servidor con un procesador y dos a cuatro discos duros. Si tiene más de 25 empleados o si tiene planeado ejecutar aplicaciones que hacen un uso intensivo de datos, se recomienda un servidor con dos procesadores y de cuatro a seis discos duros.

- **Servidores en rack:** Estos sistemas apilan los servidores en racks de la misma manera en que un organizador de CD apila los CD. Es una opción que ahorra espacio pero es más adecuada para las empresas que:

-Desean maximizar el espacio en un centro de datos centralizado.

-Necesitan flexibilidad para combinar servidores que se correspondan con las aplicaciones y cargas de trabajo.

-Requieren almacenamiento dedicado de gran tamaño interno para el servidor.

Los servidores en rack son mejores para las pequeñas empresas que tienen mucha experiencia en el mundo de los servidores o para empresas medianas que necesitan más servidores.

- **Servidores blade:** Estos sistemas constituyen los servidores más compactos de los tres. Toman su nombre de la palabra en inglés que significa "hoja" debido a su forma delgada. Pueden instalarse muchos servidores blade de manera

vertical en un único gabinete, para compartir ciertos componentes de hardware como las fuentes de alimentación. Debido a su tamaño ultracompacto, pueden colocarse más servidores en menos espacio. Consolidar una infraestructura de servidores tradicional en gabinetes para blades que ahorran espacio y energía significa:

-Más procesamiento

-Menos espacio

-Menos energía

-Menos tiempo y dinero para la administración

Los servidores blade son ideales para las empresas que requieren mucha más capacidad de computación o las empresas que planean desarrollar un centro de datos.

2.2.5.3 Componentes de un Servidor

Los servidores usan la misma arquitectura básica o configuración que una computadora. Sin embargo, un servidor tiene características de hardware mejoradas, como:

Tarjeta madre del sistema

La tarjeta madre del sistema, que también se conoce como "placa madre", es la tarjeta de circuitos principal de la computadora, a la que se conectan todos los otros componentes del servidor.

Los principales componentes de la tarjeta madre del sistema incluyen el procesador (o CPU), que contiene unos circuitos llamados chipset, la memoria, las ranuras de expansión, una controladora de discos duros y puertos de entrada/salida (E/S) para los dispositivos como teclados, mouse e impresoras. Algunas tarjetas madre también incluyen características adicionales integradas como un adaptador de gráficos, controladora de discos SCSI o una interfaz de red.

Procesador

El procesador es el cerebro del servidor. La velocidad y la cantidad de procesadores de un servidor repercuten enormemente en la capacidad del servidor para admitir aplicaciones. Los procesadores cambian constantemente, por lo que puede resultar difícil determinar cuál es el adecuado para una aplicación. Debe tener en cuenta tres características principales al seleccionar un procesador.

Velocidades del reloj

Representan la velocidad con la que funciona el procesador que típicamente se mide en gigahertz (GHz). Por lo general, cuanto más rápido, mejor: los servidores con velocidades más altas tienen un mejor rendimiento. En el caso de un servidor, esto se traduce en la capacidad para admitir más cuentas de Outlook simultáneas, manejar más solicitudes web durante los períodos de máxima demanda o realizar consultas más rápidas a la base de datos de un cliente. Al comprar un procesador con una frecuencia más alta, se mejora el rendimiento actual del sistema pero también se contribuye a que el servidor pueda manejar la demanda futura.

Cantidad de núcleos

Cantidad de procesadores físicos dentro del procesador en sí. Hoy en día, la mayoría de las CPU poseen dos o cuatro núcleos. Al contar con varios núcleos, los servidores que ejecutan muchas aplicaciones pueden realizar tareas múltiples de una mejor manera. Por ejemplo, pueden ejecutarse análisis para detectar virus con un núcleo mientras se realiza un respaldo de los datos con otro núcleo independiente.

Tamaño de la caché

Cada procesador tiene una memoria de alta velocidad integrada que se encuentra directamente sobre y cerca de la unidad central de procesamiento (CPU). Las

cachés de mayor tamaño reducen la frecuencia que necesita la CPU para obtener datos de la memoria del sistema que se encuentra fuera de la CPU. Para la mayoría de las aplicaciones, esto mejora la capacidad de respuesta del sistema y brinda una mejor experiencia al usuario. Por lo general, las CPU con más núcleos y una mayor frecuencia poseen cachés de mayor tamaño para brindar un rendimiento óptimo.

Memoria

Cuando se abre un archivo o documento, el servidor necesita un lugar para mantener un seguimiento temporal de ese archivo. Usa chips especializados de alta velocidad llamados memoria de acceso aleatorio o RAM. El archivo en sí se almacena en el disco duro una vez que se ejecuta la función "guardar". La RAM está diseñada para el acceso rápido y recuerda enseguida dónde se almacena el archivo en el sistema de discos duros permanentes.

Una regla general es agregar tanta RAM como sea posible: cuanta más RAM haya disponible, más operaciones a la vez podrá manejar el servidor, sin tener que acceder a los discos duros (que son más lentos que la RAM en la placa madre del sistema).

Almacenamiento interno

La mayoría de los servidores están configurados con un disco duro muy grande, como el disco duro de una computadora. Sin embargo, los discos duros de los servidores están diseñados especialmente para el acceso rápido y para brindar la posibilidad de agregar muchos discos duros en el interior.

RAID

Del inglés Redundant Array of Independent Disks o arreglo redundante de discos independientes: combina discos duros en un único sistema de almacenamiento lógico de gran tamaño que escribe los datos en más de un disco para brindar más confiabilidad.

Controladora de red

La conexión de red es una de las partes más importantes de cualquier servidor. La controladora de red maneja las entradas y el tráfico de los clientes (otras computadoras) de la oficina.

Fuente de alimentación

Dado que un servidor suele tener más dispositivos que una computadora típica, requiere una fuente de alimentación más grande (generalmente, de 300 vatios).

2.2.6 VLAN

Una VLAN (acrónimo de virtual LAN, red de área local virtual) es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física.¹ Varias VLAN pueden coexistir en un único conmutador físico o en una única red física. Son útiles para reducir el tamaño del dominio de difusión y ayudan en la administración de la red, separando segmentos lógicos de una red de área local (los departamentos de una empresa, por ejemplo) que no deberían intercambiar datos usando la red local.

2.2.6.1 Tipos de Vlan

VLAN de nivel 1 (por puerto). También conocida como “port switching”. Se especifica qué puertos del switch pertenecen a la VLAN, los miembros de dicha VLAN son los que se conecten a esos puertos. No permite la movilidad de los usuarios, habría que reconfigurar las VLANs si el usuario se mueve físicamente. Es la más común y la que se explica en profundidad en este artículo.

VLAN de nivel 2 por direcciones MAC. Se asignan hosts a una VLAN en función de su dirección MAC. Tiene la ventaja de que no hay que reconfigurar el dispositivo de conmutación si el usuario cambia su localización, es decir, se conecta a otro puerto de ese u otro dispositivo. El principal inconveniente es que si hay cientos de usuarios habría que asignar los miembros uno a uno.

VLAN de nivel 2 por tipo de protocolo. La VLAN queda determinada por el contenido del campo tipo de protocolo de la trama MAC. Por ejemplo, se asociaría VLAN 1 al protocolo IPv4, VLAN 2 al protocolo IPv6, VLAN 3 a AppleTalk, VLAN 4 a IPX.

VLAN de nivel 3 por direcciones de subred (subred virtual). La cabecera de nivel 3 se utiliza para mapear la VLAN a la que pertenece. En este tipo de VLAN son los paquetes, y no las estaciones, quienes pertenecen a la VLAN. Estaciones con múltiples protocolos de red (nivel 3) estarán en múltiples VLANs.

VLAN de niveles superiores. Se crea una VLAN para cada aplicación: FTP, flujos multimedia, correo electrónico... La pertenencia a una VLAN puede basarse en una combinación de factores como puertos, direcciones MAC, subred, hora del día, forma de acceso, condiciones de seguridad del equipo.

➤ **Vlan basadas en puertos**

Con las VLAN de nivel 1 (basadas en puertos), el puerto asignado a la VLAN es independiente del usuario o dispositivo conectado en el puerto. Esto significa que todos los usuarios que se conectan al puerto serán miembros de la misma VLAN. Habitualmente es el administrador de la red el que realiza las asignaciones a la VLAN. Después de que un puerto ha sido asignado a una VLAN, a través de ese puerto no se puede enviar ni recibir datos desde dispositivos incluidos en otra VLAN sin la intervención de algún dispositivo de capa 3.

Los puertos de un switch pueden ser de dos tipos, en lo que respecta a las características VLAN: puertos de acceso y puertos trunk. Un puerto de acceso (switchport mode access) pertenece únicamente a una VLAN asignada de forma estática (VLAN nativa). La configuración por defecto suele ser que todos los puertos sean de acceso de la VLAN 1. En cambio, un puerto trunk (switchport mode trunk) puede ser miembro de múltiples VLANs. Por defecto es miembro de todas, pero la lista de VLANs permitidas es configurable.

El dispositivo que se conecta a un puerto, posiblemente no tenga conocimiento de la existencia de la VLAN a la que pertenece dicho puerto. El dispositivo simplemente sabe que es miembro de una subred y que puede ser capaz de hablar con otros miembros de la subred simplemente enviando información al segmento cableado. El switch es responsable de identificar que la información viene de una VLAN determinada y de asegurarse de que esa información llega a todos los demás miembros de la VLAN. El switch también se asegura de que el resto de puertos que no están en dicha VLAN no reciben dicha información.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

1. PBX

Es la sigla para "Private Branch eXchange", el cual es el sistema que conecta las llamadas dentro de la misma compañía, que por lo general tiene de 2 a 10 000 anexos, además de conexión a otros sistemas telefónicos como la PSTN o la red Móvil.

2. VOIP

VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet, o Voice over Internet Protocol en inglés) es un estándar de telefonía que permite la transmisión de voz sobre una red basada en IP. El uso de una red de VoIP permite que las personas y negocios usen su red IP existente para gestionar sus necesidades de telefonía. Para que esto sea posible debe existir un servidor de VoIP o puerta de enlace para gestionar el tráfico de VoIP y para distribuir las llamadas de la misma forma en la que lo haría un sistema de teléfono análogo. Existen numerosos tipos diferentes de servidores de VoIP pero tienen la misma funcionalidad básica: proporcionar servicios de VoIP a las personas.

3. GATEWAY VOZ

Un Gateway VoIP es un dispositivo de red que convierte las llamadas de voz, en tiempo real, entre una red VoIP y la red telefónica pública conmutada o su centralita digital.

Un Gateway VoIP permite que las llamadas salientes generadas por la centralita tradicional se conviertan a IP y salgan por la conexión a Internet, o al revés, que una centralita convencional pueda recibir llamadas IP.

4. TELEFONOS IP

Todo teléfono que esté basado en el principio de transmisión de voz sobre IP o tecnología VOIP es un teléfono IP, estos pueden ser también basados en software para una PC conocidos como Softphone.

5. SOFTPHONE

El Softphone transforma la computadora en un teléfono multimedia, con capacidad de voz, datos e imagen. Con ellos es posible hacer llamadas hacia teléfonos convencionales a través de internet, generalmente por un pequeño importe, y también realizar llamadas "PC-PC" gratuitamente, que es el tipo más popular de llamada VOIP actualmente, actualmente también se pueden instalar en celulares, dándoles la capacidad de llamar desde su red 3G normal o a través de VOIP.

6. ASTERISK

Asterisk es una aplicación para controlar y gestionar comunicaciones de cualquier tipo, ya sean analógicas, digitales o VoIP mediante todos los protocolos VoIP que implementa. Asterisk es una aplicación OpenSource basada en licencia GPL y por lo tanto con las ventajas que ello representa, lo que lo hace libre para desarrollar sistemas de comunicaciones profesionales de gran calidad, seguridad y versatilidad.

Asterisk es una completa solución de centralita IP por software. Se instala sobre cualquier plataforma de servidor con sistema operativo Linux (GNU Linux) y con las interfaces apropiadas de telefonía (para líneas analógicas o RDSI) - convierte a dicho sistema en una potente centralita telefónica. Proporciona todas las funcionalidades de las grandes centralitas propietarias (buzones de voz, IVR, etc.) y ofrece algunas posibilidades y servicios no disponibles en la mayoría de ellos (grabación de llamadas, extensiones remotas). Además, por su arquitectura abierta, es la solución más competitiva en precio.

7. FREE PBX

Es una de las interfaces de gestión Web para Asterisk con mayor difusión en el mundo de la VoIP y Asterisk. FreePBX es un desarrollo de Open Source que se encuentra bajo licencia GNU GPL y ha sido desarrollado principalmente en Perl y PHP por Phillippe Lindherimer.

8. RASPBERRY PI

La Raspberry Pi es del tamaño de una tarjeta de crédito que se puede conectar a su televisor y un teclado. Se trata de un pequeño ordenador que puede ser utilizado en proyectos de electrónica, y para muchas de las cosas que hace su PC de escritorio, como hojas de cálculo, procesadores de texto y juegos. También reproduce vídeo de alta definición. La placa Raspberry Pi es una mini PC, que utilizaremos como un servidor Asterisk, para la comunicación de los trabajadores de la oficina, esta placa tiene varias ventajas como por ejemplo, su tamaño lo cual nos permite una fácil instalación al no ocupar mucho espacio, lo cual es fundamental para la oficina en la que la instalaremos, por el espacio reducido con el que cuentan para sus numerosos archivadores, además que al ser una oficina pequeña ubicada en una casa acondicionada para ser una oficina no cuenta con un espacio dedicado para los equipos de redes, la Raspberry Pi cuenta con memoria suficiente para procesar las solicitudes de los distintos trabajadores, los cuales no son más de 12, la Raspberry Pi solo necesita 5v para funcionar así que podemos conectarla a un

cargador de celular para suministrarle energía además que si se desea hacer un sistema de contingencia por algún desperfecto energético solo necesitaríamos suministrar con baterías de 5v, para el proyecto hemos escogido la Raspberry PI tipo B que a diferencia de la tipo A la tipo B cuenta con conexión Ethernet y 512MB de memoria RAM(la tipo A cuenta con 256MB).

9. IP

Internet Protocol; es un protocolo de capa 3 que tiene como función principal el uso bidireccional en origen o destino de comunicación para transmitir datos mediante un protocolo no orientado a conexión que transfiere paquetes conmutados a través de distintas redes físicas previamente enlazadas.

10. LAN

Local Area Network, es una red de computadoras que pertenecen a la misma organización y conectados dentro de una área limitada así como por ejemplo una casa, una escuela o una oficina.

11. TOPOLOGÍA DE RED

La Topología hace referencia a la forma de una red. La topología muestra cómo los diferentes nodos están conectados entre sí, y la forma de cómo se comunican está determinada por la topología de la red. Las topologías pueden ser físicas o lógicas.

12. TOPOLOGIA FISICA

Se refiere a la disposición física de las maquinas, los dispositivos de red y cableado.

13. TOPOLOGIA LOGICA

Se refiere al trayecto seguido por las señales a través de la topología física, es decir, la manera en que las estaciones se comunican a través del medio físico. Las estaciones se pueden comunicar entre sí, directa o indirectamente,

siguiendo un trayecto que viene determinado por las condiciones de cada momento.

14. TRONCAL SIP

Las Troncales son lo que se utiliza para llevar una o varias llamadas a un VSP (VOICE SERVICE PROVIDER) o a algún dispositivo que responda al número que se marcó (por ejemplo, otro Asterisk o la PSTN).

Esencialmente, las troncales SIP son troncales de líneas telefónicas que funcionan sobre IP utilizando el protocolo SIP.

15. PSTN

Public Switch Telephony Network, es el servicio de telefonía tradicional provisto por las compañías telefónicas.

16. FXS

(Foreign Exchange Station); La interfaz del abonado externo, es el puerto que envía la línea analógica al abonado, en otras palabras es el enchufe que deja telefónica en la pared, donde conectamos nuestro teléfono; esta línea envía tono de marcado, corriente y tensión de llamada.

17. FXO

(Foreign Exchange Office); La interfaz de central externa, es el puerto que recibe la línea analógica, los equipos como teléfonos o fax se les denomina dispositivos FXO porque tienen adjunto un puerto FXO.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO DE RED CON SERVICIO DE VOIP

3.1 ANÁLISIS INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL

3.1.1 Descripción de Red Actual

La Topología de Red Actual: Se utiliza una topología de red en árbol la cual es como una colección de redes en estrella ordenadas jerárquicamente, teniendo al router como nodo central para la comunicación hacia internet(Figura 2).

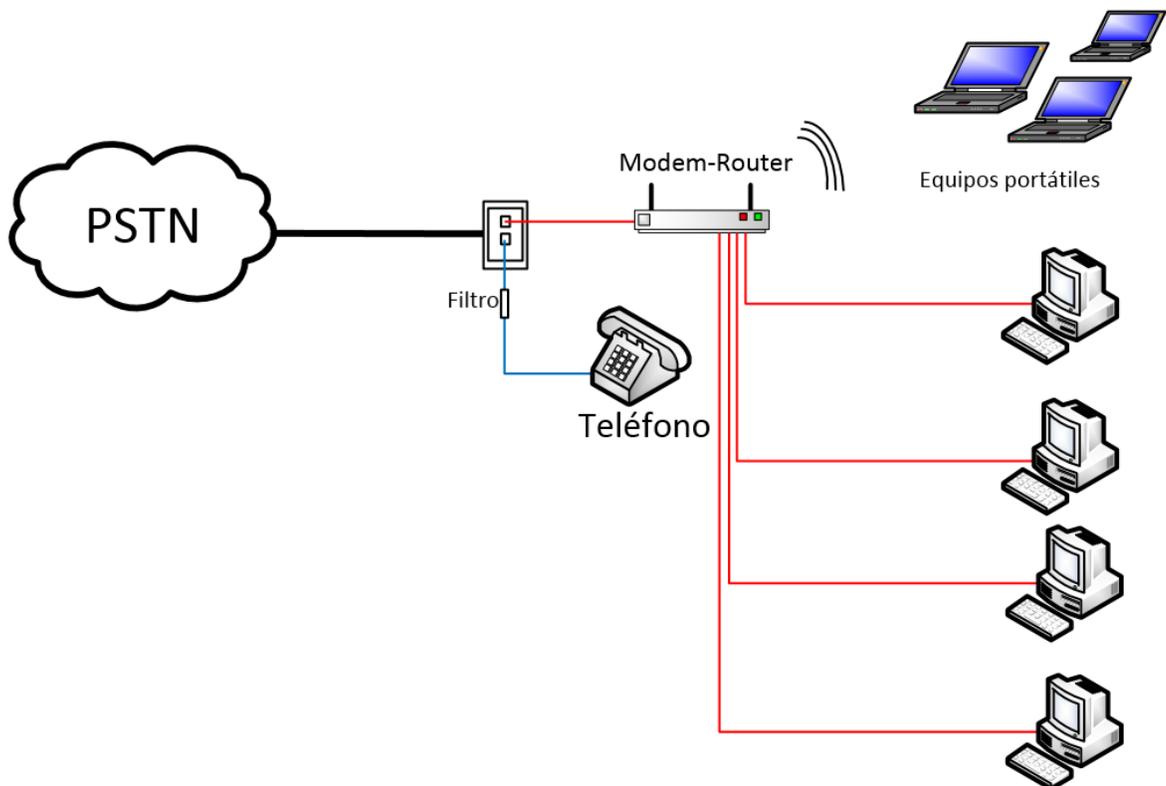


Figura 2: Topología de red de Oficina DIAZ&SOLANO

Conexión a Internet: en la oficina se cuenta con una línea ADSL de 3Mbps, provista por MOVISTAR, la cual llega a un Modem-Router que provee internet cableada a 4 equipos (Asistente de Gerencia, Recepción y los 2 practicantes) y mediante Wireless a 6 laptops.

Conexión a la PSTN: esta es provista por Movistar, la cual nos da una línea analógica que va conectada al teléfono inalámbrico.

Red utilizada: Actualmente se utiliza una red clase C, la cual no presenta ningún inconveniente ya que apenas y se utilizan 11 IPs de las 254 que se podrían utilizar de esta red.

Distribución de direcciones IP: Las direcciones IP's se distribuyen de forma dinámica por el router el cual entrega IP en el segmento desde la IP 192.168.1.11 hasta la 192.168.1.99.

IP's: **192.168.1.11-99**

Puerta de enlace Predeterminada: **192.168.1.1**

DNS1: **200.41.225.130**

DNS2: **200.41.225.146**

En las Figuras 3 y 4 se pueden observar la distribución de los equipos en los 2 pisos de la oficina.

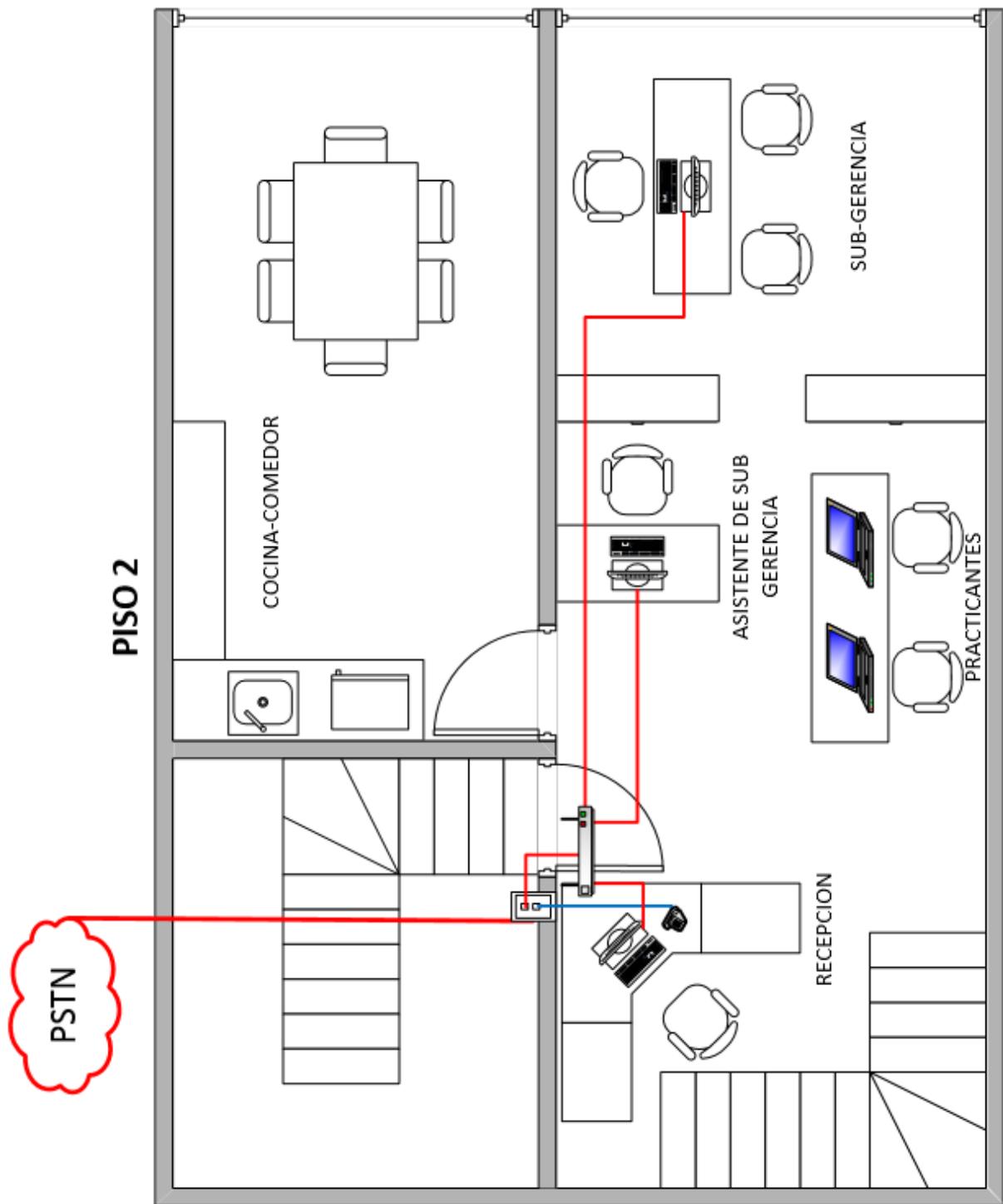


Figura 3: Distribución de equipos de red del segundo piso

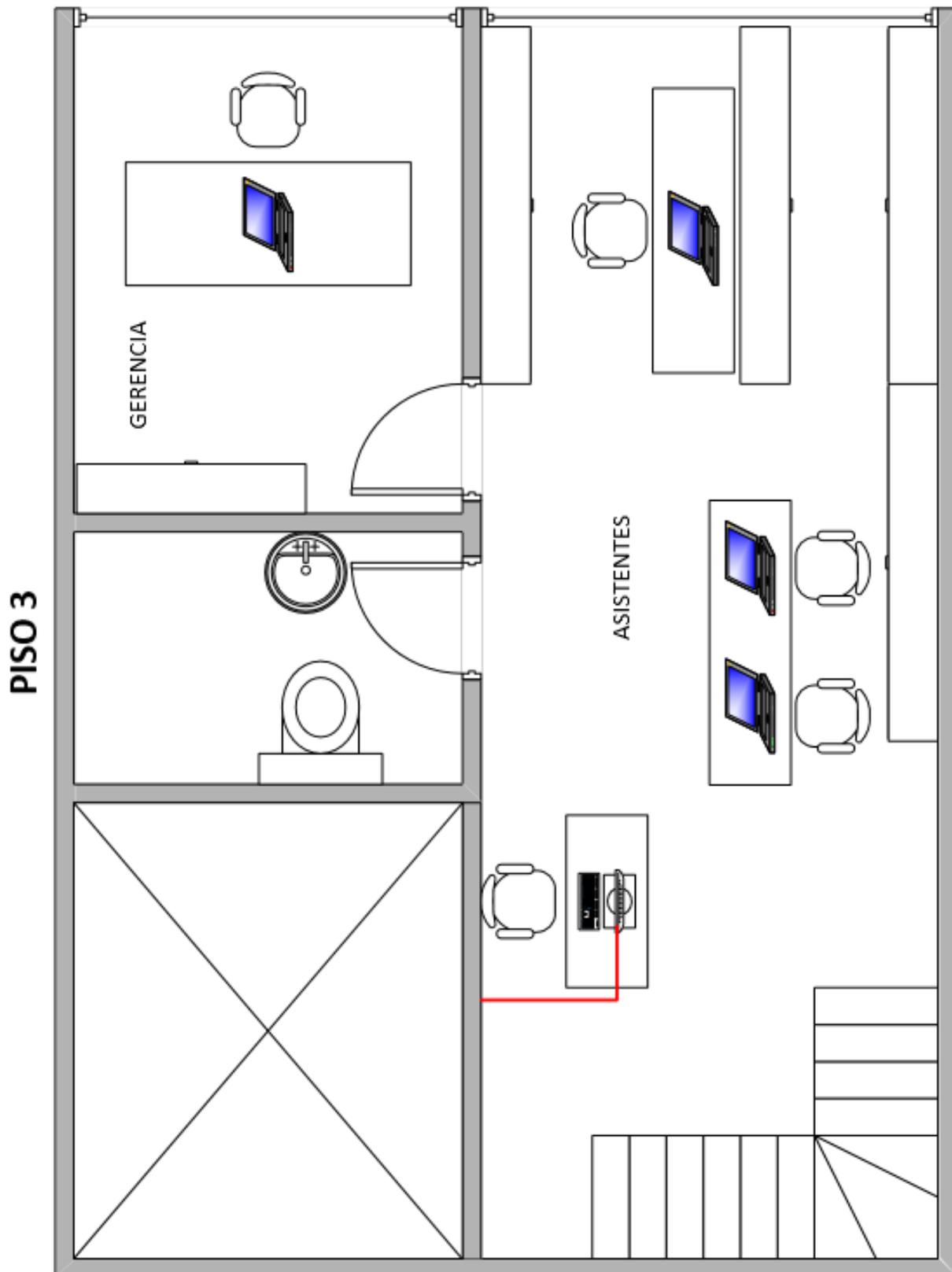


Figura 4: Distribución de equipos de red del tercer piso

3.1.2 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ACTUAL INFRAESTRUCTURA

Modem-Router

Equipo brindado por movistar que ofrece conexión por ADSL, Wifi y 4 puertos Fast Ethernet; el equipo tiene la dirección IP por defecto 192.168.1.1 y viene configurado como servidor DHCP en el rango 192.168.1.0/24.



Figura 5: Modem Router Nucom R5000UN version.2

Teléfono Analógico

En la Oficina solo hay un teléfono analógico inalámbrico que sirve para la comunicación de todo el personal, trabaja a 5.8GHz y se ubica al lado de la recepcionista.



Figura 6: Teléfono Analógico Thomsom GE25932

3.1.3 Observaciones

- La actual topología carece de puertos adicionales para agregar equipos de red, por lo que se necesitara agregar un Switch para agregar los equipos necesarios para la comunicación interna.
- Se tienen muchas IPs libres por lo que no es necesario aumentar el rango de direcciones.

3.2 PROPUESTA DE DISEÑO

Según los requerimientos, para dar solución a las comunicaciones entre usuarios vía teléfonos IP, se necesita un servidor VoIP que para la propuesta se da la Raspberry la cual por su bajo costo y pequeño tamaño es perfecta para funcionar de servidor ya que la demanda de usuarios que usaran el servicio no es demasiada.

Para la comunicación por la PSTN se usa un Gateway HT503 de marca Grandstream el cual estaría conectado a la línea PSTN por su puerto FXO, adicionalmente este equipo permite conectar un teléfono ya que posee un puerto FXS, en el cual se conectaría el Teléfono Analógico con el que se cuenta actualmente.

Teniendo en cuenta que para el diseño propuesto se necesita 2 puertos adicionales también se considera adicionar un Switch con 16 puertos que soporte Vlan's para conectar todos los equipos de la red actuales y nuevos.

Además se instalaría el Softphone Zoiper el cual tiene una versión Libre y está en español, para poder usar las computadoras para pruebas con la central puesta en marcha.

3.2.1 Descripción de Nueva Red Propuesta

La Topología de Red Propuesta: Se mantendría como una tipo árbol, solo que ahora se aumenta un nodo de enlace troncal que conecta el router con el switch para poder aumentar puntos de red donde se puedan conectar los nuevos equipos necesarios para dar la solución final.

El nuevo Switch soporta etiquetado de Vlans por lo que se aprovechara para la creación de la nueva red, creando una red de datos y otra para voz, quedando separadas, siendo que el Router no soporta esta característica al Router se le deja en un puerto en modo acceso para que las computadoras tenga salida a internet.

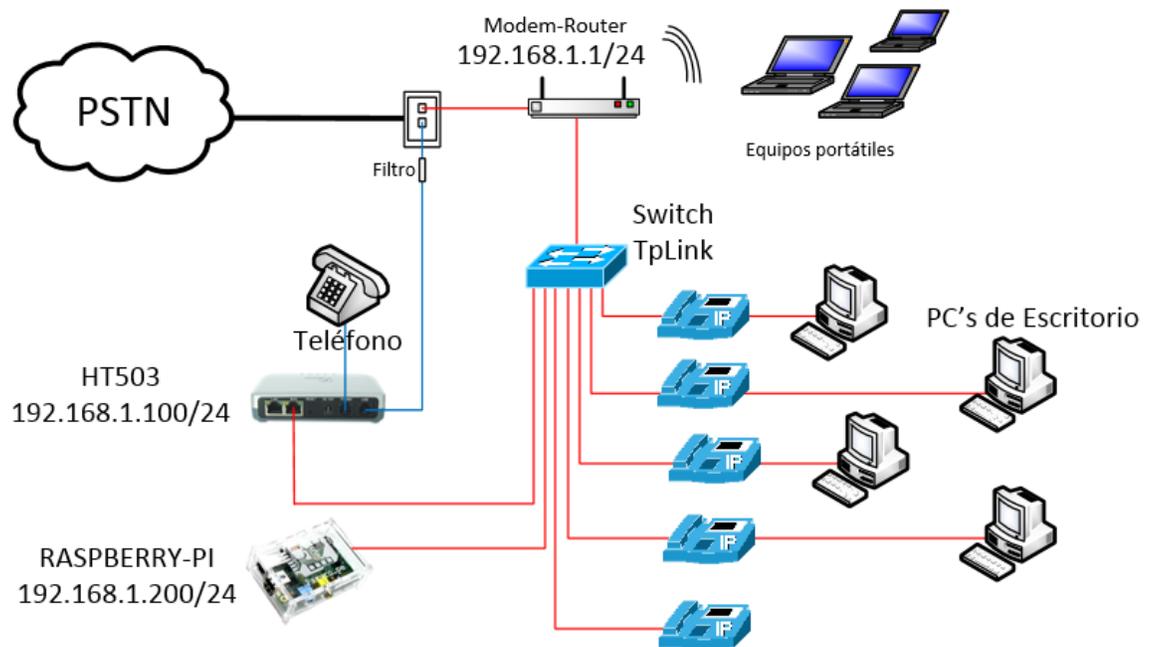


Figura 7: Topología de Red Propuesta

Red de Voz (20): 192.168.1.0/24

Red de Datos (10): 192.168.0.0/24

Distribución de direcciones IP: Las direcciones IP's de la red de datos por DHCP serán desde la IP 192.168.0.11 hasta la 192.168.0.99, el router tendrá 192.168.0.1, y para la red de voz se utilizarán direcciones IP estáticas según la tabla 2.

Tabla 2: Direccionamiento de Equipos

Equipo	Dirección IP
HT503	192.168.1.100
RASPBERRY-PI	192.168.1.200
ROUTER	192.168.1.1
USUARIOS	192.168.1.11-99

Anexos: Cada usuario dispondrá de un anexo el cual será registrado a la central asterisk mediante un Teléfono IP o Softphone instalado en su computadora según Tabla 3.

Tabla 3: Distribución de Anexos

N°	Nombre	Anexo	Cargo	IP
1	Maribel, Mendoza Zorrilla	100	Recepcion/Asistente	192.168.1.100
2	Beker, Diaz Lucana	101	Gerente	192.168.1.11
3	Alicia, Solano Haynapoma	102	Sub-Gerente	192.168.1.12
4	Jossely Lisset, Diaz Solano	103	Asistente	192.168.1.13
5	Thalia Yeysy, Diaz Solano	104	Asistente	192.168.1.14
6	Nestor, Diaz Borja	105	Asistente	192.168.1.15
7	Arturo, Cortez Huaylla	106	Asistente	192.168.1.16
8	Daniela Alexandra, Mamani Pozo	107	Asistente	192.168.1.17
9	Maryori Liz Barja Núñez	108	Practicante	192.168.1.18
10	Miguel Angel, Zavala Huayanay	109	Practicante	192.168.1.19

Este direccionamiento se logra etiquetando la Vlan 20 en los puertos que tienen teléfonos conectados y sin etiquetar la Vlan 10 y para los puertos donde se conectan las PC's solo se deja sin etiquetar la Vlan 10.

La nueva distribución de equipos quedaría según Figuras 8 y 9.

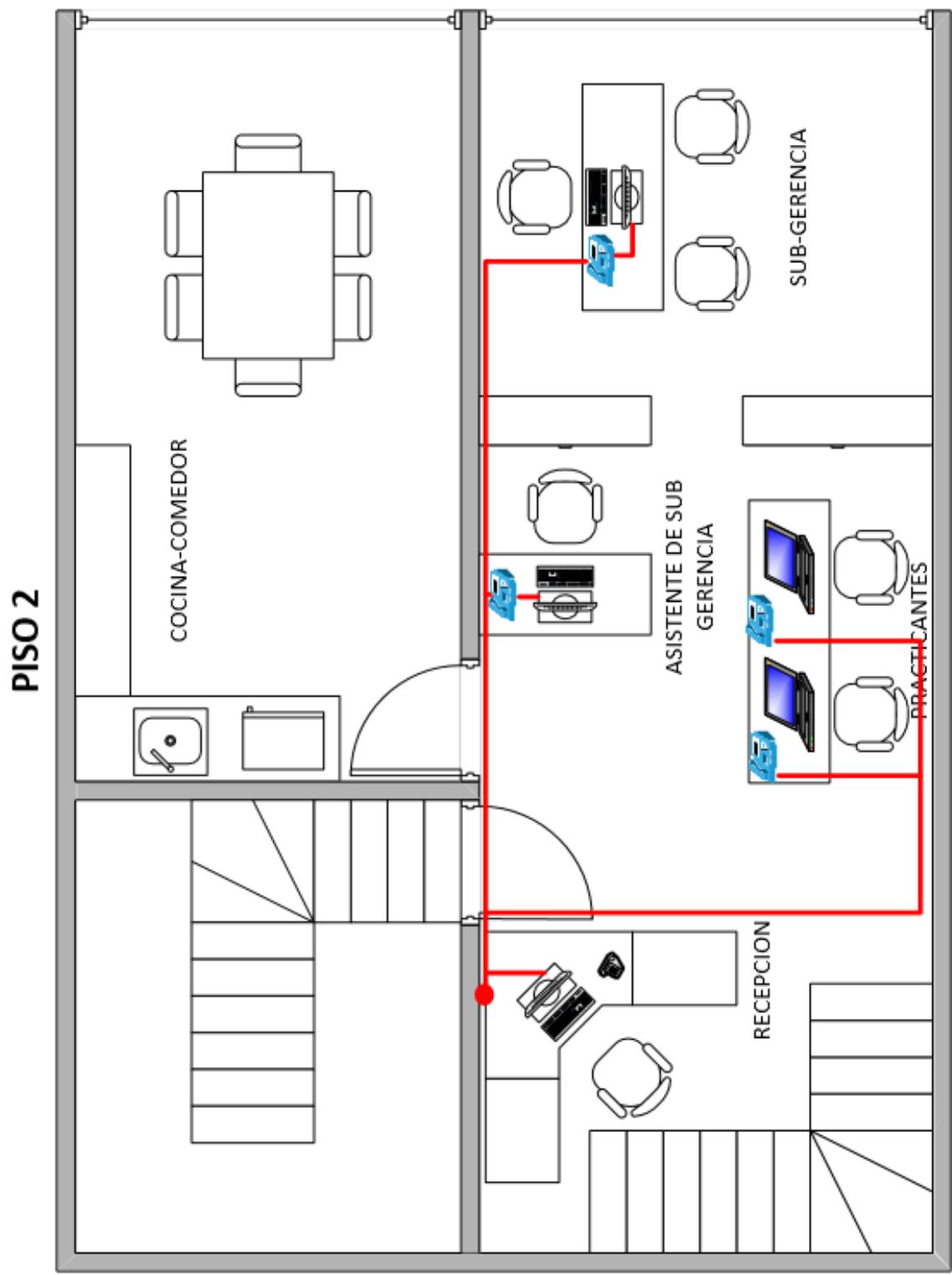


Figura 8: Piso 2 con nueva red propuesta

3.2.2 Equipos de Hardware

Gateway - HT503/Grandstream

Las funciones de HT503 lo convierten en un verdadero 3-en-1, puerta de entrada de la red PSTN, teléfono analógico interfaz FXS y la red IP. El HT503, es el que permite la salida desde/hacia la PSTN a nuestra red VOIP, este necesita una fuente de 12 Voltios a 0.5 Amperios, el puerto etiquetado como PHONE es el puerto FXS al cual se conecta el teléfono analógico, el puerto LINE viene a ser la conexión con la PSTN dada por el proveedor, para este caso MOVISTAR, también disponemos de un puerto WAN para la conexión con la RED provista con el Modem-Router (192.168.1.0/24), y un puerto LAN para crear una red detrás del HT503(192.168.0.0/24).

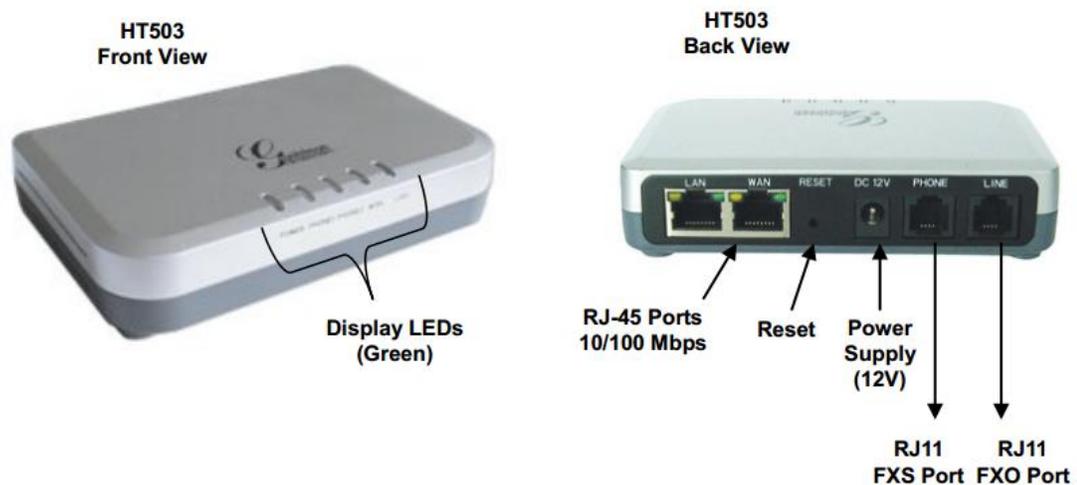


Figura 10: Gateway HT503 - Grandstream

Raspberry PI

Para el servidor donde se instalara el Asterisk se utilizara un equipo Raspberry-PI Tipo B, el cual por su bajo costo, dimensiones y características lo hacen perfecto para la tarea de servidor pues no son muchas las llamadas simultáneas que se realizaran; entre sus características principales tiene:

Raspberry PI - Tipo B

-CPU	Broadcom ARM CPU (700MHz)
-Memoria	512MB
-SD Card	8GB
-Alimentación:	Micro USB - 5VDC/800mA
-Video	Puerto HDMI / RCA Composite Video Output - TV's
-Red	RJ-45 / 100Mb
-USB 2.0	2
-Audio	3..5mm Analog Audio Output



Figura 11: Raspberry PI - Tipo B con y sin Caja

Switch TP-Link TL-SG1016DE

El Smart Switch Gigabit TL-SG1016DE de 16 puertos es una actualización de un switch no gestionado, diseñado para redes de pequeñas y medianas empresas que requieren de una gestión simple de red. Los administradores de red pueden controlar el tráfico a través de Port Mirroring, Loop Prevention y diagnósticos sobre cable. Para optimizar el tráfico en su red de negocios, el TL-SG1016DE ofrece QoS basado en puertos y en etiquetas el cual ayuda a mantener el tráfico sensible a la latencia sin problemas y sin fluctuaciones. Además, la tecnología VLAN basada en puerto o en etiquetas puede mejorar la seguridad y cumplir con los requisitos de segmentación de la red. Además, con su tecnología de eficiencia energética, el TL-SG1016DE puede ahorrar hasta un 40% del consumo de energía, por lo que es una solución ecológica para su red de negocios.

El TL-SG1016DE es fácil de usar y administrar. MDI / MDI-X Auto cruzado en todos los puertos elimina la necesidad de cables cruzados o puertos de enlace ascendentes. La auto-negociación en cada puerto detecta la velocidad de enlace de un dispositivo de red (10, 100 o 1000 Mbps) y ajusta de manera inteligente para una compatibilidad y rendimiento óptimo. Su tamaño compacto lo hace ideal para escritorios con espacio limitado, mientras que también puede ser montado sobre rack de manera cómoda y segura. Luces LED dinámicas proporcionan indicación de estado de trabajo en tiempo real y diagnóstico de fallas básicas.



Figura 12: SWITCH TP-LINK TL-SG1016DE

3.2.3 Software a Utilizar

Asterisk 11.11.0

Asterisk es una completa solución de centralita IP por software que se puede instalar sobre cualquier plataforma con sistema operativo Linux(GNU Linux), la cual también puede ser instalada en la Raspberry Pi.

La última imagen disponible para su descarga se basa en Raspbian (Debian7 / Wheezy) e incluye:

- Asterisk 11.11.0
- FreePBX 2.11.0.38

La cual puede ser descargada desde la página:



<http://www.raspberry-asterisk.org/downloads/>

Figura 13: Imagen extraída de www.raspberry-asterisk.org

Zoiper

Combinando las llamadas de voz y vídeo en una interfaz fácil de usar, ZOIPER ayuda a la transición perfecta de un ambiente tradicional del teléfono en el mundo de la voz sobre IP, se instalará en los ordenadores para poder realizar llamadas entre todos los usuarios de la oficina; ZOIPER también cuenta con una versión para Smartphone.

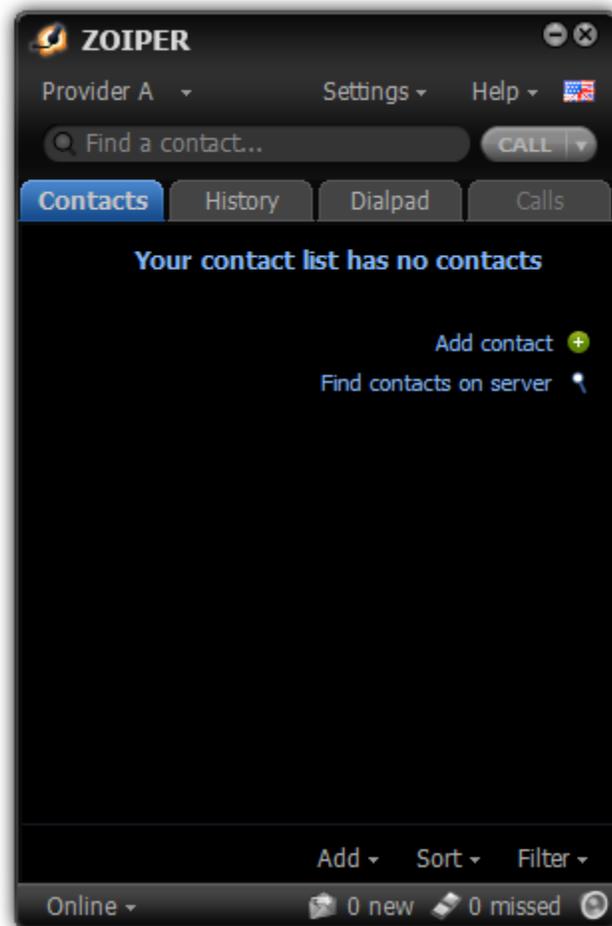


Figura 14: Programa ZOIPER

3.3 CONSIDERACIONES Y CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS

Se adquirieron todos los equipos necesarios para poder realizar algunas pruebas en la oficina Díaz&Solano, a continuación se presentas las configuración utilizadas en los equipos.

3.3.1 Configuración de Asterisk

La configuración del Asterisk se realizara mediante FREEPBX que es una interfaz grafica (GUI-Interfaz Grafica de Usuario) para poder administrar el Asterisk, a la cual se accede mediante la IP de la Raspberry-PI 192.168.1.200, con usuario y contraseña por defecto "admin".



Figura15: Interfaz Web de FreePBX

3.3.1.1 Configuración de Anexos

Según la tabla 3 se configuran lo anexos, ingresando a la pestaña "Applications" se elige del menú desplegable "Extensions", de la ventana que carga se elige en Device: Generic SIP Device, y clic en Submit.



Figura 16: Agregar Anexos

Se agregan todos los anexos, con la configuración por defecto y se cambia los siguientes campos: La contraseña a "abc123" que se encuentra en el campo "secret".

En la parte derecha de la Figura 13 se observan todos los anexos creados.

3.3.1.2 Configuración de Troncal

Se crea una troncal para poder mandar las llamadas que se realicen desde los anexos hacia la telefonía local y viceversa, estas serán recibidas por el Gateway HT503 y las dirigirá hacia la PSTN.

En la pestaña "Connectivity" se elige "Trunks" y agregamos una SIP Trunk.

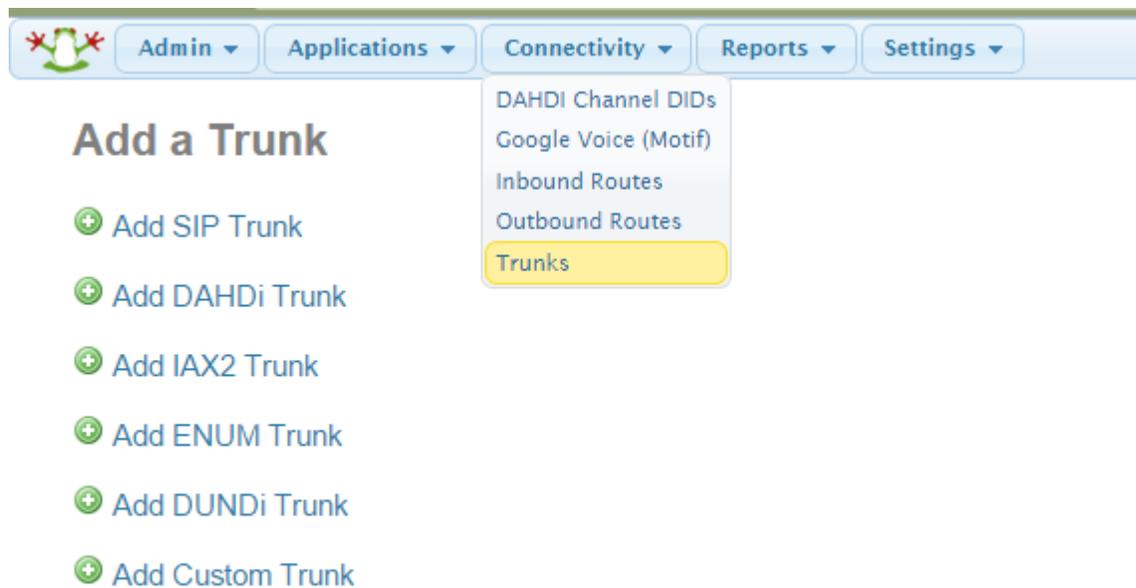


Figura17: Agregar Troncal

Configuramos la troncal con el nombre Movistar-Trunk, el ID de salida a 2875989, y la configuración de entrada y salida como se muestra en la Figura 15.

Admin Applications Connectivity Reports Settings

General Settings

Trunk Name:
 Outbound CallerID:
 CID Options:
 Maximum Channels:
 Asterisk Trunk Dial Options: Override
 Continue if Busy: Check to always try next trunk
 Disable Trunk: Disable

Dialed Number Manipulation Rules

+ |

Dial Rules Wizards:
 Outbound Dial Prefix:

Outgoing Settings

Trunk Name:
 PEER Details:

```

context=from-pstn
user=200
host=192.168.1.100
type=peer
canreinvite=no
insecure=very
dtmfmode=rfc2833
qualify=yes
port=5062
allow=all
  
```

Incoming Settings

USER Context:
 USER Details:

```

context=from-trunk
host=dynamic
insecure=very
type=friend
dtmfmode=rfc2833
secret=abc123
nat=yes
  
```

Figura 18: Configuración de Troncal

3.3.1.3 Configuración de rutas

Rutas Entrantes

Ahora se configura una Ruta entrante, para que envíe las llamadas entrantes al IVR, para que una grabación le solicite que marque el número de anexo y se pueda dirigir la llamada a la persona con quien quiera comunicarse.

The screenshot shows the Asterisk web interface for configuring an incoming route. The navigation menu at the top includes 'Admin', 'Applications', 'Connectivity', 'Reports', and 'Settings'. The 'Connectivity' menu is open, showing options for 'DAHDI Channel DIDs', 'Google Voice (Motif)', 'Inbound Routes' (highlighted), 'Outbound Routes', and 'Trunks'. The main content area is titled 'Delete Route Entrante_Movistar' and 'Edit Incoming Route'. The configuration fields are as follows:

- Description: Entrante_Movistar
- DID Number: 12875989
- CallerID Number: (empty)
- CID Priority Route:

Options

- Alert Info: (empty)
- CID name prefix: (empty)
- Music On Hold: Default
- Signal RINGING:
- Pause Before Answer: (empty)

Privacy

- Privacy Manager: No

Set Destination

- Destination: IVR
- Destination: IVR_1

Buttons: Submit, Clear Destination & Submit

Figura 19: Configuración de Rutas Entrantes

Rutas Salientes

Configuración de la rutas salientes enviándolas por la troncal creada anteriormente, también se configura que se puedan realizar llamadas a números de 3, 4, 7,9 y 10 dígitos por que los usuarios hagan desde llamadas a operadores como Movistar (104) a llamadas nacionales.

Admin Applications Connectivity Reports Settings

Route Settings

Route Name:

Route CID: Override Extension

Route Password:

Route Type: Emergency Intra-Company

Music On Hold?:

Route Position:

Dial Patterns that will use this Route

<input button"="" text"="" type="text" value="🗑"/>

Dial patterns wizards:

Export Dialplans as CSV:

Trunk Sequence for Matched Routes

0

1

Optional Destination on Congestion

Figura 20: Configuración de Rutas Salientes

3.3.1.4 Configuración de IVR

Configuramos el IVR para que reenvíe las llamadas según el número de extensión marcado y si no se marca alguno se deriva a recepción:

The screenshot shows the configuration interface for an IVR system. It includes a navigation menu with 'Admin', 'Applications', 'Connectivity', 'Reports', and 'Settings'. The 'Applications' menu is open, showing options like 'Announcements', 'Conferences', 'Extensions', 'IVR', 'Queues', and 'Ring Groups'. The 'IVR' option is selected.

IVR Name: IVR_1

IVR Description:

IVR Options (DTMF)

- Announcement: marqueanexo
- Direct Dial: Disabled
- Timeout: 5
- Invalid Retries: Disabled
- Timeout Retries: 0
- Timeout Retry Recording: None
- Append Announcement on Timeout:
- Timeout Recording: None
- Timeout Destination: Extensions <100> Recepcion
- Return to IVR after VM:

IVR Entries

Ext	Destination	Return	Delete
101	Extensions <101> Beker Diaz	<input type="checkbox"/>	
102	Extensions <102> Alicia Solano	<input type="checkbox"/>	
103	Extensions <103> Josselyn Diaz	<input type="checkbox"/>	
104	Extensions <104> Thalia Yeysy	<input type="checkbox"/>	
105	Extensions <105> Nestor Diaz	<input type="checkbox"/>	
106	Extensions <106> Arturo Cortez	<input type="checkbox"/>	
107	Extensions <107> Daniela Alexandra	<input type="checkbox"/>	
108	Extensions <108> Maryori Barja	<input type="checkbox"/>	
109	Extensions <109> Miguel Zavala	<input type="checkbox"/>	
digits pressed	== choose one ==	<input type="checkbox"/>	

Figura 21: Configuración de IVR

3.3.2 Configuración de Gateway HT503

Para configurar el HT503, se conecta al puerto LAN a una PC configurada para obtener dirección IP a través de DHCP:

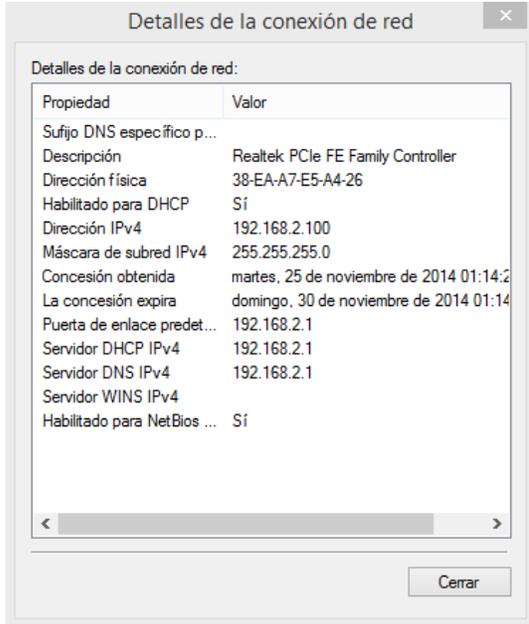


Figura 22: IP obtenida por Grandstream HT503

Se accede mediante la IP 192.168.2.1, que es la del HT503, en un navegador WEB, la contraseña por defecto es "admin", en la configuración básica se configura la dirección que tendrá para la red 192.168.1.0/24:

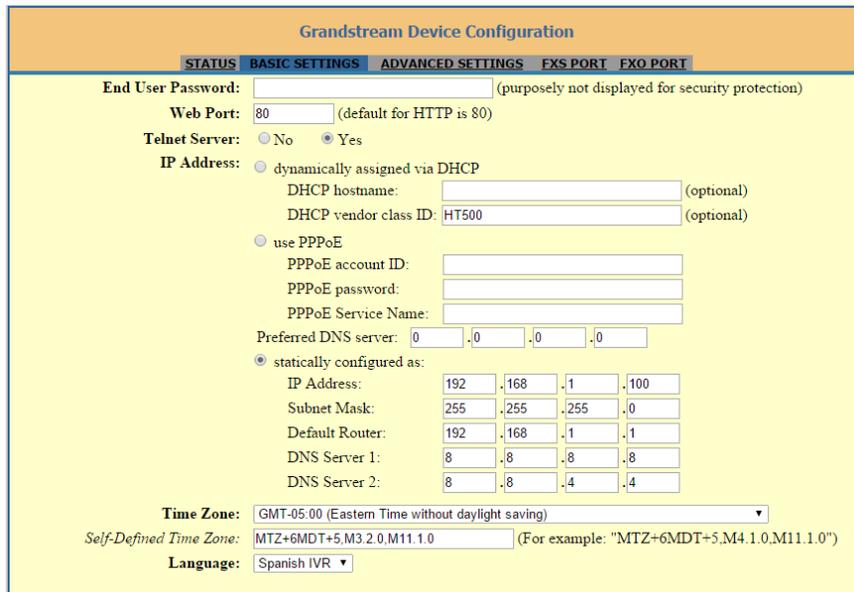


Figura 23: IP para la interfaz WAN

Al final de la página de configuración básica se configura el reenvío para las llamadas entrantes de la PSTN para que las conteste el IVR:

The screenshot shows a configuration section titled "Unconditional Call Forward to VOIP:". It contains three input fields: "User ID" with the value "12875989", "Sip Server" with the value "192.168.1.200", and "Sip Destination Port" with the value "5060". Below these fields are four buttons: "Update", "Apply", "Cancel", and "Reboot". At the bottom of the page, there is a small copyright notice: "All Rights Reserved Grandstream Networks, Inc. 2006-2013".

Figura 24: Reenvío de llamadas entrante hacia el Asterisk

Puerto FXS

Para la configuración del puerto FXS, al cual se conecta el teléfono Analógico, lo configuraremos con la extensión Recepcionista de la siguiente manera:

The screenshot shows the "Grandstream Device Configuration" page with the "FXS PORT" tab selected. The page contains various configuration options for the FXS port, including:

- Account Active:** Radio buttons for "No" and "Yes" (selected).
- Primary SIP Server:** Text input field containing "192.168.1.200" (e.g., sip.mycompany.com, or IP address).
- Failover SIP Server:** Text input field (Optional, used when primary server no response).
- Prefer Primary SIP Server:** Radio buttons for "No" (selected) and "Yes" (yes - will register to Primary Server if Failover registration expires).
- Outbound Proxy:** Text input field (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address, if any).
- SIP Transport:** Radio buttons for "UDP" (selected), "TCP", and "TLS" (default is UDP).
- NAT Traversal:** Radio buttons for "No" (selected), "Keep-Alive", "STUN", and "UPnP".
- SIP User ID:** Text input field containing "100" (the user part of an SIP address).
- Authenticate ID:** Text input field containing "100" (can be identical to or different from SIP User ID).
- Authenticate Password:** Text input field with masked characters "*****" (purposely not displayed for security protection).
- Name:** Text input field (optional, e.g., John Doe).
- DNS Mode:** Radio buttons for "A Record" (selected), "SRV", "NAPTR/SRV", and "Use Configured IP".
- Primary IP:** Text input field.
- Backup IP1:** Text input field.
- Backup IP2:** Text input field.
- Tel URI:** Dropdown menu set to "Disabled".
- SIP Registration:** Radio buttons for "No" and "Yes" (selected).
- Unregister On Reboot:** Radio buttons for "No" (selected) and "Yes".
- Outgoing Call without Registration:** Radio buttons for "No" and "Yes" (selected).
- Register Expiration:** Text input field containing "60" (in minutes, default 1 hour, max 45 days).

Figura: 25 Configuración de puerto FXS

Puerto FXO

En la pestaña del puerto FXO, configuramos los datos del usuario y contraseña ingresados en la troncal:

The screenshot shows the 'Grandstream Device Configuration' interface with the 'FXO PORT' tab selected. The configuration is as follows:

- Account Active:** No Yes
- Primary SIP Server:** 192.168.1.200 (e.g., sip.mycompany.com, or IP address)
- Failover SIP Server:** (Optional, used when primary server no response)
- Prefer Primary SIP Server:** No Yes (yes - will register to Primary Server if Failover registration expires)
- Outbound Proxy:** (e.g., proxy.myprovider.com, or IP address, if any)
- SIP Transport:** UDP TCP TLS (default is UDP)
- NAT Traversal:** No Keep-Alive STUN UPnP
- SIP User ID:** Movistar-in (the user part of an SIP address)
- Authenticate ID:** Movistar-in (can be identical to or different from SIP User ID)
- Authenticate Password:** ***** (purposely not displayed for security protection)
- Name:** (optional, e.g., John Doe)
- DNS Mode:** A Record SRV NAPTR/SRV Use Configured IP
- Primary IP:**
- Backup IP1:**
- Backup IP2:**
- Tel URI:** Disabled
- SIP Registration:** No Yes
- Unregister On Reboot:** No Yes
- Outgoing Call without Registration:** No Yes
- Register Expiration:** 60 (in minutes, default 1 hour, max 45 days)
- Reregister before Expiration:** 0 (in seconds, Default 0 second)
- SIP Registration Failure Retry Wait Time:** 20 (in seconds, Between 1-3600, default is 20)
- Local SIP port:** 5062 (default 5062)

Figura 26: Configuración de Usuario para Troncal

Configuración de codificador de Voz:

También podemos seleccionar el CODEC preferido que utilizaremos en las llamadas para que puedan ser aceptados por esta troncal, para este caso se usa PCMA/G.711:

Use First Matching Vocoder in 2000K SDP: No Yes

Preferred Vocoder: (in listed order)

choice 1: PCMA ▼

choice 2: PCMU ▼

choice 3: G723 ▼

choice 4: G729 ▼

choice 5: G726-32 ▼

choice 6: iLBC ▼

choice 7: G729E ▼

choice 8: AAL2-G726-16 ▼

Voice Frames per TX: 2 (default 2, from 1 to 4 for G711/G726/G729)

G723 Rate: 6.3kbps encoding rate 5.3kbps encoding rate

iLBC Frame Size: 20ms 30ms

iLBC Payload Type: 97 (between 96 and 127, default is 97)

AAL2-G726-16 Payload Type: 100 (between 96 and 127, default is 100)

AAL2-G726-24 Payload Type: 99 (between 96 and 127, default is 99)

AAL2-G726-32 payload type: 104 (between 96 and 127, default is 104)

AAL2-G726-40 Payload Type: 103 (between 96 and 127, default is 103)

G729E Payload Type: 102 (between 96 and 127, default is 102)

VAD: No Yes

Symmetric RTP: No Yes

Fax Mode: T.38 (Auto Detect) Pass-Through

Fax Tone Detection Mode: Caller Callee Caller or Callee

Jitter Buffer Type: Fixed Adaptive

Jitter Buffer Length: Low Medium High

SRTP Mode: Disabled Enabled but not forced Enabled and forced

Caller ID Scheme: Bellcore/Telcordia ▼

FSK Caller ID Minimum RX Level (dB): -40 (-96 - 0dB. Default -40dB)

FSK Caller ID Seizure Bits: 70 (0 - 800 bits. Default 70)

FSK Caller ID Mark Bits: 40 (1 - 800 bits. Default 40)

Caller ID Transport Type: Relay via SIP From ▼

Send Hook Flash To PSTN: No Yes (If Yes, hook flash will be sent to PSTN upon receiving flash event from RFC2833 or SIP INFO)

Hook Flash Duration (ms): 600 (200 - 1500 milliseconds. Default 600)

Gain: TX 0dB default ▼ RX 0dB default ▼

Disable Line Echo Canceller (LEC): No Yes

Figura 27: Configuración de Codificador de Voz

Configuración de Terminación FXO:

En la terminación FXO se configura la impedancia de la línea a fin de lograr el menor ruido en la comunicación telefónica, se puede ir cambiando entre valores hasta obtener el óptimo valor (Se recomienda COMPLEX3 para Movistar):

FXO Termination

Enable Current Disconnect: No Yes (Default Yes. If set to yes, enter threshold below)

Current Disconnect Threshold (ms): (50-800 milliseconds. Default 100 milliseconds)

Enable PSTN Disconnect Tone Detection: No Yes (Default No)

(If set to yes, the following tone is used as the disconnect signal)

PSTN Disconnect Tone:
(Syntax: f1=freq@vol, f2=freq@vol, c=on1/off1-on2/off2-on3/off3:)
(Allowed Range: freq = 0 to 4000Hz; vol = -40 to -24dBm)
(Default: Busy Tone: f1=480@-32,f2=620@-32,c=500/500:)

AC Termination Model Country-based Impedance-based (Default Country-based)

Country-based

Impedance-based

Number of Rings: (1-50. Default 4)
(Number of rings for a PSTN incoming call before FXO port answers to accept VoIP number)

PSTN Ring Thru FXS: No Yes (Default Yes)
(If set to yes, all incoming PSTN calls will ring the FXS port after the Ring Thru Delay)

PSTN Ring Thru Delay (sec): (1-10 seconds. Default 4 seconds)

Figura 28: Configuración de Terminación FXO

3.3.3 Configuración de Softphone Zoiper

Se descarga el instalador desde la página oficial de Zoiper en la cual se encuentran versiones de pago y una que es free con características limitadas pero que son lo suficiente para su fin en este trabajo. Después de realizar la instalación de Zoiper, al iniciar el Softphone por primera vez, pedirá una prueba de audio, micrófono y cámara.

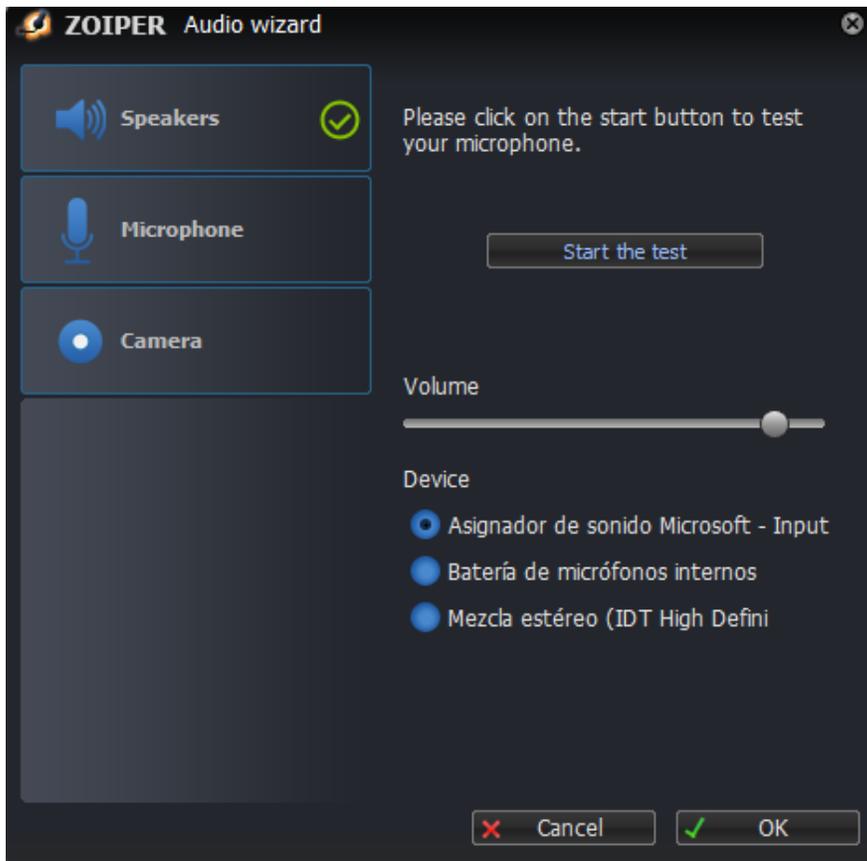


Figura 29: Configuración Inicial de ZOIPER

Luego de esto configuramos el tipo de cuenta a usar, la cual será una cuenta SIP configurada en FreePBX:

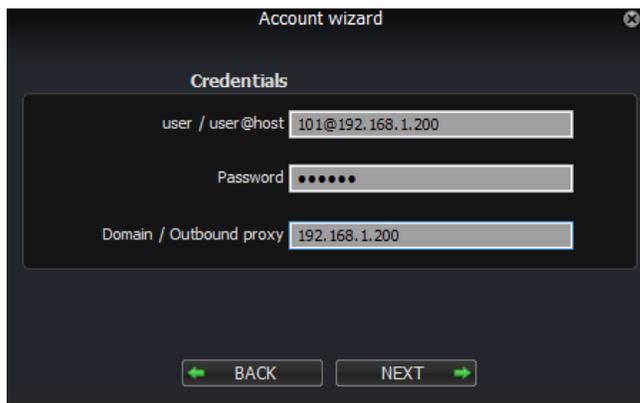


Figura 30: Configuración de cuenta SIP

El siguiente paso es seleccionar el idioma para la aplicación:

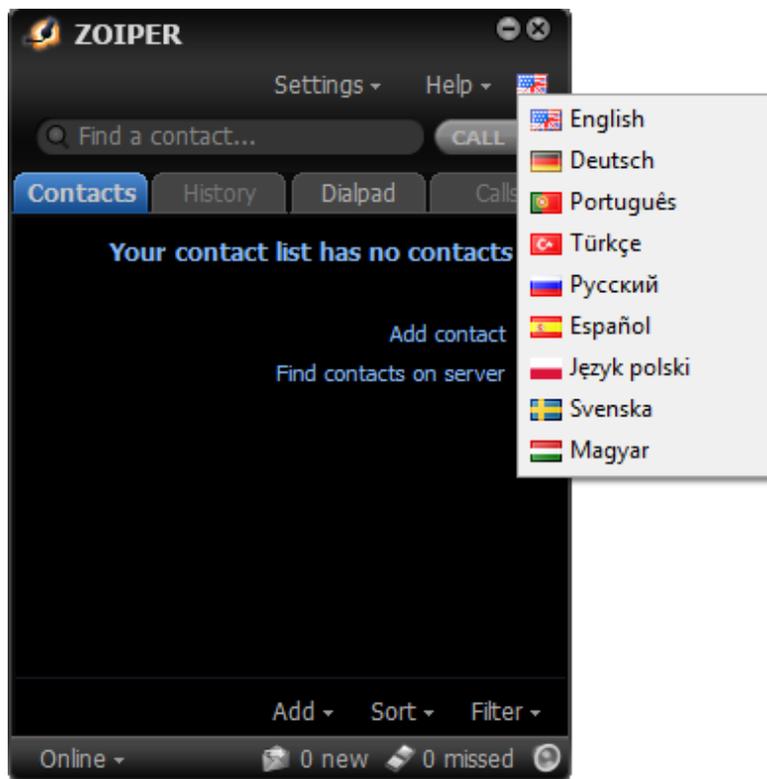


Figura 31: Cambiar Idioma

Por último se deja minimizada la aplicación.

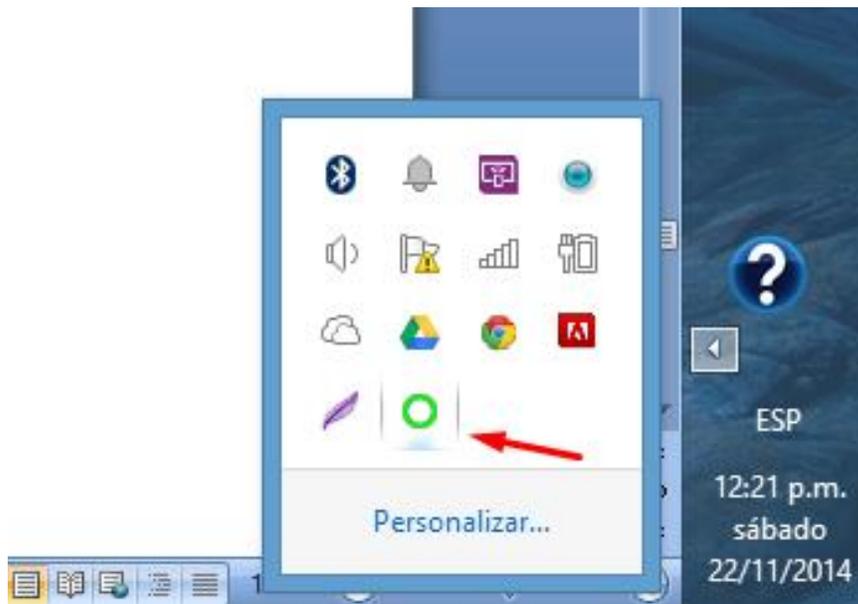


Figura 32: Zoiper Minimizado

3.4 Pruebas y Resultados

Teniendo todos los equipo configurados se comenzaron las pruebas de comunicación configurando el teléfono Analógico, el Softphone Zoiper en una PC y 2 Smartphone con la aplicación ubicada en el PlayStore de Google.

Se configura las direcciones IP para todos los equipos según el direccionamiento de la pagina 56, y como primer paso se prueba la conectividad con todos los equipos:

Las pruebas se realizan desde PC1 configurada según Figura 33:

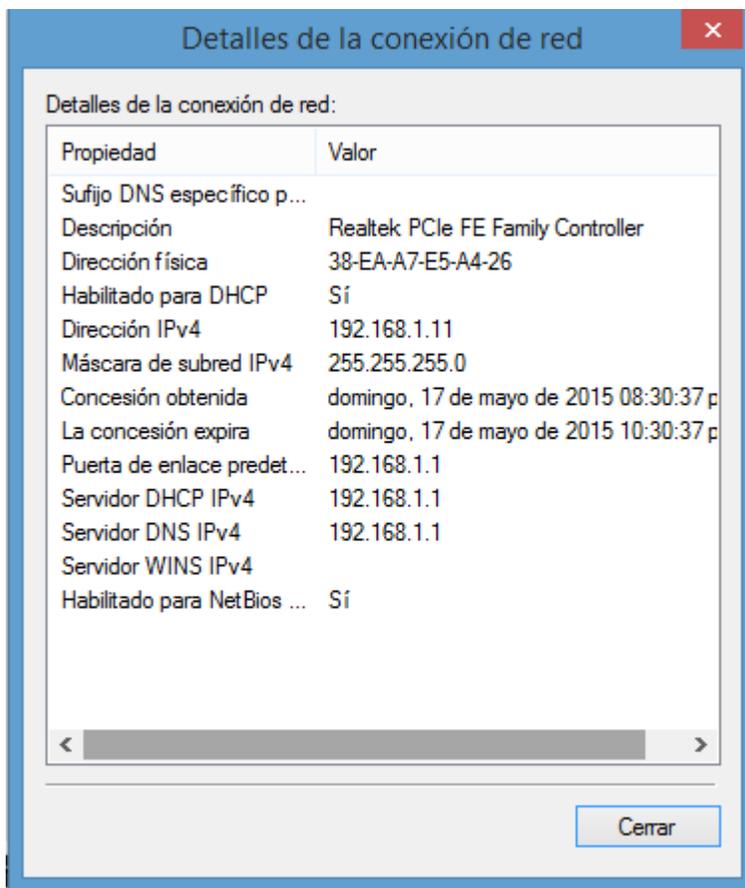


Figura 33: Dirección IP de PC-1

Desde la PC-1 se realiza un Ping continuo(Opción -t) al Asterisk para comprobar conectividad con este, según se puede observar en la Figura 34.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - ping 192.168.1.200 -t

C:\Users\sonia>ping 192.168.1.200 -t

Haciendo ping a 192.168.1.200 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

```

Figura 34: Ping a RaspBerry PI

Para el equipo Grandstream HT503 no tiene habilitado el puerto para recibir paquetes ICMP por lo que el equipo no responderá al ping, por lo que en la Figura 35 se muestra los Peers SIP registrados que se sacan de la GUI del Asterisk:

Sip Peers

Name/username	Host	Dyn	Forcerport	Comedia	ACL	Port	Status	Description
100/100	192.168.1.100	D	No	No	A	5060	OK (11 ms)	
101/101	192.168.1.11	D	No	No	A	34043	OK (11 ms)	
102/102	192.168.1.12	D	No	No	A	37264	OK (137 ms)	
103	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
104	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
105/105	192.168.1.10	D	No	No	A	57166	OK (14 ms)	
106	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
107	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
108	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
109	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
200	(Unspecified)	D	No	No	A	0	UNKNOWN	
Movistar-in/Movistar-in	192.168.1.100	D	Yes	Yes		5062	Unmonitored	
Movistar-out	192.168.1.100		Auto (No)	No		5062	OK (12 ms)	

13 sip peers [Monitored: 5 online, 7 offline Unmonitored: 1 online, 0 offline]

Equipos Registrados

Conexion de Grandstream por troncales creadas

IAX2 Peers

Name/Username	Host	Mask	Port	Status	Description
0 iax2 peers [0 online, 0 offline, 0 unmonitored]					

Figura 35: Peers registrados en el Asterisk

En la Figura 35 el Peer **100** es el teléfono Analógico que se registra a través del HT503 y por eso aparece la IP de este equipo, así como las troncales creadas para la salida y entrada de llamadas.

Los otros equipos son:

- 101** Zoiper en PC
- 102** Zoiper en SmartPhone
- 105** Zoiper en SmartPhone

Prueba de Rendimiento del servidor Asterisk:

Para esta prueba se usa el comando TOP(Figura 36) vía consola en el servidor Asterisk y el FreePBX System Status(Figura 37):

```

top - 01:44:36 up 44 min, 1 user, load average: 0.72, 0.56, 0.42
Tasks: 77 total, 1 running, 76 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 1.0 us, 0.7 sy, 0.0 ni, 98.0 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.3 si, 0.0 st
KiB Mem: 497056 total, 210280 used, 286776 free, 17440 buffers
KiB Swap: 204796 total, 0 used, 204796 free, 91780 cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR  S  %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 3056 root        20   0 74404  22m  10m  S   1.3   4.7   0:46.47 asterisk
 3731 root        20   0  3424  1320  944  R   1.0   0.3   0:06.82 top
 2899 root        20   0  9220  2972 2396  S   0.7   0.6   0:01.79 sshd
    1 root        20   0  2104   704  608  S   0.0   0.1   0:02.01 init
    2 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kthread
    3 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.81 ksoftirqd/0
    4 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kworker/0:0
    5 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kworker/0:0H
    7 root        rt    0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.03 watchdog/0
    8 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 khelper
    9 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kdevtmpfs
   10 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 netns
   11 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 writeback
   12 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kintegrityd
   13 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 bioset
   14 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kblockd
   15 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.26 khubd
   16 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.94 kworker/0:1
   17 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 khungtaskd
   18 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.19 kswapd0
   19 root        25   5     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 ksmd
  
```

Figura 36: Comando TOP - Consola Asterisk

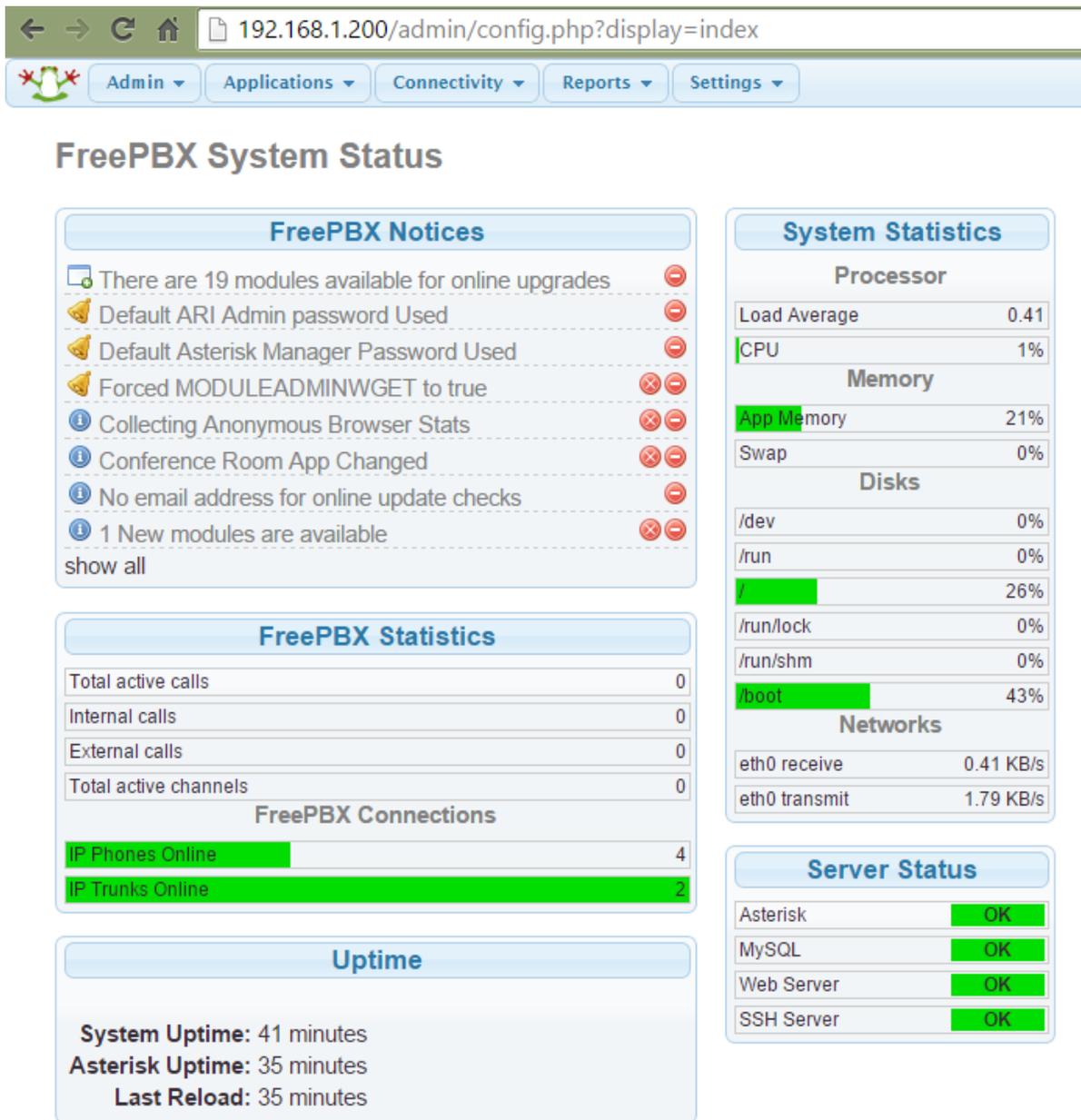


Figura 37: FreePBX System Status

En la Figura 38 además de poder monitorear el consumo de CPU se observan las conexiones, acá se tienen 2 troncales que conectadas que se configuraron para la salida a PSTN y 4 teléfonos registrados que ya se mencionaron en la figura 35.

Se agrega un anexo mas para poder realizar 3 llamadas en simultáneo, 1 llamada desde el teléfono Analógico y 2 llamadas entre los 4 anexos IP teniendo:

- 100 llama a Teléfono Publico
- 101 llama a 102
- 104 llama a 105

Los resultados del System Status y TOP se muestran en la Figura 38 y 39 respectivamente:

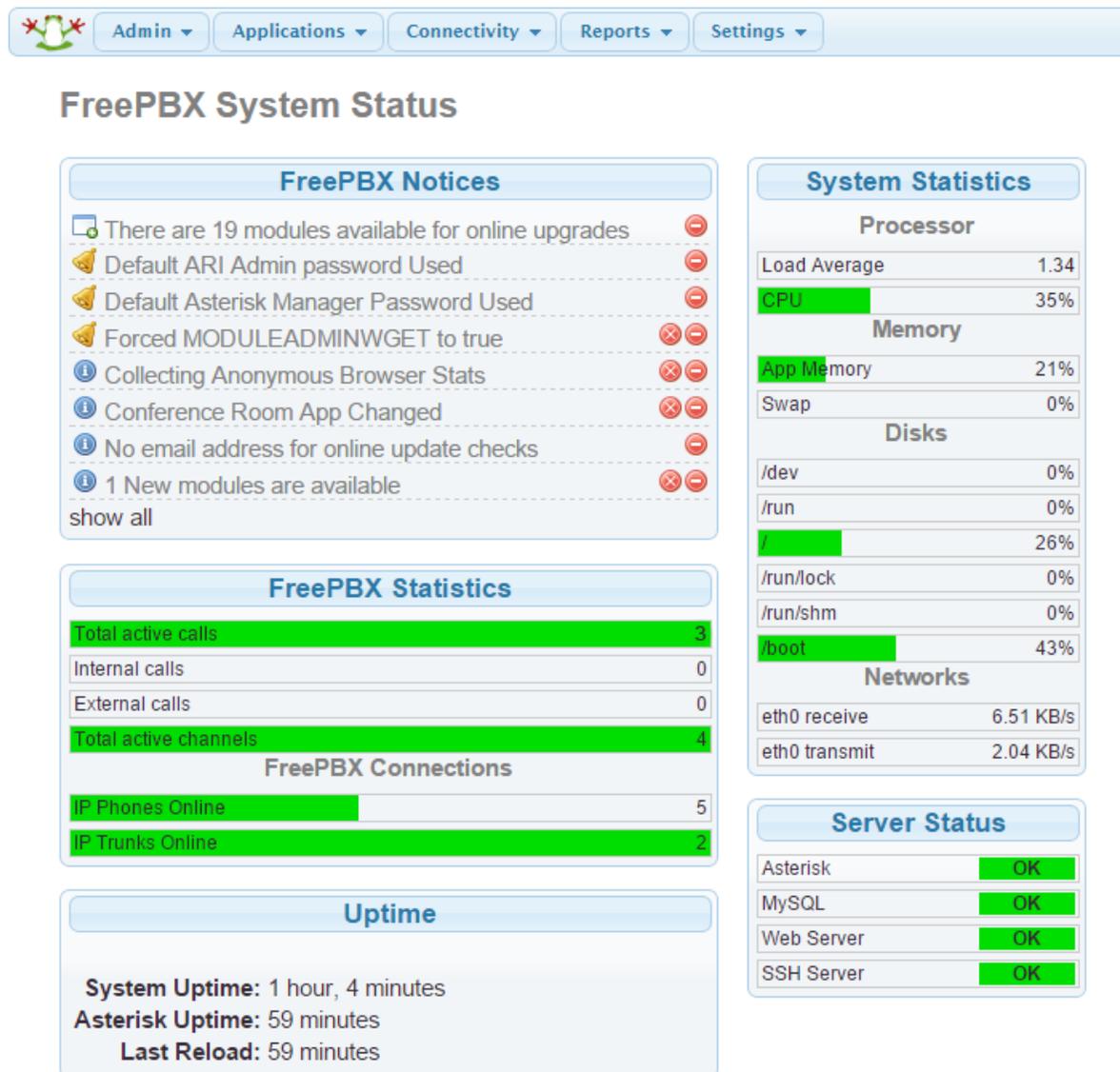


Figura 38: System Status con 3 Llamadas Simultaneas

```

top - 02:15:15 up 1:15, 1 user, load average: 0.97, 1.16, 1.12
Tasks: 77 total, 1 running, 76 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
%Cpu(s): 20.7 us, 1.5 sy, 0.0 ni, 58.9 id, 18.3 wa, 0.0 hi, 0.6 si, 0.0 st
KiB Mem: 497056 total, 223580 used, 273476 free, 20420 buffers
KiB Swap: 204796 total, 0 used, 204796 free, 100536 cached

  PID USER      PR  NI  VIRT  RES  SHR  S  %CPU  %MEM    TIME+  COMMAND
 5597 root        20   0  3424 1280  944  R   1.0   0.3   0:06.02 top
   16 root        20   0     0     0     0  S   0.3   0.0   0:01.63 kworker/0:1
 2240 mysql      20   0 310m  39m 6156  S   0.3   8.1   0:22.91 mysqld
 2410 nagios    25   5 5284 1364  696  S   0.3   0.3   0:06.07 nagios3
 2980 root       -2   0 1700 1668 1352  S   0.3   0.3   0:02.11 watchdog
 4970 root        20   0 9220 2976 2396  S   0.3   0.6   0:02.52 sshd
    1 root        20   0 2104   704  608  S   0.0   0.1   0:02.06 init
    2 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kthreadd
    3 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:02.08 ksoftirqd/0
    4 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kworker/0:0
    5 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kworker/0:0H
    7 root        rt   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.06 watchdog/0
    8 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 khelper
    9 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kdevtmpfs
   10 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 netns
   11 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 writeback
   12 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kintegrityd
   13 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 bioset
   14 root         0 -20     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 kblockd
   15 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.26 khubd
   17 root        20   0     0     0     0  S   0.0   0.0   0:00.00 khungtaskd

```

Figura 39: Revisando el Rendimiento con comando TOP con 3 llamadas

Por último se realizan prueba para verificar la conexión mediante la creación de 2 VLAN's pero como no se cuenta con el Switch TP-Link se recurre a utilizar un Switch Cisco que se tiene disponible en mi centro laboral, además se utiliza un teléfono IP Grandstream GPX1405 prestado también por este, para realizar pruebas; se realiza la configuración en base a lo que se configuraría en los puertos del Switch TP-LINK:

Tabla 4: Puertos de Switch

	Equipo	Etiquetado	Sin Etiquetar
Puerto 1	HT503	-	20
Puerto 2	Teléfono IP	20	10
Puerto 3	Teléfono IP	20	10
Puerto 4	Teléfono IP	20	10
Puerto 5	Teléfono IP	20	10
Puerto 6	Teléfono IP	20	10
Puerto 7	Teléfono IP	20	10

Puerto 8	Teléfono IP	20	10
Puerto 9	Teléfono IP	20	10
Puerto 10	Teléfono IP	20	10
Puerto 11	Libre	20	10
Puerto 12	Libre	20	10
Puerto 13	Libre	20	10
Puerto 14	Libre	20	10
Puerto 15	Raspberry PI	-	20
Puerto 16	Router	-	10

Configuración de Switch Cisco para pruebas:

Creación de VLAN's:

```
Switch(config)#vlan 10
Switch(config-vlan)#name VLAN_DATOS
Switch(config-vlan)#exit
Switch(config)#vlan 20
Switch(config-vlan)#name VLAN_VOZ
Switch(config-vlan)#exit
```

Configuración de puertos del 2 al 14:

```
Switch(config)#interface range fastEthernet 0/2-14
Switch(config-if-range)#switchport access vlan 10
Switch(config-if-range)# switchport trunk allowed vlan 10,20
Switch(config-if-range)# switchport mode trunk
Switch(config-if-range)#exit
```

Configuración de Puerto 1,15 y 16:

```
Switch(config)#interface f0/1
Switch(config-if)#switchport mode acces
Switch(config-if)#switchport access vlan 20
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface f0/15
Switch(config-if)#switchport mode acces
```

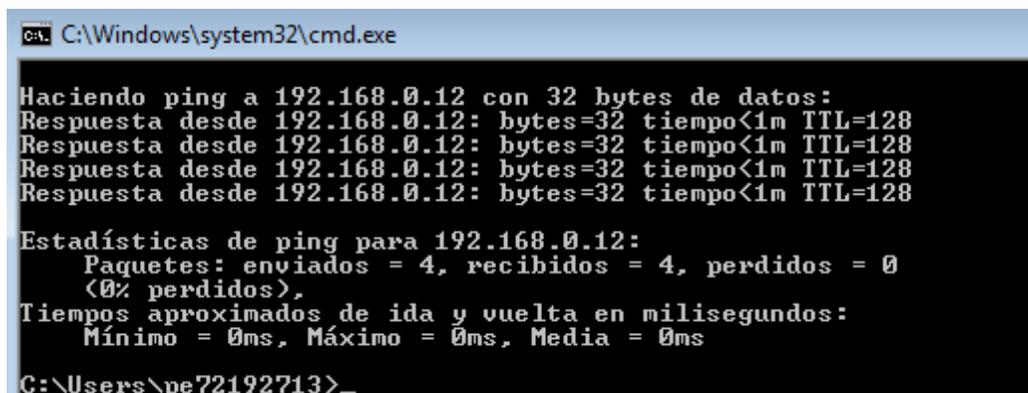
```
Switch(config-if)#switchport access vlan 20
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface f0/16
Switch(config-if)#switchport mode acces
Switch(config-if)#switchport access vlan 10
Switch(config-if)#exit
Switch#write memory
```

Con esta configuración se puede conectar a los puertos del 2 al 14 o bien el teléfono IP y luego una PC al teléfono o directamente una computadora siempre y cuando en el teléfono se indique que la Vlan del puerto LAN es la 20.

Para las pruebas se conectan:

PC1	al puerto 1	IP: 192.168.1.100
PC2	al puerto 2	IP: 192.168.0.12
Teléfono	al puerto 3	IP: 192.168.1.12
PC3	al puerto 16	IP: 192.168.0.1
Raspberry	al puerto 15	IP: 192.168.1.200

Se realizaron pruebas de conectividad a través de la consola con el comando PING entre los distintos equipos conectado y se muestran los resultados en las Figuras 40,41,42 y 43.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Haciendo ping a 192.168.0.12 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.12:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\pe72192713>
```

Figura 40: Ping desde PC3 a PC2

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\pe72192713>ping 192.168.1.200

Haciendo ping a 192.168.1.200 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.200: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.200:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\pe72192713>_
```

Figura 41: Ping desde PC1 a Raspberry PI

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\pe72192713>ping 192.168.1.12

Haciendo ping a 192.168.1.12 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.12: bytes=32 tiempo<1m TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.12:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\pe72192713>_
```

Figura 42: Ping desde PC1 a Teléfono IP

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\pe72192713>ping 192.168.1.200

Haciendo ping a 192.168.1.200 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para 192.168.1.200:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
    (100% perdidos),
```

Figura 43: Ping de PC1 a Raspberry PI

Nota: En la Figura 43 PC1 no llega a la Raspberry pues no pertenecen a la misma Vlan.

Se configura el teléfono VoIP Grandstream según se muestra en la Figura 44.

Advanced Settings

802.1X Mode	Disable
802.1X Identity	
MD5 Password	
802.1X CA Certificate	Upload Delete
802.1X Client Certificate	Upload Delete
HTTP Proxy	
HTTPS Proxy	
Layer 3 QoS	12
Layer 2 QoS 802.1Q/VLAN Tag	20
Layer 2 QoS 802.1p Priority Value	0
PC port mode	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled <input type="radio"/> Mirrored
Enable LLDP	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled

Basic Settings

Internet Protocol	<input checked="" type="radio"/> Prefer IPv4 <input type="radio"/> Prefer IPv6
IPv4 Address	<input type="radio"/> DHCP
Host name (Option 12)	
Vendor Class ID (Option 60)	Grandstream GXP1405
	<input type="radio"/> PPPoE
PPPoE Account ID	
PPPoE password	
PPPoE Service Name	
	<input checked="" type="radio"/> Statically configured as
IPv4 Address	192 . 168 . 1 . 12
Subnet Mask	255 . 255 . 255 . 0

Figura 44: Configuración de Teléfono IP Grandstream

3.5 Presupuesto

En esta sección se realiza el presupuesto para la implementación del diseño realizado dividiéndolo en 2 categorías: equipos y cableado, mano de obra.

3.5.1 Equipos y Cableado

Se considera lo siguientes costos para los equipos necesarios, obtenidos al 20 de Octubre del 2014, el costo de cableado por cada punto incluye:

- Cableado desde la ubicación de los equipos de red hasta el usuario con cable de Categoría 5e.
- Faceplate en el sitio del usuario.

- Patch cord de 3 metros Categoría 5e para conectar PC de usuario.
- Mano de obra para la instalación del nuevo punto de red.

Nota: Se considera la instalación de solo 6 nuevos puntos pues los otros ya existen.

Tabla 5: Costo de equipos

COSTO DE EQUIPOS			
Equipo	Cantidad	Precio Unidad	Precio
Raspberry PI - Tipo B	1	190	190
Switch TP-Link TLG-1016de	1	310	310
ATA Grandstream HT503	1	220	220
Teléfono IP GrandStream GXP-1160	9	180	1620
Instalación de puntos de red	6	100	600
TOTAL			2940

Tabla 6: Costo de Servicios

COSTO DE INSTALACION	
SERVICIOS	Precio
Instalación de Equipos	150
Configuración de Equipos	350
Soporte por 6 meses	400
TOTAL	900

Tabla 7: Costo Total

COSTO TOTAL	
DESCRIPCION	Precio
COSTO DE EQUIPOS	2940
COSTO DE INSTALACION	900
TOTAL	3840

CONCLUSIONES

1. El servicio de Asterisk para la Raspberry no demanda mucho rendimiento de memoria y procesamiento por lo que para una red pequeña como la de la oficina Díaz&Solano es perfecta por su baja cantidad de usuarios, en la cual al ser 10 usuarios como máximo abría 5 llamadas en simultaneo y según las pruebas realizadas teniendo 3 llamadas el consumo de CPU oscilaba entre 30 y 40 %.
2. La función de Vlan en los teléfonos IP y el switch nos permite separa la red de datos de la de Voz, pudiendo conectar un teléfono IP y una computadora utilizando el mismo punto de red, ahorrando costos de tener que poner 2 puntos de red por cada usuario.
3. Raspberry es una solución económica para las pequeñas empresas que no requieren gran capacidad en sus servidores por su baja cantidad de usuarios, ahorrando así espacio y dinero, obteniendo un servidor de llamadas con una calidad aceptable.
4. Los usuarios pueden utilizar un teléfono IP o también podrían tener la aplicación instalada en sus Smartphone dándoles la función de movilidad sin perder mucha calidad, pues según la prueba realizada entra la comunicación de 2 Smartphone mediante zoiper la calidad es buena, sin ruido ni eco.
5. Asterisk es una opción gratuita y muy buena a las otras marcas como Cisco, Avaya, Alcatel, Panasonic, las cuales tienen un gran costo y demandan de conocimientos avanzados para poder configurarlos, dejando a Asterisk como la alternativa perfecta para una pequeña oficina

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda adquirir el ultimo modelos de la Raspberry PI, la cual se estará comercializando entre mayo y Julio del 2015 a lima, esta nueva versiona llamada Raspberry PI 2 Modelo B+, trae consigo un CPU de 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU y 1GB de RAM, con la cual se podría lograr un mejor rendimiento.
2. Como el router no admite Vlan, este solo encaminar los paquetes de la Vlan de datos ya que la Vlan de Voz no necesita salir a internet, y por esta razón que la Vlan de voz no tiene comunicación con la Vlan de datos, si en un futuro se necesitara la comunicación entre ambas redes se necesita adquirir un router que soporte VLAN's.
3. Si el espacio en una limitante en el diseño la Raspberry es una buena opción para la instalación de servicios que corren en Linux como por ejemplo un servidor de monitoreo Nagios el cual va perfectamente en la Raspberry PI.
4. Otra de las funciones que se le puede agregar a la Raspberry Pi comunicarla con la red celular, para lo que se recomienda utilizar Modems USB de Huawei teniendo así una completa PBX para oficinas.
5. Además de Asterisk también se tiene alternativas libres como Elastix la cual es también soportada por la placa Raspberry PI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Gómez, J. Y Gil, F. (2009). *VoIP y Asterisk. Redescubriendo la telefonía*. (1ra Ed.). México: Alfaomega
- 2) Membrey, P. Y Hows, D. (2013). *Lear Raspberry Pi with Linux*. (1ra Ed.). EEUU:
- 3) Upton, E. Y Halfacree, G. (2012). *Raspberry Pi User Guide*. (1ra Ed.). Reino Unido:
- 4) Viegas, E. Y Correa, F. (2009). *Asterisk Desconsolado*. (2da Ed.). Argentina:
- 5) Santamaría, W. (2011). *Protocolos de señalización usada actualmente para terminales móviles e IP*. Consultado el 16 de Agosto del 2014 http://www.konradlorenz.edu.co/images/stories/articulos/explorando_bases_telecomunicaciones.pdf
- 6) Tutoriales Raspberry PI. (2014). Consultado el 18 de Agosto del 2014, de <http://geekytheory.com/category/geeky-theory-2/tutoriales-2/raspberry-pi/>
- 7) Ramírez, F. (2014). *Conectar una línea telefónica a Asterisk con un ATA HT503*. Consultado el 18 de Agosto del 2014 <http://www.taringa.net/post/economia-negocios/17885047/Conectar-una-linea-telefonica-a-Asterisk-con-un-ATA-HT503.html>
- 8) Voz to Voicehttps (2013). *Instalar Asterisk 11.2 certificado en Raspberry pi Modelo B con Raspbian*. Consultado el 18 de Agosto del 2015 <http://www.voztovoice.org/?q=node/655>
- 9) Raspberry (2012). *Asterisk for Raspberry Pi*. consultado el 19 de Agosto del 2015 <http://www.raspberry-asterisk.org/>

ANEXOS

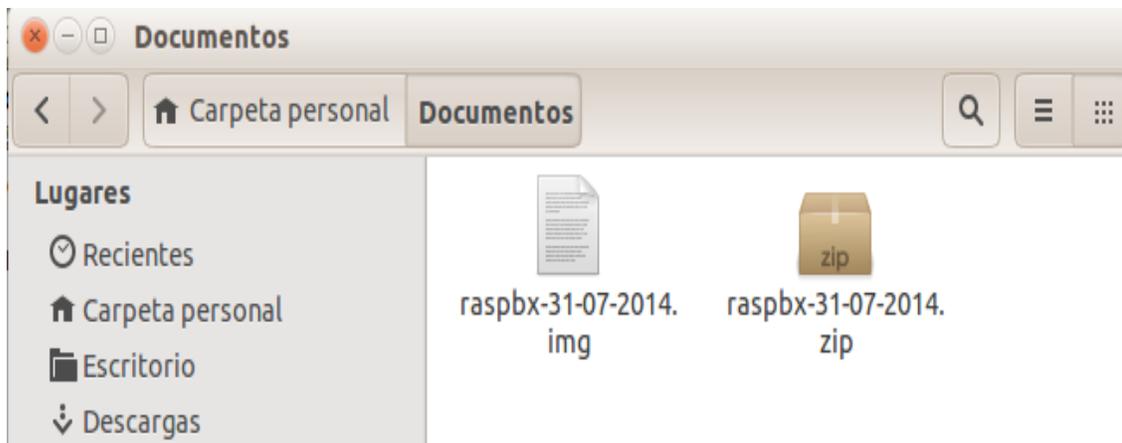
ANEXO 1 - Instalación de Asterisk en Raspberry PI - Tipo B

Existen diversas maneras de montar la imagen del Asterisk sobre una tarjeta SD para luego ponerla sobre la raspberry, aca tocaremos una de ellas, la cual se realiza en una computadora con Ubuntu.

Para la instalación de Asterisk para Raspberry-PI descargamos la última versión desde la página <http://www.raspberry-asterisk.org/downloads/raspbx-31-07-2014.zip> la cual incluye:

- Asterisk 11.11.0
- FreePBX 2.11.0.38

Luego se descomprime y guardan los archivos



Se inserta la tarjeta SD de 8GB en la que se instalara la imagen del Asterisk:

```
root@gianmarco-HP: /home/gianmarco
root@gianmarco-HP:/home/gianmarco# fdisk -l

AVISO: GPT (Tabla de partición GUID) detectado en '/dev/sda!' La utilidad fdisk
no soporta GPT. Use GNU Parted.

Disco /dev/sda: 750.2 GB, 750156374016 bytes
255 cabezas, 63 sectores/pista, 91201 cilindros, 1465149168 sectores en total
Unidades = sectores de 1 * 512 = 512 bytes
Tamaño de sector (lógico / físico): 512 bytes / 4096 bytes
Tamaño E/S (mínimo/óptimo): 4096 bytes / 4096 bytes
Identificador del disco: 0x35cc67fc

Dispositivo Inicio Comienzo Fin Bloques Id Sistema
/dev/sda1 1 1465149167 732574583+ ee GPT
La partición 1 no se inició en el límite físico del sector

Disco /dev/sdb: 16.2 GB, 16244539392 bytes
255 cabezas, 63 sectores/pista, 1974 cilindros, 31727616 sectores en total
Unidades = sectores de 1 * 512 = 512 bytes
Tamaño de sector (lógico / físico): 512 bytes / 512 bytes
Tamaño E/S (mínimo/óptimo): 512 bytes / 512 bytes
Identificador del disco: 0x0577abfa

Dispositivo Inicio Comienzo Fin Bloques Id Sistema
/dev/sdb1 * 63 31727615 15863776+ c W95 FAT32 (LBA)

Disco /dev/mmcblk0: 7948 MB, 7948206080 bytes ←
81 cabezas, 10 sectores/pista, 19165 cilindros, 15523840 sectores en total
Unidades = sectores de 1 * 512 = 512 bytes
Tamaño de sector (lógico / físico): 512 bytes / 512 bytes
Tamaño E/S (mínimo/óptimo): 512 bytes / 512 bytes
Identificador del disco: 0x00000000

Dispositivo Inicio Comienzo Fin Bloques Id Sistema
/dev/mmcblk0p1 8192 15523839 7757824 b W95 FAT32
root@gianmarco-HP:/home/gianmarco#
```

Se busca el la tarjeta y se apunta el nombre, para este caso: mmcblk0

Luego se ejecuta el siguiente comando y se espera, esto puede tardar entre 5 a 20 minutos:

dd if=raspbx-31-07-2014.img of=/dev/mmcblk0

Ahora encendemos la Raspberry-PI y la conectamos a un Router y verificamos la IP entregada por el DHCP, ahora mediante un terminal como Putty, accedemos a la IP de la Raspberry por terminal SSH con el usuario por defecto:

user: pi

password: raspberry

Se modifica el archivo:

```
nano /etc/network/interfaces
```

```
#auto lo  
#iface lo inet loopback  
#iface eth0 inet dhcp  
# The loopback interface  
auto lo  
iface lo inet loopback  
auto eth0  
iface eth0 inet static  
#your static IP  
address 192.168.1.200  
#your gateway IP  
gateway 192.168.1.1  
netmask 255.255.255.0  
#your network address "family"  
network 192.168.1.0  
broadcast 192.168.1.255
```

Luego de esto reiniciamos el servicio y accedemos mediante la nueva IP:

```
/etc/init.d/networking restart
```

Anexo 2 - Especificaciones Técnicas de Switch TL-SG1016DE

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Estándares y protocolos	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x, IEEE 802.1q, IEEE 802.1p
Interfaces	16 puertos RJ45 a 10/100/1000 Mbps con negociación automática (MDI/MDIX automático)
Medios de Red	10Base-T: cable UTP categorías 3, 4, 5 (100 metros máximo) EIA/TIA-568 100Ω STP (máximo 100 m) 100Base-Tx: cable UTP categorías 5, 5e (máximo 100 metros) EIA/TIA-568 100Ω STP (máximo 100 m) 1000Base-T: cables UTP categoría 5, 5e (máximo 100 metros)
Cantidad de Ventiladores	Sin ventiladores
Dimensiones (W X D X H)	11.6*7.1*1.7 pulgadas (294*180*44 mm)
Fuente de alimentación	100-240VAC, 50/60Hz
Consumo de potencia	Máximo: 12.55W

RENDIMIENTO	
Capacidad de conmutación	32Gbps
Tabla de direcciones MAC	8K
Memoria del buffer de paquetes	512KB
Tasa de reenvío de paquetes	23.8Mpps
Jumbo Frame	10240Bytes

CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE	
Calidad de Servicio	Soporta prioridad 802.1p Soporta 4 colas de prioridad Límite de envío Control de ráfagas de broadcast
Características L2	IGMP Snooping Link Aggregation Port Mirroring Cable Diagnostics Loop Prevention
VLAN	Soporta hasta 32 MTU/Puerto/Tag VLAN simultáneamente
Método de transmisión	Store-And-Forward