

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

FACTIBILIDAD DE EMIGRACIÓN DE UN SISTEMA TDM-S HACIA UN SISTEMA DE TELEFONÍA SOBRE IP EN EMPRESA DE SERVICIO ELÉCTRICO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Rodríguez C., Reinaldo F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

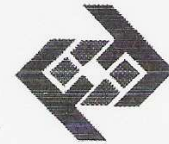
FACTIBILIDAD DE EMIGRACIÓN DE UN SISTEMA TDM-S HACIA UN SISTEMA DE TELEFONÍA SOBRE IP EN EMPRESA DE SERVICIO ELÉCTRICO

Prof. Guía: Ing. Carlos Fuenmayor.

Tutor Industrial: Ing. María Dolores Fernández.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Rodríguez C., Reinaldo F.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006



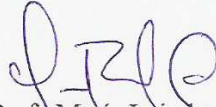
CONSTANCIA DE APROBACIÓN


Caracas, 10 de noviembre de 2006


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Reinaldo F. Rodríguez C., titulado:

“FACTIBILIDAD DE EMIGRACIÓN DE UN SISTEMA TDM-S HACIA UN SISTEMA DE TELEFONÍA SOBRE IP EN EMPRESA DE SERVICIO ELÉCTRICO”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.


Prof. María Lejed
Jurado


Prof. Paolo Maragno
Jurado


Prof. Carlos Fuenmayor
Prof. Guía



DEDICATORIA

Dedicado a mis padres.

Todo esto fue posible gracias a ustedes dos, que me brindaron todo su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años y me enseñaron a salir adelante, y a enfrentar todas las dificultades que se presentan en la vida.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, por darme vida y salud para poder cumplir todas mis metas.

A mis padres, Justo Rodríguez y Josefa Carneiro, porque con ellos aprendí muchas cosas que no se aprenden en las aulas de clases, que me ayudaron a mi formación como persona y como profesional. Además, recibí de ustedes todo el apoyo que necesité a lo largo de esta carrera, para siempre seguir adelante.

A mi novia, María Romero, por estar siempre a mi lado dándome todo el apoyo, cariño y comprensión a lo largo de estos últimos años.

A mis hermanos, Nicomaris, José Ramón y José Luis, por toda la compañía y el afecto que me han brindado en todos estos años. Y a toda mi familia que también me ha apoyado, en especial a Pilar Hernandez, quien ha sido como una segunda madre para mí.

A todo el personal de CVG EDELCA, quienes colaboraron conmigo, en especial a la ingeniero María Dolores Fernández por haberme dado la oportunidad de realizar éste proyecto.

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería, quienes me encaminaron para formarme en esta carrera, en especial al Prof. Carlos Fuenmayor, que me brindó todo su apoyo y asesoría en la elaboración de este proyecto.

A todos mis amigos de la universidad, con quienes tuve la oportunidad de compartir en estos últimos años, en especial a aquellos con los que pase la mayor

parte de mi carrera, Alejandro DeAbreu, Alonzo Guillen, Andrea Hiek, Kevin García,
Hector Nuñez, Juan Cedeño, Hoy Moy , Ricardo Relvas, Yanet García.

A todos. GRACIAS.

Rodríguez C., Reinaldo F.

FACTIBILIDAD DE EMIGRACIÓN DE UN SISTEMA TDM-S HACIA UN
SISTEMA DE TELEFONÍA SOBRE IP EN EMPRESA DE SERVICIO
ELÉCTRICO.

Tutor académico o Prof. Guía: Carlos Fuenmayor. Tutor Industrial: Ing. María Dolores Fernández. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CVG EDELCA. 2006. 96 h. + anexos.

Palabras Claves: Telefonía IP, Redes de voz, Redes de datos, Calidad de servicio, Software libre, Asterisk.

Resumen: Se plantea el estudio de factibilidad de emigrar el sistema telefónico de CVG EDELCA hacia un sistema de telefonía sobre IP, basado en el uso de software libre. La red telefónica actual de la empresa está llegando al máximo de su capacidad, además que ésta, esta en su mayor grado de actualización lo que hace imposible seguir usando el mismo sistema a largo plazo. Para la implementación de telefonía IP dentro de la empresa, se recomienda el uso del software Asterisk, debido a que éste es el más completo de los softwares libres para ésta tecnología disponibles en el mercado.

ÍNDICE GENERAL.

	Pag.
<i>PÁGINAS PRELIMINARES</i>	
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
ACRÓNIMOS	xiv
<i>CUERPO DEL TRABAJO</i>	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
1.1 Misión.	4
1.2 Visión.	4
CAPÍTULO II	
MARCO METODOLÓGICO	5
2.1 Justificación del problema.	5
2.2 Objetivo General.	5
2.3 Objetivos Específicos.	6

2.4 Metodología.	7
CAPÍTULO III	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	10
3.1 Aspectos básicos de telefonía.	10
3.1.1 La Red Telefónica.	10
3.1.2 Digitalización de la voz.	11
3.1.3 Multiplexación digital.	14
3.1.4 Centrales Telefónicas.	16
3.1.4.1 PABX.	16
3.1.5 Señalización.	17
3.1.5.1 Señalización analógica por corriente de bucle.	17
3.1.5.2 Sistema de señalización R2.	17
3.1.5.3 Sistema de señalización número 7 (SS7).	19
3.2 Voz sobre redes de Internet.	21
3.2.1 VoIP.	21
3.2.2 Protocolos de Señalización.	22
3.2.2.1 H.323.	22
3.2.2.2 SIP.	24
3.2.2.3 H.248.	28
3.2.3 Calidad de Servicio. (QoS).	29
3.2.3.1 Retardos.	29
3.2.3.2 Pérdidas de paquetes.	31
3.2.3.3 Eco.	32
3.2.3.4 Jitter.	32

3.2.4	Códec de voz.	33
3.2.5	Ventajas y desventajas de VoIP con respecto a la telefonía tradicional.	34
3.3	Aspectos básicos de redes de datos.	35
3.3.1	Redes LAN.	35
3.3.1.1	Ethernet.	36
3.3.1.2	Token Ring.	40
3.3.2	Redes WAN.	41
3.3.2.1	Frame Relay.	42
3.3.2.2	ATM.	43
3.3.2.3	Protocolo de Internet (IP).	44
3.3.3	MPLS.	46
 CAPÍTULO IV		
	DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DATOS Y VOZ DE CVG EDELCA	48
4.1	Descripción de la red telefónica de Edelca.	48
4.2	Descripción de la red de datos de Edelca.	54
4.2.1	Red LAN.	55
4.2.2	Red WAN.	58
 CAPÍTULO V		
	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EMIGRACIÓN DEL SISTEMA TELEFÓNICO ACTUAL A VoIP.	60
5.1	Conexión de las nuevas IPPABX con las centrales telefónicas actuales.	60
5.2	Interconexión entre IPPABX	63
5.3	Desincorporación de las centrales actuales.	67

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SOFTWARE DE IPPABX	68
6.1 Comparación entre los principales software de IPPABX de fuente abierta.	68
6.2 Funcionalidades disponibles soportadas por el software IPPABX.	70
6.3 Instalación y configuración del programa de IPPABX.	71
6.3.1 Instalación y configuración del Asterisk@Home.	72
6.3.2 Instalación y configuración de Asterisk en Linux/Debian.	78
6.4 Equipamiento necesario para implementar las centrales bajo la solución Asterisk.	81
6.4.1 Tarjetas de interfaz analógico.	81
6.4.2 Tarjetas de interfaz digital.	83
6.4.3 Requerimientos de hardware para Asterisk.	85
6.4.4 Equipos telefónicos para el usuario final.	88
6.5 Servicio de alta disponibilidad.	89
<i>ELEMENTOS FINALES</i>	
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
BIBLIOGRAFÍAS	95
ANEXOS	97

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Proceso de muestreo.	12
Figura N° 2. Proceso de cuantificación.	13
Figura N° 3. Trama E1.	15
Figura N° 4. Estructura de la trama STM-1.	15
Figura N° 5. Modo de operación asociado.	20
Figura N° 6. Modo de operación cuasi-asociado.	21
Figura N° 7. Trama Ethernet.	37
Figura N° 8. Trama Ethernet con identificador de VLAN.	38
Figura N° 9. Etiqueta VLAN 802.1q.	38
Figura N° 10. Red Token Ring.	40
Figura N° 11. Trama Token Ring.	41
Figura N° 12. Trama Frame Relay.	43
Figura N° 13. Trama IP.	45
Figura N° 14. Tráfico interno de la central de Caracas expresado en Erlangs.	54
Figura N° 15. Esquema red LAN Caracas.	55
Figura N° 16 Gráfica del tráfico de la red Ethernet (Interfaz de red Ethernet Caracas).	57
Figura N° 17 Gráfica del tráfico de la red Ethernet (BackBone Torre las Mercedes P8-1).	57
Figura N° 18. Gráfica de la conexión Caracas-Puerto Ordaz.	58
Figura N° 19. Gráfica de la conexión Caracas-Arenosa.	59
Figura N° 20. Esquema de la red WAN de Edelca.	59
Figura N° 21. Esquema fase I.	63
Figura N° 22. Diagrama del LLQ.	66
Figura N° 23. Esquema fase II.	66
Figura N° 24. Esquema fase III.	67

Figura N° 25. Pantalla principal de ajustes del FreePBX.	72
Figura N° 26. Ventana de configuración de usuarios.	73
Figura N° 27. Ventana para agregar una troncal.	74
Figura N° 28. Configuración de troncal SIP.	75
Figura N° 29. Ventana de informes.	76
Figura N° 30. Panel de monitoreo.	77
Figura N° 31. Archivo de configuración <i>extensions.conf</i> .	79
Figura N° 32. Archivo sip.conf.	80
Figura N° 33. Tarjetas FXS/FXO.	83
Figura N° 34. Tarjetas de interfaz digital.	84

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Jerarquía PDH.	14
Tabla N° 2 Composición del código multifrecuencia.	19
Tabla N° 3. Solicitudes SIP.	26
Tabla N° 4 Mensajes de Respuesta SIP.	27
Tabla N° 5. Retardos de paquetización.	30
Tabla N° 6. Códecs de audio.	34
Tabla N° 7. Centrales telefónicas región oriente.	49
Tabla N° 8 Centrales telefónicas zona centro-occidente.	50
Tabla N° 9a Centrales telefónicas región Guayana. Parte A.	51
Tabla N° 9b Centrales telefónicas región Guayana. Parte B.	52
Tabla N° 10 Centrales telefónicas región sur.	53
Tabla N° 11. Principales equipos que conforman las redes LANs de Edelca.	56
Tabla N° 12. Velocidad de transmisión por codecs en redes Ethernet.	62
Tabla N° 13. Velocidad de transmisión por codecs en la red WAN.	64
Tabla N° 14 Comparación entre los principales software IPPABX de fuente.	69
Tabla N° 15. Tarjetas FXS/FXO.	82
Tabla N° 16. Tarjetas de interfaz digital.	84
Tabla N° 17. Equipo para centrales de baja capacidad.	85
Tabla N° 18. Equipos para centrales de media capacidad.	86
Tabla N° 19. Equipo para las centrales de Caracas y Puerto Ordaz.	88

ACRÓNIMOS.

ATM *Asynchronous Transfer Mode* (Modo de Transferencia Asíncrona).

CAS *Channel Associated Signalling* (Señalización por canal asociado).

CCITT *Consultative Committee for International Telegraph and Telephone*
(Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía).

CCS *Common Channel Signalling* (Señalización por canal común).

DiffServ *Differentiated Services Internet QoS model* (modelo de Calidad de Servicio en Internet basado en Servicios Diferenciados).

IETF *Internet Engineering Task Force* (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet).

IP *Internet Protocol* (Protocolo Internet).

IPPABX *Internet Protocol Private Branch Exchange* (Centralita Privada basada en IP).

ISDN *Integrated Services Data Network* (Red Digital de Servicios Integrados, RDSI).

ITU-T *International Telecommunications Union -Telecommunications*
(Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones).

MCU *Multipoint Control Unit* (Unidad de Control Multipunto).

MEGACO *Media Gateway Control* (Control de Pasarela de Medios).

MGCP *Media Gateway Control Protocol* (Protocolo de Control de Pasarela de Medios).

MOS *Mean Opinion Score* (Nota Media de Resultado de Opinión).

MPLS *Multiprotocol Label Switching* (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo).

PBX *Private Branch Exchange* (Centralita Telefónica Privada).

PSTN *Public Switched Telephone Network* (Red de Telefonía Conmutada Pública).

QoS *Quality of Service* (Calidad de Servicio).

RTP *Real Time Protocol* (Protocolo de Tiempo Real).

SIP *Session Initiation Protocol* (Protocolo de Inicio de Sesión).

SS7 *Signalling System Number 7* (Sistemas de Señales número 7).

TCP *Transmission Control Protocol* (Protocolo de Control de Transmisión).

TDM *Time Division Multiplexing* (Multiplexado por División de Tiempo).

UDP *User Datagram Protocol* (Protocolo de Datagramas de Usuario).

VLAN *Virtual Local Area Network* (Red de Área Local Virtual).

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se plantea el estudio de factibilidad en Edelca, para emigrar el sistema telefónico actual a un sistema de telefonía IP, basado en el uso de herramientas de software libre, con el fin de comparar las ventajas y desventajas que tiene para esta empresa la aplicación de dicha tecnología.

Debido a las ventajas que posee la telefonía IP sobre la telefonía tradicional, y sumado a esto, la necesidad de Edelca de ampliar la capacidad de su red telefónica, la cual está llegando al máximo en alguna de sus centrales, surge el interés por el estudio de nuevas aplicaciones, que permitan el crecimiento de la plataforma telefónica y su actualización tecnológica. Además, el desarrollo de sistemas basados en el uso del software libre para implementación de sistemas telefónicos sobre IP, crean la necesidad de este proyecto, con la finalidad de evaluar la posibilidad del uso de alguno de estos softwares con el fin de implementarlo dentro de la empresa.

Este trabajo está estructurado por diferentes capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capitulo I. Descripción de la empresa.

Presenta un resumen de la función de la empresa CVG Edelca en el estado venezolano. También, la misión y visión de ésta.

Capitulo II. Objetivos del proyecto.

En esta parte del trabajo se plantean la justificación del problema, el objetivo general y los específicos, como también la metodología empleada en este proyecto.

Capítulo III. Fundamentos teóricos.

Se realiza un resumen de los temas en relación con, la telefonía tanto de conmutación de circuitos, como de conmutación de paquetes. Igualmente, lo relacionado con la redes de datos y los principales estándares y protocolos utilizados en éstas.

Capítulo IV. Descripción de las redes de voz y datos.

Se presentan las principales características que caracterizan a las redes de datos y voz de Edelca.

Capítulo V. Descripción del proceso de emigración del sistema telefónico actual a VoIP.

En este capítulo, se plantean las fases para emigrar el sistema actual al sistema de telefonía IP, y las consideraciones necesarias a tomar para poder llevarlas a cabo.

Capítulo VI. Evaluación y descripción de los software de IPPABX.

Se realiza una comparación entre los principales software de telefonía basados en software libre existentes. Además, la instalación y configuración del software seleccionado, como también el hardware necesario para la implementación de éste.

Conclusiones y recomendaciones.

Se establecen las conclusiones obtenidas de esta tesis. De igual manera, se plantean las recomendaciones pertinentes para la implementación del proyecto.

Referencias bibliográficas.

Se citan las fuentes de la información que se utilizó para la realización del proyecto, entre ellas, libros, revistas, páginas Web, tesis, entre otras.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CVG Electrificación del Caroní, C.A (CVG EDELCA), es la empresa de generación hidroeléctrica más importante que posee Venezuela. Opera las Centrales Hidroeléctricas Guri con una capacidad instalada de 10.000 Megavatios, considerada la segunda en importancia en el mundo, la Central Hidroeléctrica Macagua con una capacidad instalada de 3.140 Megavatios y Caruachi, con una capacidad instalada de 2.280 megavatios.

CVG EDELCA posee una extensa red de líneas de transmisión que superan los 5.700 Km. cuyo sistema a 800 mil voltios es el quinto sistema instalado en el mundo con líneas de Ultra Alta Tensión en operación.

1.1 Misión.

Producir, transportar y comercializar energía eléctrica a precios competitivos, en forma confiable y en condiciones de sustentabilidad, eficiencia y rentabilidad.

1.2 Visión.

Empresa de servicio eléctrico de clase mundial, líder en desarrollo sustentable, pilar del progreso del país.

CAPÍTULO II

2.1 Justificación del problema.

Actualmente CVG Edelca cuenta con una red telefónica que abarca la totalidad de sus sedes, la cual, es de vital importancia para la comunicación de todos sus empleados. Sin embargo la capacidad de las centrales telefónicas instaladas están llegando a su máximo, en algunas de las principales sedes de la corporación. Es por ello que surge la necesidad de evaluar los métodos que permitan el continuo crecimiento de esta red.

El desarrollo de la telefonía IP, la cual brinda la oportunidad de llevar la telefonía a otro nivel, al unir las redes de datos con las redes de voz y que además permite una nueva opción a la hora de diseñar las redes telefónicas de las empresas, y el uso de software abierto para la implementación de esta tecnología, la convierte aún más en un atractivo para las grandes empresas. Es por eso que para Edelca es de vital importancia conocer las características, ventajas y desventajas que tiene el uso de un software libre para la implementación de la telefonía IP con el fin de compararla con el servicio actual, para estudiar la posibilidad de emigrar su red telefónica actual a esta nueva tecnología.

2.2 Objetivo General.

Realizar el estudio de factibilidad para emigrar el sistema telefónico TDM existente en Edelca, a una plataforma de telefonía IP bajo software libre.

2.3 Objetivos Específicos

1.- Analizar el sistema telefónico existente en Edelca, en cuanto a:

- Topología.
- Definir cantidad y distribución geográfica de los usuarios.
- Análisis de tráfico.
- Conexiones a la Red Pública.
- Necesidades.

2.- Analizar la red de datos actual de Edelca, con respecto a:

- Topología, plataformas y estándares utilizados.
- Características de los enrutadores y switches; protocolos de enrutamientos.
- Investigar si los elementos existentes en la red de datos, soportan. “calidad de servicio”.
- Servicios ofrecidos.
- Necesidades.

3.- Analizar las razones que justifican el cambio de la telefonía convencional a telefonía IP. Ventajas del uso del software libre para implementar esta tecnología.

4.- Analizar el tema de VoIP.

- Voz en redes de paquetes.
- Retardos, pérdidas, jitter, QoS.
- Compresión de voz.
- Protocolos de señalización.
- Factibilidad técnica y plan de implantación

5.- Analizar los productos para implementación de telefonía IP bajo software libre, disponibles en el mercado. Selección del producto más adecuado. Elaboración de un manual de instalación, configuración y manejo del software.

6.- Comparar el sistema telefónico existente y el sistema IP bajo software libre escogido, en cuanto a facilidades disponibles para el usuario y para el administrador del sistema.

7.- Evaluar la necesidad de cambiar el sistema de asignación dinámica de direcciones IP, utilizado actualmente, por un sistema de direccionamiento fijo.

8.- Elaborar un proyecto para implementación de la nueva plataforma integrada (voz y datos), que incluya la topología y tecnologías asociadas de transporte (FR, ATM, MPLS, etc.), estimación de impacto sobre la red de datos (consumo de ancho de banda), equipamiento a adquirir, protocolo de pruebas para aceptación del sistema y metodología propuesta de migración de usuarios de una plataforma a otra.

2.4 Metodología.

La realización de este proyecto contempló las siguientes fases:

Fase 1. Recopilación de información de la red telefónica y de datos existente en Edelca:

- En esta fase del proyecto, se recopiló la información correspondiente a los equipos de las redes telefónicas y de datos instalados en Edelca. Además, se investigó por medio de Internet y la información suministrada por el personal de la empresa, las especificaciones técnicas de dichos equipos.

Fase2. Estudio de los equipos que conforman la red telefónica y la red de datos a través de los manuales suministrados por los fabricantes, paginas Web.

- Se revisó la información existente en Edelca con respecto a las centrales telefónicas instaladas, las capacidades de éstas, y las conexiones con las otras centrales y las redes públicas.

- Además, se revisó la información correspondiente a los equipos de redes como, switches, routers, etc. Se estudiaron los protocolos soportados por dichos equipos y la posibilidad de éstos de soportar un servicio de voz sobre paquetes.

Fase 3. Estudio de los diferentes temas relacionados con VoIP / Vo paquetes.

- Se investigó acerca de las características de la VoIP y de la voz en redes de paquetes. Como también los factores que ésta involucra como :
 - Retardos, pérdidas, jitter, QoS.
 - Compresión de voz, Codecs de audio.
 - Protocolos de señalización.

Fase 4. Estudio de los diferentes productos de software libre para implementación de telefonía IP mediante las especificaciones y manuales pdf ofrecidos por los fabricantes.

- Se realizó una comparación entre los principales software de telefonía IP, con relación a, protocolos soportados, funcionalidades que ofrecen, interfaces soportadas con la red TDM, soporte técnico para dicho software.

Fase 5. Evaluación del software de telefonía IP sobre la plataforma actual de Edelca.

- Se realizaron pruebas con el programa seleccionado, con el fin de compararlo con el sistema telefónico actual, en cuanto a facilidades para el usuario.

Fase 6. Simulación de una red con pocos usuarios con el software de telefonía IP, para comparar la calidad de servicio con respecto a la plataforma actual. Análisis y comparación de plataformas de transporte a ser utilizadas por esta red de Edelca.

- Se efectuaron las pruebas en un laboratorio, donde se instaló y configuró el programa de telefonía, y se realizaron pruebas con respecto a la calidad de la voz. Sin embargo, por falta de disposición de las tarjetas necesarias para la ejecución de las pruebas de conexiones con las centrales actuales, con los teléfonos analógicos y con las troncales entre las diferentes sedes, solo se realizaron pruebas dentro del laboratorio con el software de telefonía y softphones instalados en diversos equipos.

Fase 7. Conclusiones y recomendaciones.

- Se elaboraron las conclusiones obtenidas y las recomendaciones a tomar, para la implantación del sistema telefónico basado en VoIP.

Fase 8. Redacción del informe final.

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Aspectos básicos de telefonía.

3.1.1 La Red Telefónica.

La Red Telefónica Conmutada (RTC; o Red Telefónica Básica, RTB), es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. También llamada PSTN, esta red garantiza la calidad del servicio (QoS) al dedicar el circuito a la llamada hasta que se cuelga el teléfono. Independientemente de si los usuarios están enviando información o no, seguirán utilizando el mismo circuito hasta que cualquiera de las 2 personas cuelguen, lo que la convierte en una red poco eficiente con respecto al uso de los recursos.

El principio básico de funcionamiento de este tipo de redes no ha cambiado mucho a pesar de la evolución de éstas a lo largo de los años. Para lograr la comunicación telefónica entre dos estaciones son necesarios los siguientes pasos:

(a) Establecimiento del circuito: el emisor solicita mediante el marcado del número telefónico, el establecimiento de la conexión hacia una estación receptora. En este paso, se establece a lo largo de los diferentes nodos de la red un circuito lógico entre los dos extremos, para lo cual se pueden emplear diferentes métodos, este circuito será de uso exclusivo para esta conexión.

(b) Llamada en progreso: luego de establecer el circuito entre los dos extremos, la transferencia de información queda establecida durante todo el tiempo que dure la conversación.

(c) Desconexión del circuito: cuando el emisor o receptor finaliza la conversación, se envía una señal para realizar la desconexión del canal lógico previamente establecido, y sólo a partir de ese momento es cuando el canal puede ser usado por otra conexión.

En esta red es posible transmitir datos, también fax, o conexión a Internet, a través de un módem acústico, el cual, adapta las señales de datos a señales audibles en la banda vocal o banda base. El inconveniente de este método es que no permite velocidades mayores a 56 Kilobits por segundo [1].

En sus comienzos, las redes telefónicas se basaban en un canal completamente analógico de extremo a extremo. Con el avance en la tecnología, se implementaron sistemas de multiplexación por división de frecuencia para hacer un uso más eficiente de los canales disponibles, aun así, la comunicación no dejaba de ser totalmente analógica. Luego con la introducción en los sistemas de transmisión, de técnicas de multiplexación en el tiempo, fue cuando se comenzó a digitalizar la voz, introduciéndose en el sistema los convertidores analógico-digital.

3.1.2 Digitalización de la voz.

La digitalización de la voz consiste en convertir una señal continua (analógica) en una señal discreta (digital). Este proceso consta de las siguientes etapas:

(a) Muestreo: el proceso de muestreo consiste en tomar muestras de una señal continua en intervalos de tiempos constantes, como se muestra en la figura N° 1. Dichos intervalos de tiempo deben cumplir con el teorema de muestreo o criterio de Nyquist, el cual expresa:

“Cuando se muestrea una señal, la frecuencia de muestreo debe ser mayor que dos veces el ancho de banda de la señal de entrada (banda base), para poder reconstruir la señal original a partir de las muestras. Si B es el ancho de banda de la señal, y F_m es la frecuencia de muestreo, el teorema puede expresarse del siguiente modo:” [2]

$$F_m > 2B$$

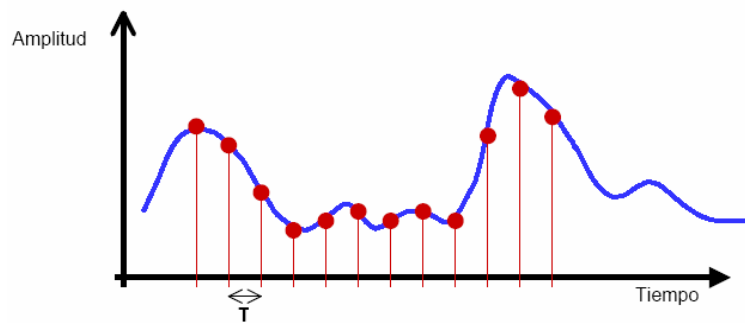


Figura N° 1. Proceso de muestreo

Fuente: Redes de Voz. Joskowicz, José. Pag 7

Cumpliendo con el criterio de Nyquist para un canal telefónico el cual tiene un ancho de banda de 3,4 KHz., la velocidad de muestreo para que la señal pueda ser reconstruida debe ser de al menos 6.8 Kbits por segundo, en la práctica se utiliza una frecuencia de muestreo de 8 KHz., o lo que es igual, se toman las muestras cada 125 microsegundos (Según las especificaciones de la norma G.711).

(b) Cuantificación: consiste en convertir las muestras analógicas en muestras que pueden tomar valores discretos. Este proceso introduce ruido al sistema, el cual es llamado ruido de cuantificación. Cuanto más valores discretos se utilicen, menor será el ruido de cuantificación introducido durante el proceso, pero mayor será el número de bits necesarios que se deban procesar por muestras. Debido a que el oído humano responde con más sensibilidad a los sonidos bajos que a los altos, estos

transmisión de un canal telefónico digital según la especificación G.711 es de 64 Kbps.

3.1.3 Multiplexación digital.

Para poder aprovechar los recursos de los canales de transmisión, se pueden multiplexar varios canales de voz hacia una trama de mayor velocidad. Para poder transmitir canales telefónicos es necesario transmitir la señalización asociada a cada uno, por ejemplo el comienzo de la llamada, el número marcado, etc. En telefonía se han estandarizado dos sistemas de multiplexación digital, éstos son:

(a) Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH): Esta tecnología se basa en el hecho de que las redes están casi, pero no completamente sincronizadas. Se utiliza para combinar canales de 64 Kbps, y adicionalmente se introducen canales de señalización y sincronismo de trama. Está definida en tres estándares: el europeo (E), el norteamericano (T) y el japonés (J). En la tabla N° 1, se muestra los distintos niveles de multiplexación para los diferentes estándares. La figura N° 3, muestra la trama básica E1.

Tabla N° 1. Jerarquía PDH

Nivel	Norteamérica		Europa		Japón	
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación
1	1.544	T1	2.048	E1	1.544	J1
2	6.312	T2	8.448	E2	6.312	J2
3	44.736	T3	34.368	E3	32.064	J3
4	274.176	T4	139.264	E4	97.728	J4

Fuente: Elaboración propia.

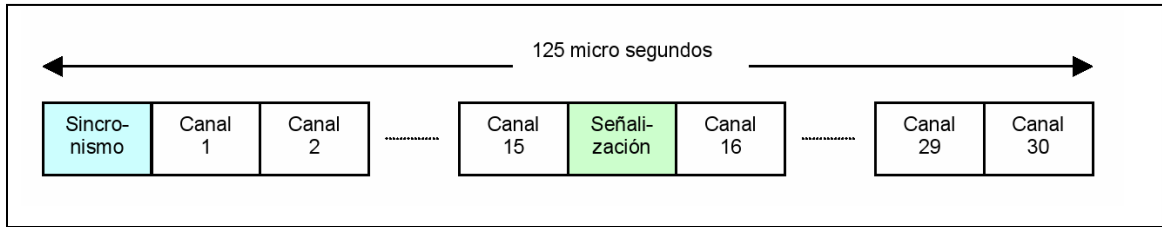


Figura N° 3. Trama E1

Fuente: Redes de voz. Joskowicz, José. Pag 14

(b) Jerarquía Digital Síncrona. Aquí se definen dos estándares: el norteamericano llamado SONET y el europeo llamado SDH, el cual surgió como la evolución de la tecnología PDH como consecuencia de la utilización de la fibra óptica. Debido a que los sistemas SDH debían convivir con los anteriores, la UIT normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva. La primera jerarquía de velocidad síncrona fue definida como STM-1 con una velocidad de 155.520 Mb/s y está estructurada como se muestra en la figura N° 4, también están definidas la jerarquía STM-4 de 622 Mbps, STM-16 de 2.5 Gbps y STM-64 de 10 Gbps.

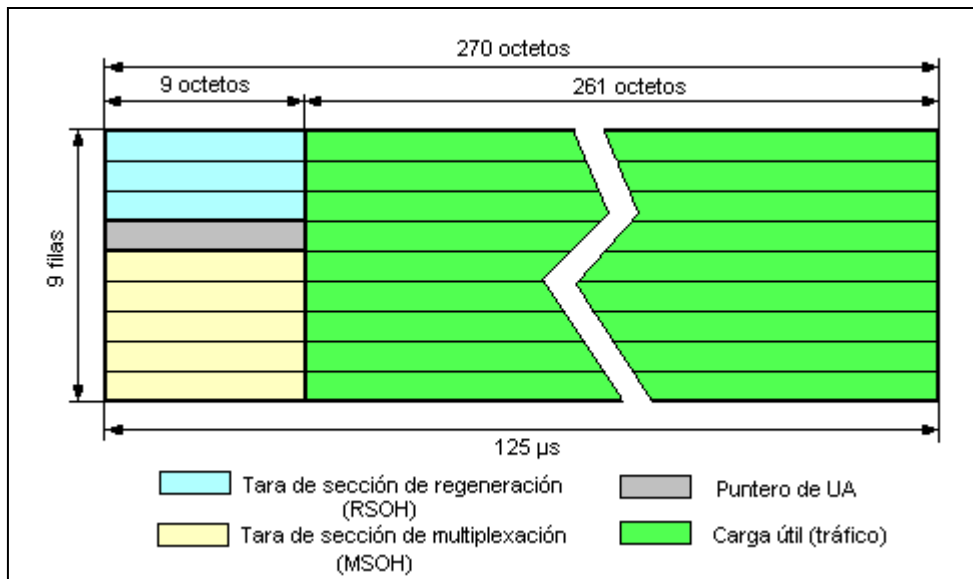


Figura N° 4. Estructura de la trama STM-1

Fuente: <http://es.wikipedia.org>

3.1.4 Centrales Telefónicas.

Los equipos encargados de conmutar las llamadas telefónicas hacia su destino, son denominados centrales telefónicas. En los comienzos de la telefonía, el proceso de enrutamiento era manual, lo que requería de operadores que realizaran las conexiones necesarias para el establecimiento de una llamada. Luego con la automatización de las centrales surgieron las llamadas PABX.

3.1.4.1 PABX.

Las PABX (*Private Automatic Branch eXchange*), son centrales utilizadas por las empresas para manejar tanto el tráfico de llamadas internas como el tráfico que va a la red pública. Las PABX ofrecen la ventaja de eliminar la necesidad de conectar directamente a cada usuario y equipos de fax a la red pública, debido a que generalmente el mayor tráfico de llamadas que se realiza dentro de una empresa es interno, y sólo un porcentaje reducido va dirigido hacia la red pública.

Las centrales privadas ofrecen a los usuarios una serie de facilidades adicionales al sistema clásico de telefonía. Aunque no hay algún estándar para estos servicios y dependen principalmente del fabricante del equipo, los siguientes son los más comunes encontrados en la mayoría de los PABX de la actualidad:

- Transferencia de llamadas.
- Desvío de llamadas.
- Aplicaciones Jefe-secretaria.
- Bloqueo-desbloqueo de la línea.
- Conferencias.
- Grupos de captura / grupos de repique.
- Recepcionista digital. (IVR).

3.1.5 Señalización.

Para poder establecer la comunicación entre los equipos de la red telefónica, es necesario implementar protocolos de señalización que permitan indicar a dichos equipos el destino de la llamada, además de las señales de supervisión y conexión del canal. La señalización puede ser analógica o digital, entre los principales protocolos estándar se encuentran:

3.1.5.1 Señalización analógica por corriente de bucle.

(Mejor conocida como señalización por corriente de bucle). Fue una de las primeras señalizaciones utilizadas para telefonía, y se realiza a través de la misma línea por donde se transmite la señal de voz, razón por la que se denomina señalización por canal asociado (CAS, por sus siglas en inglés). Esta señalización es comúnmente usada por los teléfonos del tipo analógico para establecer la comunicación entre el usuario y la central telefónica, y con ésta se consigue establecer las funciones básicas de señalización para el caso abonado-central como son:

- Solicitud para iniciar una conversación.
- Selección de con quien se quiere hablar.
- Indicación de progreso de una llamada (Timbrando, ocupado, etc.).
- Indicación de una nueva llamada.

3.1.5.2 Sistema de señalización R2.

En 1962, la CCITT estandarizó el sistema multifrecuencia y le dio el nombre de “sistema regional No.2” ó R2. Este sistema de señalización transmite sus señales de forma continua y permite que se puedan mandar señales simultáneamente en

ambas direcciones; las señales que van del emisor hacia el receptor están definidas como señales hacia delante, y las que van en sentido contrario, señales hacia atrás. R2 es un protocolo de señalización de canal asociado y define dos grupos de protocolo como son:

(a) Señalización de línea: es usada para monitorear la línea, antes, durante y después del establecimiento de la llamada.

(b) Señalización de registro: señales para transmitir la información numérica, que sólo se transfiere una vez, la información numérica se almacena en registros, por lo tanto, involucra los registros de varias centrales.

Una señal MFC está constituida por la emisión de dos frecuencias elegidas entre 4, 5 ó 6. En la tabla N° 2 se muestra el código multifrecuencia para 6 frecuencias.

Tabla N° 2 Composición del código multifrecuencia.

Señal	Frecuencias (Hz).						Dirección
	1380	1500	1620	1740	1860	1980	Adelante
	1140	1020	900	780	660	540	Atrás
1	X	X					
2	X		X				
3		X	X				
4	X			X			
5		X		X			
6			X	X			
7	X				X		
8		X			X		
9			X		X		
10				X	X		
11	X					X	
12		X				X	
13			X			X	
14				X		X	
15					X	X	

Fuente: Guia de Sistemas de Telecomunicaciones II. UCV.

3.1.5.3 Sistema de señalización número 7 (SS7).

Este sistema de señalización está optimizado para aplicaciones en redes digitales. Se caracteriza porque la señalización se transmite por canales especiales diferentes al canal de transmisión de la voz, denominados Enlaces de Señalización (SL); estos Enlaces de Señalización enlazan entre sí los puntos de señalización (SP), conformando una red autónoma de señalización superpuesta a la red de canales útiles. En el SS7 las tareas de señalización se dividen en:

- (a) La parte de transferencia de los mensajes, las cuales constituyen un medio de transporte independiente del usuario para los mensajes del usuario.

(b) Las partes de usuarios, las cuales controlan el establecimiento y la liberación de la llamada por los canales útiles, así como las funciones de gestión y mantenimiento de los canales útiles.

En el SS7 se emplean dos modos de operación distintos, como son:

(a) Modo de operación asociado: cuando el enlace de señalización está implementado junto con la troncal útil, como se muestra en la figura N° 5; este modo es utilizado cuando el tráfico entre dos puntos es alto.



Figura N° 5. Modo de operación asociado

Fuente: ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/IEO-614/Com_Senal.ppt

(b) Modo de operación cuasi-asociado: cuando el enlace de señalización y la troncal útil no tiene el mismo camino, como se muestra en la figura N° 6. La señalización para la troncal útil se efectúa a través de uno o varios puntos de transferencia de señalización [3].

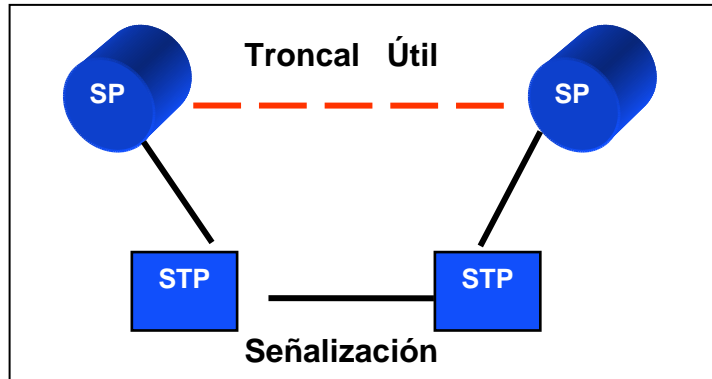


Figura N° 6. Modo de operación cuasi-asociado

Fuente: ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/IEO-614/Com_Senal.ppt

3.2 Voz sobre redes de Internet.

3.2.1 VoIP

El desarrollo de técnicas de digitalización de la voz, el gran crecimiento que han tenido las redes IP, como también el estudio de estándares que mejoren la calidad de voz en las redes de paquetes ha permitido el desarrollo del VoIP (Siglas de *Voice Over Internet Protocol*).

VoIP permite incorporar el tráfico de voz sobre las redes de paquetes permitiendo unificar en una sola red las llamadas y los datos. Debido a que el tráfico de datos por la Internet no ofrece ningún tipo de calidad de servicio, y por el contrario las redes privadas pueden ser administradas de manera que establezcan prioridad al tráfico que requiere de servicios de tiempo real o también configuradas para reservar recursos de la red únicamente para este tipo de tráfico, las redes privadas de las empresas se convierten en el escenario más idóneo donde la voz sobre IP puede ser implantada obteniendo una calidad de voz semejante a la que se puede tener con un sistema de telefonía por conmutación de circuito, por ello, es en este tipo de redes

donde la telefonía sobre redes de paquetes ha tenido un mayor crecimiento en los últimos años.

3.2.2 Protocolos de Señalización.

Al igual que en la telefonía clásica, para poder establecer la comunicación entre los usuarios y las centrales, entre centrales y otros dispositivos de la red, o entre dos centrales, es necesario implementar un protocolo de señalización que permita a todos los dispositivos comprender las peticiones referentes a establecimiento mantenimiento y finalización de llamada. Para telefonía sobre redes de paquetes, existen diversos protocolos de señalización, entre ellos se encuentran:

3.2.2.1 H.323

El H.323 es una familia de estándares definidos por la ITU-T. La primera versión fue aprobada en 1996, la segunda versión en 1998, una tercera en 1999 y luego en 2000 fue aprobada la cuarta versión que permanece vigente en la actualidad. Se creó originalmente para proveer de un mecanismo para el transporte de aplicaciones multimedia en redes de área local. H.323 define una arquitectura compuesta principalmente por los siguientes componentes:

(a) Terminales H.323: constituido por los teléfonos IP. Estos teléfonos pueden ser soluciones informáticas instaladas en un computador o un equipo físico similar a los teléfonos clásicos de telefonía común. Un terminal H.323 consta de las interfaces del equipo de usuario, el codec de audio, las funciones de control del sistema y la interfaz con la red de paquetes.

(b) Gateway: este dispositivo se encarga de realizar la interconexión entre las redes H.323 y otras redes de comunicación, como por ejemplo la red pública

conmutada. Es considerado un elemento opcional en la recomendación debido a que solo es necesario cuando existen otros protocolos de señalización.

(c) Gatekeeper: es una entidad que proporciona la traducción de direcciones y el control de acceso a la red de los terminales H.323 y gateways, además ofrece otros servicios como gestión del ancho de banda y localización de los gateways.

(d) MCU: La unidad de control multipunto provee soporte para realizar conferencias, entre más de dos terminales. Esta unidad está compuesta por las controladoras multipunto (MC), las cuales proveen las funciones de control necesarias para la implementación de las conferencias, y los procesadores multipunto (MP) se encargan de recibir los canales de audio, video y datos en el caso de que existan, procesarlos y distribuirlos nuevamente a los terminales. En el caso de que los equipos terminales se encarguen de procesar las señales de video y audio, el MCU puede estar compuesto solamente por la controladora multipunto.

Las funciones de señalización en H.323 se basan en la recomendación H.225, la cual especifica el uso de los mensajes de señalización Q.931 y Q.932. Los mensajes Q.931 y Q.932 usados comúnmente en H.323 son:

(a) *Setup*: es usado para iniciar una llamada H.323, el cual contiene información referente a la dirección IP, puerto del llamante o la dirección IP y puerto del llamado.

(b) *Call Proceeding*: enviado por el gatekeeper para informar del intento de establecer una llamada.

(c) *Alerting*: utilizado para indicar el inicio de la fase de generación de tono.

(d) *Connect*: indica el comienzo de la conexión.

(e) *Release Complete*: este mensaje es enviado por los terminales para indicar la desconexión.

(f) *Facility*: es utilizado para el reconocimiento del un servicio suplementario.

3.2.2.2 SIP

EL *Session Initiation Protocol* (SIP) es un protocolo desarrollado por el IETF dentro del grupo MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) y especificado en la RFC 2543 en 1999. En junio del 2002, el RFC 2543 fue reemplazado por un conjunto de nuevas recomendaciones, las cuales están definidas como RFC 3261 al RFC 3266. Es un protocolo basado en el modelo cliente-servidor, en donde todos los procesos se efectúan mediante el intercambio de mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor. SIP es neutral con respecto a los protocolos de las capas inferiores, por lo que puede soportarse sobre TCP, UDP, igualmente sobre IP, ATM, FR o X.25 [4].

SIP soporta las siguientes funcionalidades:

- Movilidad de usuarios y de terminales.
- Identificación de usuarios.
- Es posible utilizar conjuntamente con otros protocolos de señalización.
- Llamadas con múltiples interlocutores.
- Servicios suplementarios.

Para implementar dichas funcionalidades el protocolo SIP consta de diversos componentes, entre los cuales, existen dos elementos fundamentales:

(a) Agentes de usuarios (User Agent, UA): Son las aplicaciones establecidas en las estaciones terminales SIP y consisten en dos partes distintas, los agentes de usuario cliente (UAC) y los agentes de usuarios servidores (UAS). Una unidad UAC es una entidad lógica que genera y recibe las solicitudes SIP, por otra parte, una unidad UAS es la encargada de responder estas solicitudes, por lo tanto, las UAC están asociadas al extremo que origina la llamada, mientras que las UAS se asocian al extremo receptor.

(b) Servidores de red: Los agentes de usuario por si solo son capaces de establecer una comunicación básica, sin embargo, sin los servidores de red no es posible obtener todo el potencial que este protocolo ofrece. Los servidores de red se clasifican en servidores de redirección, de proxy y de registro. Los servidores de redirección procesan las solicitudes SIP y le envían al solicitante la dirección de la parte llamada, mientras, que los servidores de proxy actúan como intermediarios, respecto al llamante actúa como servidor y respecto al llamado actúa como cliente, este atiende las solicitudes y las redirige. Por otro lado los servidores de registro son los encargados de registrar las direcciones SIP y sus direcciones IP asociadas, los usuarios (Teléfonos SIP) solicitan su registro en este servidor mediante el intercambio de mensajes SIP, éstos también son denominados servidores de localización, ya que son usados por los servidores proxy y de redirección para obtener información sobre la localización o localizaciones posibles de la parte llamada.

SIP define la comunicación a través de dos tipos de mensajes, las solicitudes (métodos) y las respuestas (códigos de estados). Estos mensajes emplean el formato genérico establecido en la RFC 2822, el cual está compuesto de una línea de inicio, uno o más campos de cabecera, una línea vacía y por último el cuerpo del mensaje.

En la tabla N° 3 se resumen las solicitudes SIP. En la tabla N° 4 se resumen las respuestas SIP.

Tabla N° 3. Solicitudes SIP

Función	Descripción
INVITE	Invita a un usuario o a un servicio, a participar en una sesión.
ACK	Confirma el establecimiento de una sesión.
OPTIONS	Solicita información sobre las capacidades de un servidor.
BYE	Finaliza una llamada, puede ser enviado por el agente llamado o el llamante.
CANCEL	Cancela una solicitud pendiente. Usualmente enviada por el proxy para finalizar búsquedas.
REGISTER	Usado por los clientes para registrar una dirección en el servidor SIP.

Fuente: Redes Unificadas. pag 33

Tabla N°4 Mensajes de Respuesta SIP

Función	Descripción	Ejemplo
1xx	Informativo. Solicitud recibida, se continua para procesar la solicitud.	180 Timbrando
2xx	Solicitud exitosa. La solicitud fue recibida en forma adecuada, comprendida y aceptada.	200 OK
3xx	Redireccionado. Más acciones deben ser consideradas para completar la solicitud.	300 Múltiple.
4xx	Error de cliente. La solicitud contiene mala sintaxis o no puede ser resuelta en este servidor.	401 No autorizado 404 No encontrado
5xx	Error de servidor. El servidor ha errado en una solicitud aparentemente válida.	501 No implementado
6xx	Falla global. La solicitud no puede ser resuelta en servidor alguno.	600 Todos ocupados

Fuente: Redes Unificadas. Joskowicz, José. pag 33

Las cabeceras (campos) SIP especifican aspectos referentes a los participantes, trayectos, etc. El número total de cabeceras SIP definidas es de 46, entre las cuales, las más significativas son las siguientes:

(a) *Call-ID*: identifica unívocamente una llamada. Esta cabecera es utilizada para varios propósitos como detectar duplicados de solicitud INVITE o cambiar dinámicamente parámetros de una sesión.

(b) *Cseq*: identifica cada solicitud

(c) *From*: identifica el origen de la solicitud. Contiene la dirección de origen y posiblemente el nombre de éste.

(d) *To*: identifica el destino de cada solicitud. Debe estar presente en todos los mensajes de solicitudes y respuestas.

(e) *Via*: se emplea para registrar la ruta de la solicitud.

3.2.2.3 H.248

El protocolo de la ITU H.248, (También llamado MEGACO), está definido por el IETF como RFC 3525, y es el resultado de la cooperación entre la ITU y el IETF. Antes de lograr esta cooperación existían varios protocolos similares compitiendo entre sí, principalmente MGCP (la combinación de SGCP e IPDC) y MDCP. MEGACO se trata de una evolución de MGCP y es considerado un protocolo complementario a H.323 y SIP, ya que un Media Gateway Controller (MGC), controlará varios Media Gateways utilizando H.248, pero será capaz de comunicarse con otro MGC utilizando H.323 o SIP. Se dividen básicamente en tres entidades lógicamente diferentes, las cuales son:

(a) Media Gateway – MG: se encarga de proporcionar una interfaz bidireccional entre redes de distintos tipos.

(b) Media Gateway Controller – MGC: se encarga de realizar el control de los Gateways. Maneja la señalización para canalizar la provisión de los servicios, y realiza funciones de procesamiento y control de llamadas.

(c) Signalling Gateway – SG: proporciona una interfaz bidireccional para la señalización entre las redes SS7 y los elementos de control de las redes de paquetes.

H.248 es un protocolo que se basa en una arquitectura maestro/esclavo y que maneja comandos basados en texto para establecer y controlar los dispositivos que intercambian los flujos de información.

3.2.3 Calidad de Servicio. (QoS).

Para poder transmitir voz en las redes de paquetes, es necesario asegurar que ésta tenga una buena calidad para que pueda ser intelegible y confortable para los usuarios receptores, de tal manera que la comunicación sea comparable con los sistemas clásicos de conmutación de circuitos.

La calidad de servicio representa el rendimiento entre los dos extremos de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final. Las redes IP no ofrecen calidad de servicio, debido a que dan un servicio denominado *best-effort*, es decir, realiza el mejor esfuerzo para entregar los paquetes, pero sin garantías y limitándose a encaminar los paquetes y descartando aquellos que tengan errores, esto es debido a que los datos no necesitan ningún tipo de calidad de servicio, ya que si un paquete es descartado, solamente se solicita el reenvío del mismo sin afectar el rendimiento. Los principales factores que se deben tener en cuenta para ofrecer calidad de servicio en las redes de paquetes son:

3.2.3.1 Retardos.

Los retardos se refieren al tiempo que le toma a un paquete en ir de extremo a extremo en la red, incluyendo las demoras debido a todos los procesos de codificación, paquetización, etc. Los retardos no afectan la calidad de voz, sino la calidad de conversación. Son uno de los principales problemas para las aplicaciones de tiempo real, estos pueden ser fijos o variables y se pueden clasificar en:

(a) Retardo por codificación: se refiere al tiempo que se necesita para poder procesar la señal de audio y comprimirla. Este retardo depende del tipo de codificador de voz y de la velocidad y carga del procesador.

(b) Retardo algorítmico: los algoritmos de compresión que se basan en el uso de características conocidas de la voz para procesar las señales, generan retraso al demorar la trama para compararla con las tramas siguientes.

(c) Retardo por paquetización: es la demora para llenar un paquete de información, carga útil, de la conversación ya codificada. Este retardo va a depender del tamaño del bloque requerido por el codificador y el número de bloques de una sola trama. La tabla N° 5 muestra algunos de los retardos de paquetización más comunes.

Tabla N° 5. Retardos de paquetización

Codificador	Rata (Kbps)	Carga útil (Bytes)	Retardo de paquetización	Carga útil (Bytes)	Retardo de paquetización
G.711	64	160	20 ms	240	30 ms
G.726	32	80	20 ms	120	30 ms
G.729	8	20	20 ms	30	30 ms
G.723.1	6,3/5,3	24	24 ms	60	48 ms

Fuente: www.monografía.com - VoIP

(d) Retardo de serialización: depende de los relojes de muestreo de la voz, o de las tramas de la red, y está relacionado a la tasa de reloj de la transmisión. Para líneas de altas velocidades y tramas de tamaños pequeños este tipo de retardo se hace despreciable.

(e) Retardo por cola: depende de las velocidades de los equipos de conmutación para procesar todos los paquetes que a ellos llegan. Cuando las aplicaciones en tiempo real son tratadas con prioridad respecto al resto del tráfico, se logra reducir este retardo y solo dependería de la velocidad del enlace.

(f) Retardo en el buffer estabilizador: Como la voz es paquetizada y cada paquete es independiente de los demás, es posible que a la llegada al receptor, dichos paquetes no lleguen ordenados y con un retardo constante, por esto es necesario un buffer para eliminar las variaciones en los retardos y ordenar los paquetes, el cual introduce un retardo en el sistema.

3.2.3.2 Pérdidas de paquetes.

Además de los retardos, otro factor que afecta la calidad de servicio es la pérdida de los paquetes. Para el tráfico de datos esto no representa un problema, debido a que los protocolos usados son capaces de reconocer la falta de los paquetes perdidos y pedir la retransmisión al receptor. Contrario a esto, en las aplicaciones de tiempo real no es posible pedir retransmisión de los paquetes perdidos ya que ocasionaría un retardo no aceptable en la comunicación. Existen algunas técnicas que permiten hacer menos sensible la degradación de la voz frente a las pérdidas de paquetes, como por ejemplo:

(a) Interpolar los paquetes de voz perdidos al repetir el último paquete recibido durante el intervalo cuando el paquete perdido supuestamente debía ser analizado, este método da resultados aceptables solamente cuando la incidencia de paquetes perdidos es poco frecuente; si el número de paquetes perdidos en una ráfaga es alta no trabaja muy bien.

(b) Enviar información redundante a expensas de la utilización del ancho de banda; esta aproximación hace una réplica y envía el n-ésimo paquete de voz con el

(n+1) ésimo paquete; este método tiene la ventaja que puede corregir la pérdida del paquete exacto, sin embargo usa más ancho de banda e incrementa el retardo.

(c) Usar una aproximación híbrida con ancho de banda menor del codificador de voz para proporcionar información redundante que será llevada en el (n+1) ésimo paquete; esto reduce el problema de necesidad de ancho de banda extra, pero falla en la resolución del problema de retardo.

3.2.3.3 Eco.

El Eco es un fenómeno en el cual, parte de la información de voz enviada por un origen retorna de nuevo a éste. El eco depende del retardo de la señal, ya que si el retardo es pequeño (20-30 ms), éste es imperceptible. Las recomendaciones G.164, G.165 y G.168 de la UIT establecen límites en los niveles y retardos de eco que se deberían seguir con criterio de cumplimiento mínimo. Para evitar la propagación del eco se incorporan a la red los canceladores de eco, los cuales comparan los datos de voz recibidos de la red de paquetes, con los datos de voz que están siendo transmitidos.

3.2.3.4 Jitter.

Jitter se denomina a la variación en los retardos. Para poder obtener una comunicación confortable e intelegible es necesario recibir los paquetes con un retardo constante; para lograr esto se utilizan los buffer, los cuales reciben los paquetes a intervalos variables y los entregan a intervalos constantes, pero todo esto introduciendo un retardo adicional al sistema, ya que para poder entregar los paquetes a intervalos constantes, debe retener los paquetes. Cuanto mayor sea el jitter existente, más grande será el retardo introducido por el buffer.

3.2.4 Códec de voz.

Códec es una abreviatura de codificador-decodificador. Para poder transmitir voz por la red IP es necesario codificarla, para ello se utilizan los códecs de voz o audio, que son los encargados de realizar la codificación y compresión del audio para su posterior decodificación y descompresión en el otro extremo de la transmisión. De acuerdo al codec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda; otro factor que afecta directamente la calidad de la voz es el codec utilizado. La cantidad de ancho de banda utilizado por lo general es directamente proporcional a la calidad de voz transmitida. Los codec de audio se caracterizan por los siguientes parámetros:

(a) Número de canales: un flujo de datos codificados puede contener una o más señales de audio. Para el caso de la telefonía la voz se transmite por un único canal, es decir, se trata de una audición “mono”.

(b) Frecuencia de muestreo: se refiere al criterio de Nyquist [2], determina la frecuencia máxima que se puede codificar. Por lo tanto, cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor será la fidelidad del sonido obtenido respecto a la señal de audio original.

(c) Número de bits por muestra: determina la precisión con la que se reproduce la señal original.

(d) MOS: Indica la calidad general del codec. Es una medida subjetiva comprendida entre 1 y 5, siendo 5 la mejor calidad. Es determinado estadísticamente basándose en las opiniones de un gran número de personas escuchando la misma llamada.

En la tabla N° 6 se observan los principales codec estándares.

Tabla N° 6. Códecs de audio.

Nombre	Estándar	Descripción	Bit rate (kb/s)	Frec. de muestreo (Khz.)	Tamaño de la trama (ms)	MOS (Mean Opinion Score)
G.711	ITU-T	Modulación PCM. Ley-A y Ley u	64	8	20	4.1
G.723.1	ITU-T	Codificación (ACELP). (MP-MLQ)	5.6/6.3	8	30	3.8-3.9
G.726	ITU-T	Modulación (ADPCM).	16/24/32/40	8	20	3.85
G.728	ITU-T	Codificación CELP.	16	8	2.5	3.61
G.729	ITU-T	Codification (CS-ACELP)	8	8	10	3.92
GSM 06.10	ETSI	(RPE-LTP)	13	8	22.5	

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 Ventajas y desventajas de VoIP con respecto a la telefonía tradicional.

Al transmitir voz sobre redes de paquetes no orientada a conexión, no se requiere el establecimiento de un circuito durante el tiempo que dure la conversación, por lo tanto se hace un mejor uso de los recursos de la red, sin embargo paquetizar la voz conlleva una serie de procesos que causan retardo en la transmisión, además que al transmitir la voz en paquetes puede ocasionar la pérdida de los mismos reduciendo la calidad de la voz.

Otra desventaja de transmitir la voz en las redes de paquetes es el aspecto de la seguridad. Los dispositivos de redes, los servidores, los protocolos, todos son vulnerables. Los riesgos que trae usar el protocolo VoIP son los mismos que se tienen en las redes de datos basadas en IP. La encriptación de la voz es una solución al problema de la seguridad, aunque esta trae consigo un aumento en el ancho de banda necesario para la transmisión de los paquetes.

Por otra parte al integrar la voz, el video y los datos en una misma red, es posible la implementación de nuevos servicios como videoconferencias, servicios de tele enseñanza, etc. que serían muy difíciles de implementar en redes separadas. Además, la telefonía en redes de paquetes ofrece una serie de servicios que no son posibles en la red de telefonía tradicional como por ejemplo la movilidad que puede tener un usuario, que solamente registrándose en cualquier equipo puede acceder a la red de voz desde cualquier punto a la que tenga alcance dicha red.

3.3 Aspectos básicos de redes de datos.

3.3.1 Redes LAN.

Una red de datos consiste en dos o más equipos conectados entre sí, capaces de compartir archivos o equipos como impresoras, unidades de almacenamientos, etc. Las redes de área local o LAN (*Local Area Network*), son definidas como la interconexión de varios equipos de computación y periféricos, con una extensión física que no se extiende más allá de un edificio o un entorno de unos pocos kilómetros. Este tipo de redes es usada para compartir información y equipos dentro de una empresa o institución, como es el caso de las intranet, las cuales son redes privadas que utilizan los protocolos de Internet pero solamente están disponibles dentro de una organización. Los estándares más usados en las redes LAN son:

3.3.1.1 Ethernet.

Ethernet o IEEE 802.3, es la tecnología LAN más utilizada actualmente, soporta diferentes tipos de medios como fibra, coaxial, UTP, etc. Utiliza el método de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, CSMA/CD desarrollado en los años 70. Este estándar define las características del cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas a nivel de enlaces de datos. Ethernet es una red del tipo *broadcast*, es decir, que cada máquina escucha todos los mensajes que son transmitidos por la red, aunque no sea ésta el destino del paquete; cada máquina revisa el mensaje y si no es destinado a ella, lo ignora, en caso contrario la trama pasa a las capas superiores. Para un equipo poder transmitir en una red Ethernet, éste escucha el medio para determinar si está en uso, de ser así espera para realizar la transmisión, si no envía los paquetes por el medio de transmisión. En caso de que más de una máquina intente transmitir por el canal al mismo tiempo, se produce el fenómeno denominado colisión, por lo cual las tramas tienen que ser enviadas nuevamente. Los principales campos que forman la trama Ethernet son los siguientes:

(a) Preámbulo: es utilizado para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de comenzar la transmisión. El patrón del preámbulo corresponde al byte 10101010 repetido 7 veces.

(b) SOF: el delimitador de inicio de trama o SOF, consiste en un byte 10101011, el cual indica que el próximo bit será el más significativo del campo de dirección de destino.

(c) Dirección de destino: especifica la dirección a la que se envía la trama. Esta dirección puede ser la dirección de una máquina, la de un grupo, o *multicast*, o la dirección *Broadcast* para que el paquete sea recibido por todos los equipos.

(d) Dirección de origen: indica el equipo que envió el paquete.

(e) Tipo: es un campo de 16 bits que identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con el paquete.

(f) Datos: este campo tiene una longitud que puede variar entre 46 y 1500 bytes y contiene la información del nivel de red.

(g) FCS: es el campo de verificación de la trama y contiene un valor de verificación CRC (código de redundancia cíclica). La Figura N° 7 muestra el formato de la trama Ethernet.

Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes

Figura N° 7. Trama Ethernet.

Fuente: www.wikipedia.org/wiki/Ethernet

Para poder ofrecer calidad de servicio en la red LAN, el IEEE ha establecido los estándares 802.1p y 802.1q que amplían la trama Ethernet en cuatro octetos para incluir el etiquetado para LAN Virtual (VLAN), y la información explícita de prioridad mediante el campo *user_priority*. El protocolo 802.1p aplica prioridad por puerto, es decir, para elegir cuál paquete será enviado primero, el Switch transmitirá el paquete que está en el puerto que tenga mayor prioridad, por lo tanto esta prioridad se debe configurar en todos los puertos de los switches. La figura N° 8 muestra la trama Ethernet con el etiquetado VLAN.

802.1q								
Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	TPID	TCI	Datos	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	1500 bytes	4 bytes

Figura N° 8. Trama Ethernet con identificador de VLAN

Fuente: www.Javvin.com/protocol/vlan.html

El campo TPID (*Tag Protocol Identifier*) tiene una longitud de 16 bits. Es usado para identificar la trama como una trama etiquetada con el protocolo 802.1q.

El campo TCI contiene la información de prioridad del paquete además del etiquetado de VLAN. Los primeros tres bits son conocidos como *user_priority* y definen 8 (2^3) niveles de prioridad de acuerdo a la recomendación 802.1p, el cuarto bit denominado CFI indica si el orden de los bits está en formato canónico o no canónico. Los últimos 12 bits indican a cual VLAN pertenece el paquete; estos 12 bits permiten tener 4096 VLANs. La figura N° 9 muestra el campo TCI de la etiqueta de VLANs.

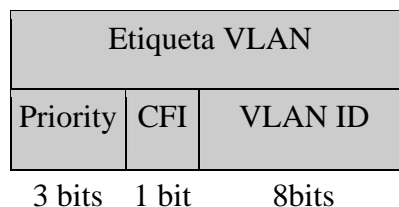


Figura N° 9. Etiqueta VLAN 802.1q

Fuente: Elaboración propia.

Las velocidades en las redes Ethernet varían desde 10 Mbps hasta 10 Gbps. Entre el estándar 802.3, se encuentra el 802.3u que define las redes Fast Ethernet con velocidades de 100 Mbps y los estándares 802.3ab y 802.3z que definen las redes

Giga bits Ethernet (también llamadas, GibE) que poseen velocidades de 1000 Mbps. Los principales medios físicos utilizados actualmente por este estándar son la fibra óptica, el cable trenzado (UTP o STP) y el coaxial, aunque este último, no es muy común su utilización.

Los equipos encargados de generar datos o son destino de los mismos, tales como las computadoras personales, los servidores de archivos o los servidores de impresión, son denominados Equipo Terminal de Datos o DTE. Los equipos que reciben y retransmiten las tramas dentro de la red son denominados Equipos de Comunicación de Datos o DCE, éstos son:

(a) Tarjeta de Interfaz de Red o NIC: su función es permitir el acceso de una computadora a la red. Posee una dirección MAC que identifica la computadora en la red, la cual es única.

(b) Repetidor: este dispositivo se encarga de retransmitir las señales que recibe, éste regenera eléctricamente la señal, lo que permite evitar la degradación de la misma y así extender el alcance de una conexión.

(c) Concentrador o hub: su función es similar al repetidor, pero éste permite la interconexión de varios dispositivos. Se encarga de recibir una trama Ethernet y repetirla por todos sus puertos sin realizar ningún proceso sobre la misma.

(d) Puentes o bridges: se utilizan para conectar entre sí dos subredes, su principal característica es que sólo transmite de una subred a otra el tráfico no local. Un bridge ejecuta tres tareas básicas:

- Aprendizaje de las direcciones de nodos en cada red.
- Filtrado de las tramas destinadas a la red local.

- Envío de las tramas destinadas a la red remota.

(e) Switch o conmutador: funciona como el *bridge*, pero permite la interconexión de múltiples segmentos de red, funciona en velocidades más rápidas. Los switches pueden tener otras funcionalidades, como redes virtuales y permiten su configuración a través de la propia red.

3.3.1.2 Token Ring.

Esta arquitectura de red fue desarrollada por IBM en los años 70, y está basada en la topología lógica de anillo y la técnica de acceso de paso de testigo [5]. Token Ring fue estandarizada por la IEEE como 802.5. En la figura N° 10 se muestra la topología de una red Token Ring.

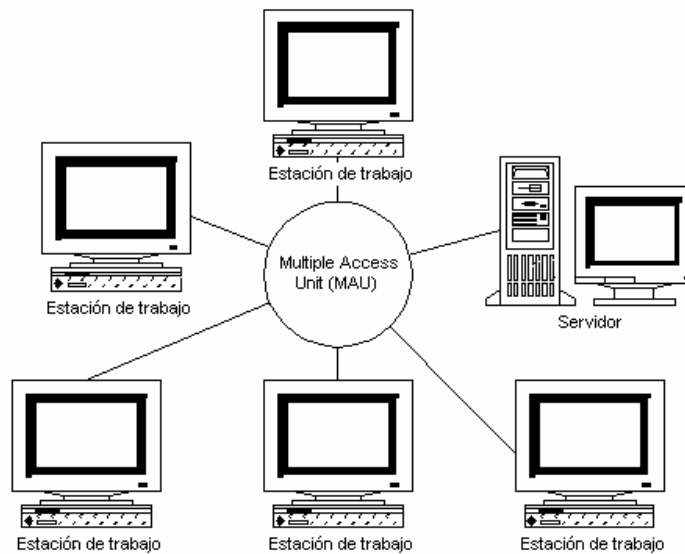


Figura N° 10. Red Token Ring

Fuente: www.monografias.com/Redes-Token-Ring

El principio de este sistema está basado en la circulación de una secuencia de datos llamado token o ficha, el cual está constituido por un byte delimitador de inicio, un byte de control de acceso y un byte delimitador de fin. Cuando una estación desea transmitir, espera a recibir el token. En ese momento, lo retira de circulación y envía su mensaje. Este mensaje circula por el anillo hasta que lo recibe íntegramente el destinatario. Entonces se genera un token nuevo. La información que viaja en el anillo recorre una sola dirección a lo largo de la red. Este método no requiere de enrutamiento, ya que cada paquete es pasado al equipo vecino y así consecutivamente. La figura N° 11 muestra la trama Token Ring

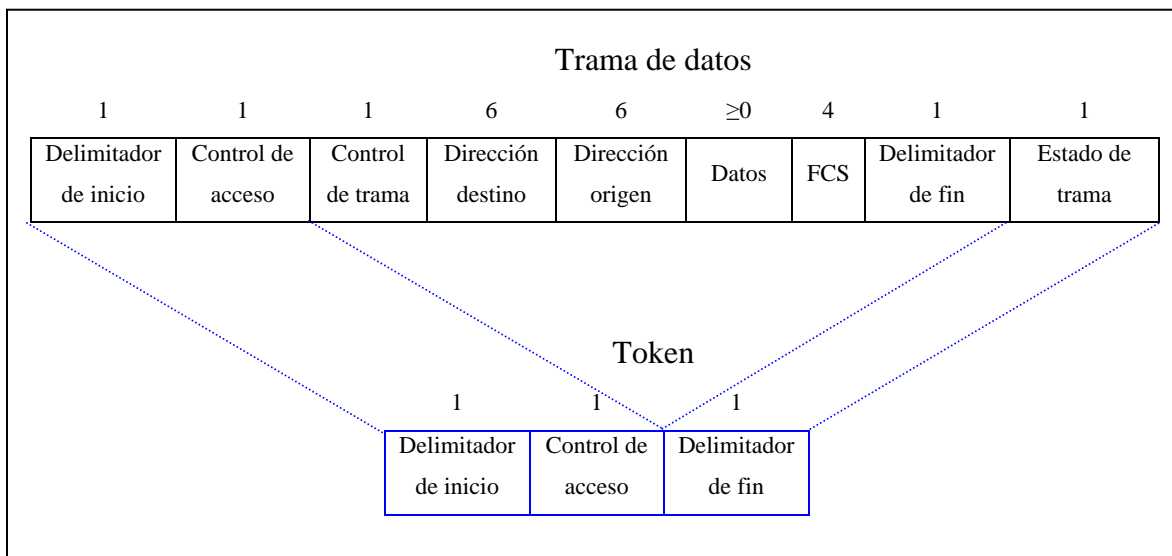


Figura N° 11. Trama Token Ring.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Redes WAN.

Las redes de área extensa o redes WAN (*Wide Area Network*), se definen como aquellas que abarcan extensiones hasta de cientos de kilómetros. Generalmente este tipo de redes está constituida con la finalidad de enlazar redes de área local

distribuidas en diferentes regiones. Muchas WAN son construidas por organizaciones particulares para su uso privado, otras son construidas por los proveedores de servicios de Internet para proveer de conexiones a las empresas y demás clientes.

Los nodos de las redes WAN son los encargados de enrutar, multiplexar y conmutar los datos a lo largo de toda la red, se caracterizan por su autonomía y presentan facilidades como:

- (a) Enrutamiento y Conmutación Automáticos.
- (b) Facilidades de Corrección de Error y Compresión de Datos.
- (c) Soporte para servicios de voz, datos, facsímil y video interactivos.
- (d) Capacidad para control y transmisión a bajas y altas velocidades.
- (e) Facilidades de Conversión entre diferentes velocidades de transmisión.

Entre los principales protocolos utilizados en una red WAN se encuentran Frame Relay, ATM, IP, MPLS, etc.

3.3.2.1 Frame Relay.

Es una tecnología de conmutación rápida de tramas, que puede utilizarse como un protocolo de transporte y un protocolo de acceso en redes públicas o privadas. Es una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de marcos (“*frames*”) para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.

Frame Relay es un protocolo orientado a conexión, ya que antes de que exista una comunicación entre dos equipos de usuario, es necesario establecer primero una conexión entre ambos equipos. Está basado en la mejora que se han logrado en la calidad de las líneas, por lo que desplaza el control de errores a los equipos en los extremos de la comunicación, debido a esto Frame Relay resulta más rápido que las antiguas redes X.25, las cuales, utilizan procedimientos de control de

errores complejos. Utiliza conexiones virtuales la cuales pueden ser del tipo permanente, (PVC, *Permanent Virtual Circuit*) o conmutadas (SVC, *Switched Virtual Circuit*). La figura N° 12 muestra la trama Frame Relay.

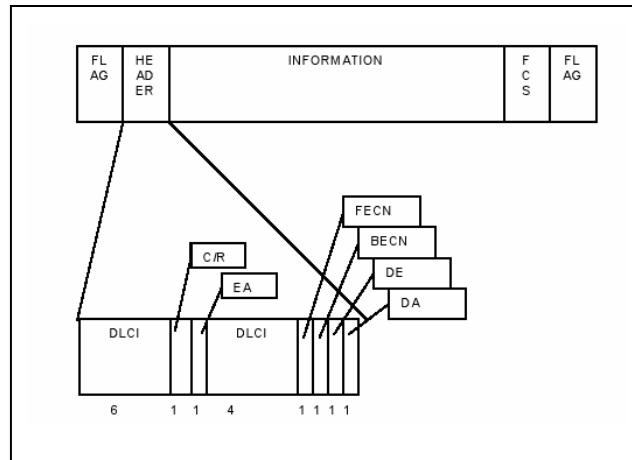


Figura N° 12. Trama Frame Relay.

Fuente: Redes de datos. Joskowicz, José.

3.3.2.2 ATM.

ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) es una tecnología de conmutación diseñada para redes públicas y privadas de banda ancha. ATM permite alcanzar altas velocidades de transmisión (desde megabit/s hasta gigabit/s) y transportar diferentes tipos de tráfico (voz, video, datos) sobre la misma red troncal. Este fue seleccionado por la CCITT (*Comité Consultatif Internationale de Téléphonie et Télégraphie*) Como base para *Broadband ISDN* (B-ISDN) en 1988.

Las interfaces especificada por la CCITT para B-ISDN son de 155 Mbps y 622 Mbps. En Norte América, ANSI (*American National Standards Institute Organization*), también tienen aprobada una interfaz de 45 Mbps.[6]

El protocolo ATM está conformado por tres niveles o capas básicas. La primera capa llamada capa física, define las interfaces físicas con los medios de transmisión y el protocolo de trama para la red ATM, es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bits en el medio físico apropiado. A diferencia de tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, ATM es independiente del transporte físico. Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SDH, T3/E3, TI/EI o aún en modems de 9600 bps.

La segunda capa es la capa ATM. Es ésta capa se define la estructura de la celda y cómo las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en una red ATM, esta capa es independiente del servicio. El formato de una celda ATM es muy simple. Consiste de 5 bytes de cabecera y 48 bytes para información.

La tercera capa es la *ATM Adaptation Layer (AAL)*. Su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (*circuit emulation*), vídeo, audio, frame relay, etc.

2.3.2.3 Protocolo de Internet. (IP).

IP es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados. El IP es el elemento común en la Internet de hoy. Actualmente el protocolo mayormente usado es IPv4. IPv6 es el sucesor propuesto de Ipv4.

En IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes. El esquema de envío de IP es similar al que se emplea en la capa de Acceso a red. En el Encabezado se incluye las direcciones de las máquinas de origen y destino

(direcciones IP), direcciones que serán usadas por los conmutadores de paquetes (switches) y los enrutadores (routers) para decidir el tramo de red por el que reenviarán los paquetes. La figura N° 13 muestra la trama IP.

Ver	Hlen	TOS	Longitud Total	
Identificación			Flags	Desp. De Fragmento
TTL		Protocolo	Checksum	
Dirección IP de la Fuente				
Dirección IP del Destino				
Opciones IP (Opcional)				Relleno
DATOS				

Figura N° 13. Trama IP

Fuente. www.monografías.com. Protocolo IP.

Dentro de IP están definidos los protocolos de enrutamiento, para la comunicación entre redes de diferentes localidades mediante routers, estos se explican a continuación.

Protocolos de enrutamiento.

Los protocolos de enrutamiento son aquellos protocolos que utilizan los routers o encaminadores para comunicarse entre sí y compartir información que les permita tomar la decisión de cuál es la ruta más adecuada en cada momento para enviar un paquete. Estos se dividen en protocolos internos ó (IGP, *Interior Gateway Protocol*), como RIP y OSPF, y los protocolos externos ó (EGP, *Exterior Gateway Protocol*) como BGP (*Border Gateway Protocol*) . Aunque no es estrictamente necesario que un router haga uso de estos protocolos, pudiéndosele indicar de forma estática las rutas para las distintas subredes que estén conectadas al dispositivo. Uno

de los principales dispositivos utilizados en una red WAN son los routers, de ahí la importancia que tienen los protocolos de enrutamiento dentro de esta red. Los protocolos dinámicos utilizan varios mecanismos de enrutamiento los cuales se clasifican en:

(a) Enrutamiento por vector distancia: este mecanismo se basa en que cada router mantenga una tabla con la mejor distancia conocida a cada destino, estas tablas son actualizadas intercambiando información con los routers vecinos. La métrica utilizada puede ser la cantidad de escalas, el retardo de tiempo o alguna otra. Entre los protocolos vector distancia se encuentran, RIP e IGRP.

(b) Enrutamiento por estados de enlace. Se basa en que un router comunica a los restantes nodos de la red, cuáles son sus vecinos y a qué distancias está de ellos, aparte de otras métricas. Con la información que un nodo de la red recibe de todos los demás, puede construir un "mapa" de la red y sobre él calcular los caminos óptimos. Los protocolos estado de enlace incluyen OSPF e IS-IS.

3.3.3 MPLS

MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP. MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*) combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM. Ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia. Y todo ello en una única red.

En MPLS el camino que se sigue está prefijado desde el origen (se conocen todos los saltos de antemano): se pueden utilizar etiquetas para identificar cada comunicación, y en cada salto se puede cambiar de etiqueta (mismo principio de funcionamiento que VPI/VCI en ATM, o que DLCI en Frame Relay).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DATOS Y VOZ DE CVG EDELCA

CVG Edelca se encarga de generar y transportar energía eléctrica a todo el territorio nacional. Sus principales fuentes de generación son las centrales hidroeléctricas ubicadas en la región de Guayana en el río Caroní. Para las labores de transporte de la energía cuenta con una red troncal que abarca desde Guayana hasta el estado Zulia, para la cual posee subestaciones en diversos lugares del país. Es por esto, que cuenta con una red telefónica para comunicar el personal que labora en las diferentes regiones. Además de una red de datos utilizadas para diferentes propósitos, como es el caso de la supervisión y control de la red. Actualmente las redes de paquetes, utilizadas para la transmisión de datos, y las redes de voz, se encuentran físicamente separadas y se detallan a continuación:

4.1 Descripción de la red telefónica de Edelca.

CVG Edelca cuenta con una red telefónica privada, que abarca todas sus sedes ubicadas a lo largo del territorio nacional. Esta red esta constituida por 41 centrales PABX interconectadas, que se encargan de administrar el tráfico de llamadas locales, en algunos casos extensiones remotas, además del tráfico entre diferentes localidades. Las PABX se encuentran interconectadas entre sí mediante por canales propios, los cuales viajan a través de la red WAN de la empresa, estos canales son del tipo digital y emplean el método de conmutación de circuitos, es decir, la voz en ningún caso es paquetizada. Las conexiones con las operadoras de telefonías fijas y móviles están localizadas en las áreas con mayor número de tráficos hacia éstas, como por ejemplo Caracas, Pto Ordaz, Campamento Gury, etc. Las subestaciones y localidades con un número de usuarios pequeño utilizan las conexiones de las sedes

principales para la conexión con las operadoras telefónicas. Las centrales instaladas en Edelca son en su mayoría del fabricante Siemens.

El sistema telefónico se encuentra dividido en cuatro regiones: la región centro-occidental que abarca la zona central y occidental de país, la región de oriente que comprende el norte del oriente del país, la región de Guayana conformada por la ciudad de puerto Ordaz y las represas de Caruachi y Macagua, y una cuarta región que incluye la zona de Canaima y la zona de la represa Guri, denominada zona sur. La tabla N° 7 muestra las conexiones de las centrales telefónicas de la región oriente. En la tabla N° 8 se describen las centrales telefónicas de la región centro-occidente. Las tablas N° 9a y 9b se muestran las centrales telefónicas de la región Guayana. En la tabla N° 10 se observan las centrales utilizadas en la región sur y sus conexiones.

Tabla N° 7. Centrales telefónicas región oriente

Ubicación	Marca/ modelo	Capacidad de extensiones	Troncales internas conectadas
San Geronimo	Siemens / HICOM 350H	128 / 80 conectadas	16 Troncales hacia horqueta, Arenosa, Caracas, Puerto Ordaz, Malena y Jose
Malena	Siemens / HICOM 350H	104 / 43 conectadas	12 Troncales hacia Caracas, Puerto Ordaz, y San Gerónimo
Jose	Siemens / HICOM 350H	80 / 40 conectadas	6 Troncales hacia Puerto Ordaz, y San Gerónimo
Maturín	Siemens / Hipath 4000	72 / 30 conectadas	6 extensiones remotas.
Canoa	Siemens / HICOM 350H	24 / 12 conectadas	No

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°8 Centrales telefónicas zona centro-occidente

Ubicación	Marca/ modelo	Capacidad de extensiones	Troncales internas conectadas	Conexiones con otras operadoras
Caracas	Siemens / Hicom 392	1440/ 1416 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>4 con Arenosa, 2 con Yaracuy, 2 con Maracaibo, 2 con La Horqueta, 3 con Enelven, 3 con Opsi, 2 con San Gerónimo, 2 con Malena, 1 Extensión remota de Puerto Ordaz, 4 Rightfax, 132 extensiones remotas a las subestaciones.</p> <p>DIGITALES</p> <p>4 Enlaces SO con Presidencia, 2 SO con Arenosa, 2 SO con cuatricentenario, 2 Enlaces E1 con Puerto Ordaz</p>	<p>2 Tramas E1 DDE con CANTV</p> <p>2 Tramas E1 DDS con CANTV</p> <p>1 Trama con movistar.</p> <p>12 Circuitos con Movilnet</p> <p>43 Directos con CANTV</p>
Presidencia	Siemens / Hicom 118E	16/ 16 conectadas	4 Enlaces con la central de Caracas.	No
Cuatricentenario	Siemens / Hicom 150	64 / 47 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>3 con Puerto Ordaz, 4 con Ccs., 1 Directo con ENELVEN</p> <p>DIGITALES</p> <p>2 enlaces SO con Caracas</p>	3 Directos con CANTV
Yaracuy	Siemens / Hipath 3000	64 / 40 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>2 con Ccs., 2 con Puerto Ordaz.</p>	1 Directo con movistar
Arenosa	Siemens / Hicom 150	64 / 31 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>5 con Ccs., 2 con Puerto Ordaz, 2 con San Gerónimo</p> <p>DIGITALES</p> <p>2 enlaces SO con Caracas</p>	No
Horqueta	Siemens / Hicom 150	64 / 36 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>5 con Ccs., 2 con Puerto Ordaz, 2 con San Gerónimo</p>	1 Directo con CANTV
Los Cortijos	Siemens / Saturno 200	4 / 3 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>2 con Caracas.</p>	No
Sur	Siemens / Hipath 3000	48 / 34 conectadas	<p>ANALÓGICAS</p> <p>5 con Caracas.</p>	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°9a Centrales telefónicas región Guayana. Parte A

Ubicación	Marca/ modelo	Capacidad de extensiones	Troncales internas conectadas	Conexiones con otras operadoras
Caruachi	Siemens / Hicom 372	368 / 287 conectadas	DIGITALES 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con Inspeccion Caruachi	No
Inspección Caruachi	Siemens / Hicom 372	400 / 243 conectadas	DIGITALES 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con Caruachi	No
Casa de máquinas Macagua 1	Siemens / Hicom 382	320 / 235 conectadas	DIGITALES 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con Campamento, 1 E1 con CMM2	No
Casa de máquinas Macagua 2	Siemens / Hicom 382	608 / 315 conectadas	DIGITALES 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con Centro Mtto, 1 E1 con CMM1	No
Centro de mantenimiento Macagua	Siemens / Hicom 382	512 / 442 conectadas	DIGITALES 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con Campamento, 1 E1 con CMM2	No
Campamento Macagua	Siemens / Hicom 382	816 / 740 conectadas	DIGITALES 2 S0 con Casa 9, 1 E1 con Pto. Ordaz, 1 E1 con CMM1, 1 E1 con Centro Mtto.	No
Puerto Ordaz	Siemens / Hicom 392	1800 / 1552 conectadas	ANOLÓGICAS 2 con Arenosa, 2 con Yaracuy, 2 con Cuatricentenario, 2 con La Horqueta, 8 con Camp. Guri, 8 con Casa Maquinas guri 2, 5 con San Gerónimo, 4 con Malena, 2 con Phone patch., 4 con Guayana B, 4 con Guayana A, 4 con Palital, 4 con Santa Elena, 4 con Las Claritas, 4 con Jose, 3 con Canaima. DIGITALES 4 S0 con Presidencia, 4 S0 con Directores, 4 S0 con Centracom, 2 E1 con Caracas, 1 E1 con Camp Guri, 1 E1 con C Maq. Guri2, 1 E1 con Centro Mantto, 1 E1 con CMM 2, 1 E1 con CMM 1, 1 E1 con Campamento Macagua, 1 E1 con Caruachi Obra, 1 E1 con Inspeccion Caruachi,	2 Tramas DDE con CANTV 1 Trama DDS con CANTV 1 Trama E1 Movistar

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°9b Centrales telefónicas región Guayana. Parte B

Ubicación	Marca/ modelo	Capacidad de extensiones	Troncales internas conectadas	Conexiones con otras operadoras
Presidencia	Siemens / Hicom 118E	16 / 9 conectadas	DIGITALES 4 enlaces SO con Puerto Ordaz.	
Directores	Siemens / Hicom 118E	12 / 8 conectadas	DIGITALES 4 enlaces SO con Puerto Ordaz.	No
Centracom	Siemens / Hipath 3000	20 / 2 conectadas	DIGITALES 4 enlaces SO con Puerto Ordaz.	No
DCR	Siemens / Hicom 362	85 / 39 conectadas	ANALÓGICOS 27 ext. conectadas	No
Sistema independiente Casa de Máquinas Macagua 2	Siemens / Hipath 3000	48 / 44 conectadas	ANALÓGICOS 3 ext. conectadas	No
Campamento Macagua casa 9	Siemens / Hipath 3000	20 / 13 conectadas	ANALÓGICOS 6 ext. conectadas	No
Campamento Macagua casa 8	Siemens / Hicom 118E	16 / 13 conectadas	ANALÓGICOS 12 ext. conectadas	No
Campamento Macagua casa 7	Siemens / Hipath 3000	36 / 20 conectadas	ANALÓGICOS 3 ext. conectadas	No
Patio 155 KV Macagua	Siemens / Hipath 3000	28 / 6 conectadas	ANALÓGICOS 2 ext. conectadas	No
Sub-estación Gauyana A	NEC / 200IPS	24 / 11 conectadas	ANALÓGICOS 7 ext. conectadas	No
Sub-estación Gauyana B	NEC / 200IPS	45 / 21 conectadas	ANALÓGICOS 7 ext. conectadas	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°10 Centrales telefónicas región sur.

Ubicación	Marca/ modelo	Capacidad de extensiones	Troncales internas conectadas	Conexiones con otras operadoras
La Becerra	Neax 2400IPX	464 / 353 conectadas	DIGITALES 1 E1 con CMGII, 1 E1 con Sector A, 1 E1 con Administración, 1 E1 con Tepuy, 1 E1 con Campamento, 1 E1 con Puerto Ordaz	1 E1 con CANTV DDE 1 E1 con 53ANTV DDS
Sector A	Neax 2400IPX	280 / 226 conectadas	DIGITALES 1 enlace E1 con la Becerra	No
Administración	Neax 2400IPX	224 / 207 conectadas	DIGITALES 1 E1 con la Becerra, 1 E1 con CMGII	No
Tepuy	Neax 2400IMX	200 / 185 conectadas	DIGITALES 1 E1 con la Becerra.	No
Campamento	GTD 1000	560 / 356 conectadas	ANALÓGICOS 30 canales con La Becerra, 8 con Puerto Ordaz, 3 con Canaima	No
Casa de Maquina 1	Neax 2400IMX	128 / 94 conectadas	DIGITALES 1 E1 Casa de Máquinas 2.	No
Casa de Maquina 2	Neax 2400IMX	408 / 293 conectadas	DIGITALES 1 Enlace E1 con CMG 1, 1 E1 con Administración, 1 E1 con La Becerra, 1 E1 con Puerto Ordaz.	1 E1 con CANTV DDE 1 E1 con CANTV DDS
Canaima	ERICSSON MD-110	40 / 20 conectadas	ANALÓGICOS 3 Enlaces con Puerto Ordaz, 3 con Campamento Guri II	No

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que algunas de las centrales como es el caso de la central de Caracas, están llegando al máximo tanto en capacidad de usuarios conectados como en capacidad de conexiones con otras centrales. La figura N° 14 muestra el análisis de tráfico interno de la central telefónica de Caracas, expresado en Erlang.

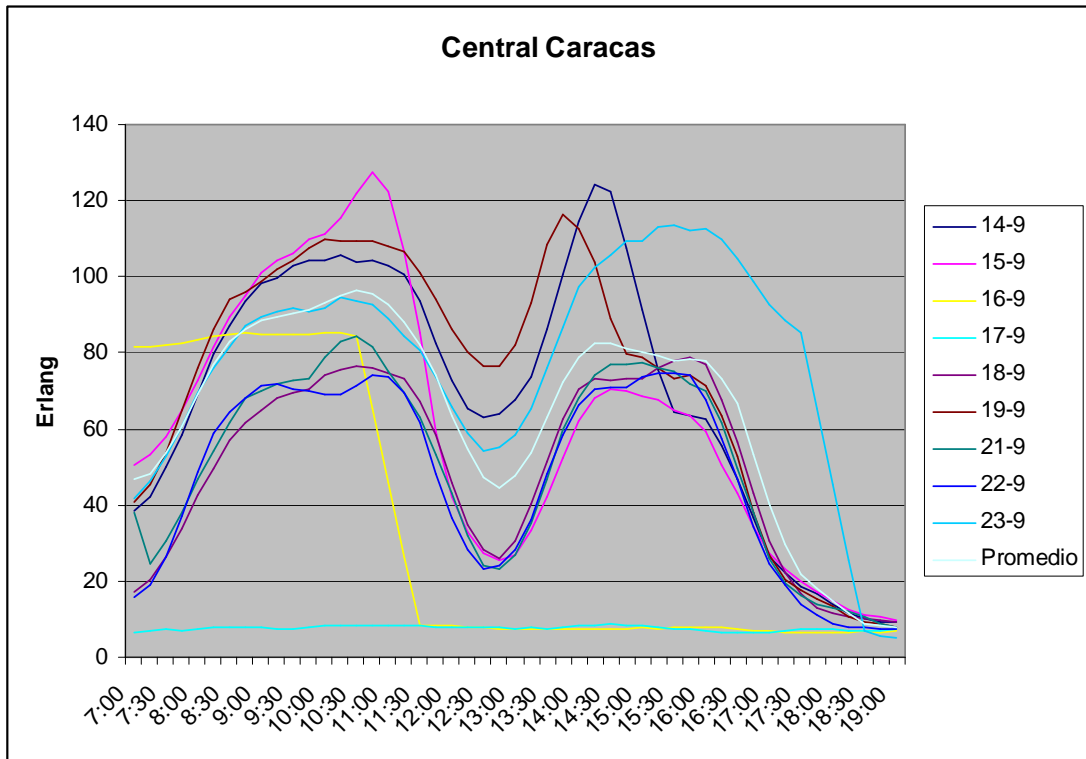


Figura 14. Tráfico interno de la central de Caracas expresado en Erlangs.

Fuente: Ing. Juan Sosa. CVG Edelca.

De acuerdo al tráfico máximo en hora pico visto en la figura 14 y con el uso de la tabla de Erlang B (Tabla N° 20, ANEXO1), considerando la pérdida de una llamada por cada 1000 (Alta disponibilidad), se puede obtener el numero de llamadas simultáneas realizadas en la central de Caracas, la cual da un valor de 175 llamadas simultáneas. El análisis de tráfico de las troncales conectadas a la central de Caracas se muestra en el ANEXO 2.

4.2 Descripción de la red de datos de Edelca.

La red de datos de CVG Edelca está básicamente dividida en dos segmentos:

4.2.1 Redes LAN

Éstas redes están basadas en los estándares Ethernet (IEEE 802.3), y FastEthernet para conexión de los usuarios, y GigabitEthernet en los Backbone de piso. Su principal función es la interconexión de los usuarios, con el fin de poder prestar a éstos, los servicios de correo, intranet y demás aplicaciones utilizadas dentro de la empresa. La topología usada en esta red es de estrella extendida. Estas se encuentran conectadas a través de la red WAN de la empresa. La figura N° 15 muestra el esquema de la red LAN de la sede de Caracas.

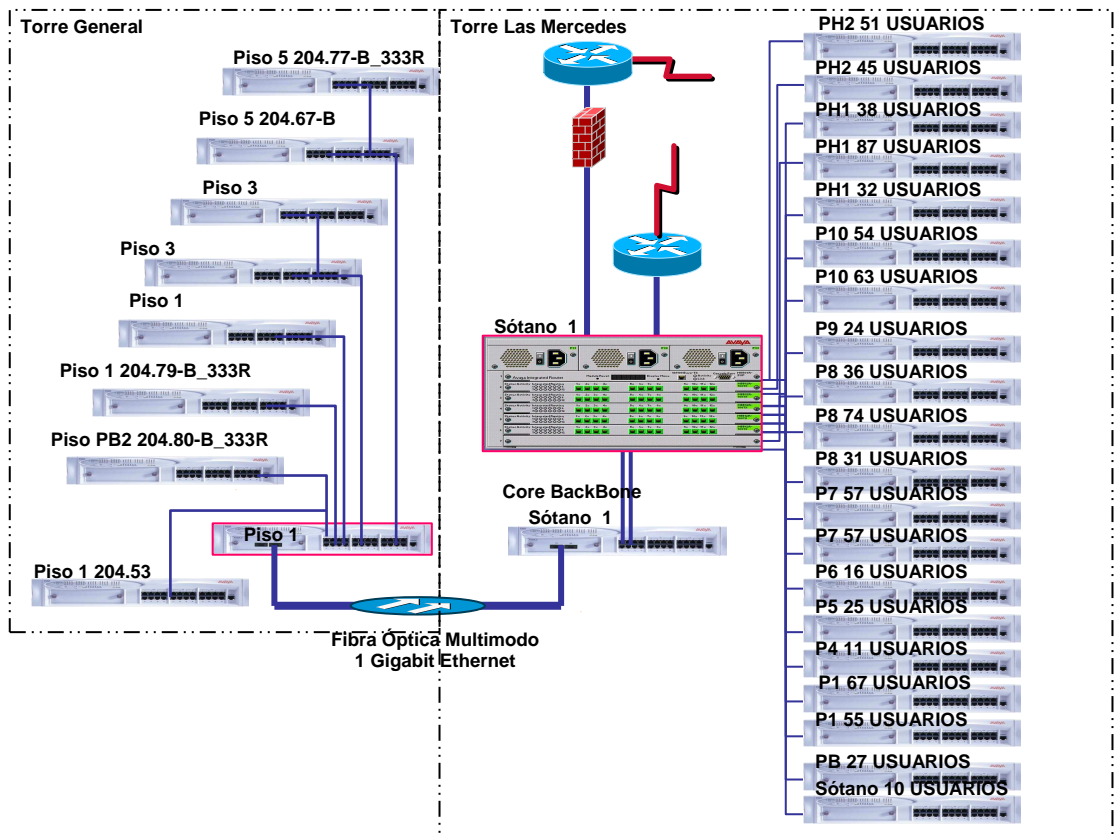


Figura N° 15. Esquema red LAN Caracas.

Fuente: Ing. Rafael Torres. CVG Edelca.

Los equipos utilizados en las LANs son switches para interconectar los equipos de usuarios y equipos servidores, y routers para la conexión con la red WAN. La Tabla N° 11 muestra los principales equipos usados en las redes LANs de Edelca y el tipo de calidad de servicio que soportan.

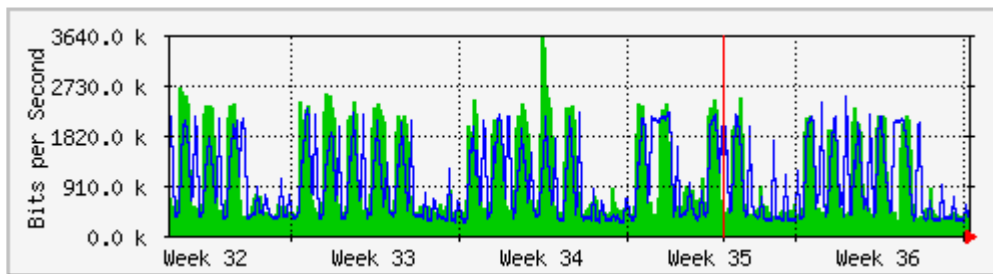
Tabla N° 11. Principales equipos que conforman las redes LANs de Edelca.

Equipo	Número de equipos	Técnica de QoS utilizada.
Switches capa 2		
Avaya - P330 Stackable Switch	94	802.1p, 802.1q
Switch Cisco C2950	19	802.1p, 802.1q
Lucent - Cajun P330 Stackable Switch	7	802.1p, 802.1q
Switches capa 3		
Cisco Catalyst 4000 L3 Switch	1	802.1p, 802.1q
Avaya Cajun Switch Agent	1	802.1p, 802.1q
Lucent Technologies Cajun L3 Switch	1	802.1p, 802.1q
Routers		
Cisco 1700	3	(PQ) Priority Queue
Cisco serie 2500	7	PQ
Cisco serie 2600	4	PQ
Cisco serie 2800	8	PQ
Cisco serie 3600	1	PQ
Cisco serie 3600	1	PQ

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 16 y N° 17 se muestran el tráfico de datos en la red LAN de Caracas, en la Interfaz de la red Ethernet router Caracas y en el BackBone Torre las Mercedes piso 8, respectivamente.

Gráfico mensual (2 horas : Promedio)



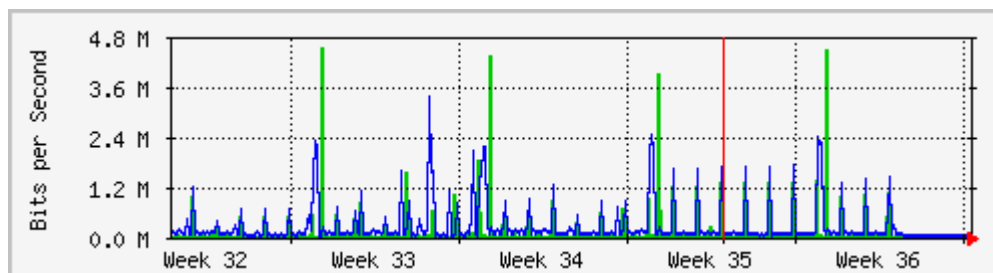
	Máx	Promedio	Actual
Entrante:	3613.5 kb/s (3.6%)	1002.4 kb/s (1.0%)	323.5 kb/s (0.3%)
Saliente:	2480.3 kb/s (2.5%)	931.7 kb/s (0.9%)	316.1 kb/s (0.3%)

Capacidad máxima: 100 Mbps

Figura N° 16 Gráfica del tráfico de la red Ethernet (Interfaz de red Ethernet router Caracas)

Fuente: MRTG. CVG Edelca.

Gráfico mensual (2 horas : Promedio)



	Máx	Promedio	Actual
Entrante:	4515.7 kb/s (4.5%)	139.6 kb/s (0.1%)	6056.0 b/s (0.0%)
Saliente:	3351.9 kb/s (3.4%)	237.9 kb/s (0.2%)	27.0 kb/s (0.0%)

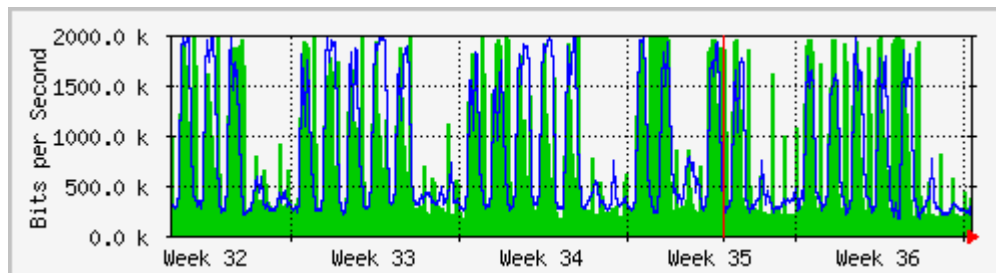
Figura N° 17 Gráfica del tráfico de la red Ethernet (BackBone Torre las Mercedes P8-1)

Fuente: MRTG. CVG Edelca.

4.2.2 Red WAN.

Esta Red esta constituida por enlaces de radios digitales, los cuales emplean tecnologías plesiócronas (PDH) en algunos tramos y síncronas (SDH) en otros. Los métodos de transporte utilizados en esta red son Frame Relay y HDLC. Debido a que en la red no existen redundancias en los caminos de los enlaces, se utiliza enrutamiento estático para direccionar la información en los routers. A través de esta red se transportan las troncales telefónicas. Los principales nodos de la red, los cuales concentran la mayoría de los servidores que contienen los principales servicios usados por la empresa son, Caracas y Puerto Ordaz. La Figura N° 18 muestra el tráfico de la conexión entre Caracas y Puerto Ordaz. La figura N° 19 muestra la conexión entre Caracas y Arenosa. La figura N° 20 muestra el esquema de la red WAN de Edelca.

Gráfico mensual (2 horas : Promedio)



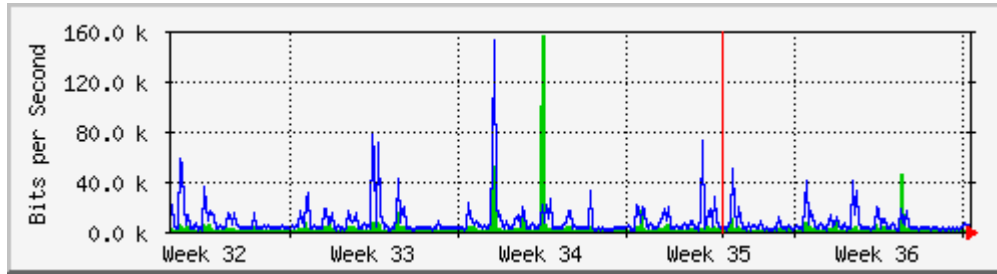
	Máx	Promedio	Actual
Entrante:	1967.8 kb/s (96.1%)	806.4 kb/s (39.4%)	372.3 kb/s (18.2%)
Saliente:	1952.8 kb/s (95.3%)	768.4 kb/s (37.5%)	340.6 kb/s (16.6%)

Capacidad Maxima 2 Mbps

Figura N° 18. Gráfica de la conexión Caracas-Puerto Ordaz.

Fuente: MRTG. CVG Edelca.

Gráfico mensual (2 horas : Promedio)



	Máx	Promedio	Actual
Entrante:	155.7 kb/s (81.1%)	2792.0 b/s (1.5%)	1416.0 b/s (0.7%)
Saliente:	151.1 kb/s (78.7%)	7064.0 b/s (3.7%)	7176.0 b/s (3.7%)

Capacidad Máxima: 192 Kbps

Figura N° 19. Gráfica de la conexión Caracas-Arenosa.

Fuente: MRTG. CVG Edelca.

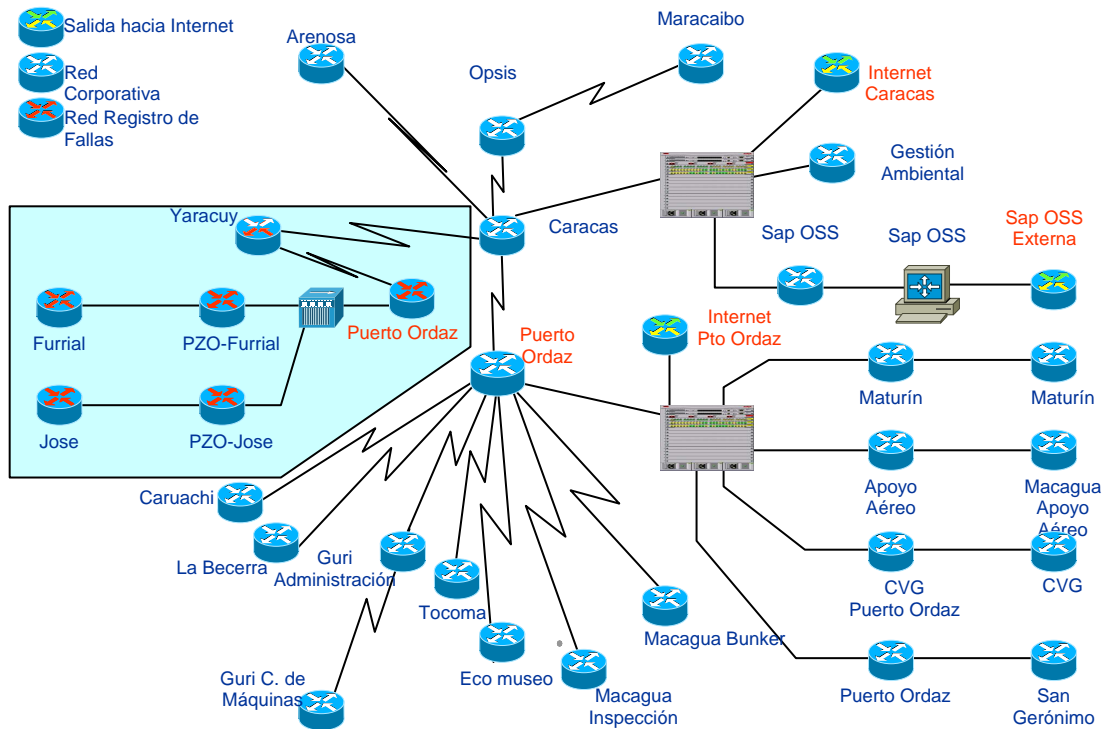


Figura N° 20. Esquema de la red WAN de Edelca.

Fuente: Ing. Rafael Torres. CVG Edelca.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EMIGRACIÓN DEL SISTEMA TELEFÓNICO ACTUAL A VoIP.

El proceso de emigrar el sistema telefónico actual a un sistema de telefonía sobre IP será realizado en diferentes fases las cuales se detallan a continuación:

- a) Fase I: conexión de las nuevas IPPABX con las centrales telefónicas actuales.
- b) Fase III: interconexión entre las IPPABX.
- c) Fase IV: desincorporación de las centrales actuales.

5.1 Conexión de las nuevas IPPABX con las centrales telefónicas actuales.

El primer paso de esta migración conlleva la conexión de las centrales que actualmente están instaladas en Edelca con las nuevas centrales de VoIP, con el fin de atender la demanda de nuevos usuarios y además, de ir gradualmente emigrando los usuarios actuales a la nueva plataforma IP.

Para asegurar que la voz tenga una calidad comparable con el servicio actual es necesario establecer técnicas de calidad de servicio en la red, por lo tanto, se deben configurar los switches para la creación de VLANs, y así evitar el tráfico de datos con alta prioridad en toda la red, creando distintos dominios de broadcast. Además, se deben establecer prioridades en el tráfico de paquetes, tomando el tráfico de tiempo real como el de mayor prioridad. El etiquetado 802.1q soportado por los switches utilizados por Edelca, agrega 4 bits a la cabecera Ethernet, entre los cuales están los

campos VID (Identificador de VLAN) y el campo de prioridad del protocolo 802.1p, esto permite la creación de las VLANs, además de establecer prioridad en el tráfico.

Para la señalización y el control de las llamadas, se utilizará el protocolo SIP, ya que éste se muestra como la tendencia actual del mercado. Por lo tanto, casi la totalidad de los equipos y software existentes hoy en día lo soportan. Además ofrece ciertas ventajas con respecto a H.323 como por ejemplo el comportamiento con los NAT (*Network Address Translator*)

El porcentaje de ancho de banda que ocupa cada llamada en la red dependerá del codec de audio utilizado. Para el caso de G.729 que posee una tasa de envío de 8 Kbps de ancho de banda, y utiliza una frecuencia de muestreo de 20 ms (Tabla N°6), es decir, 50 muestra por segundos. Se tiene que, cada muestra contiene 160 bits (8000/50) ó 20 Bytes de información. Adicionales a estos 20 Bytes se agregan los 40 Bytes de la cabecera IP y los 38 Byte de la cabecera Ethernet. Como resultado cada muestra posee 98 Bytes lo que se traduce en una tasa de 39200 Bps (50x98x8), es decir, que usando el codec G.729, es necesario por cada usuario una velocidad de 39,2 Kbps.

La tabla N° 12 muestra las velocidades de transmisión por cada usuario según el codec utilizado, los cuales son calculados con el mismo procedimiento antes descrito.

Tabla N° 12. Velocidad de transmisión por codecs en redes Ethernet.

Codec	Tasa de bits (Kbps)	Tasa de Bits con las cabeceras Ethernet e IP (Kbps)
G.729	8	39.2
G.711	64	95.2
G.723	5.6/6.3	26.1/27.2
GSM	13	41.1

Fuente: Elaboración propia.

Estos anchos de bandas son calculados considerando que se envían paquetes durante todo el tiempo que esté establecida la conversación, sin embargo si se utilizan técnicas de supresión de silencios (VAD), éstos anchos de bandas se reducirían en aproximadamente entre 35 y 50% [7] ya que generalmente en las conversaciones telefónicas las personas no hablan simultáneamente, si no que, mientras una persona habla la otra comúnmente escucha sin emitir información.

Las conexiones entre las IPPABX y las centrales actualmente instaladas en Edelca pueden ser realizadas utilizando enlaces PRI, ya que éstos son soportados por ambas centrales. Otra alternativa para establecer dichas conexiones, es el uso de extensiones analógicas y tarjetas FXS en las IPPABX. La figura N° 21 muestra el esquema de la fase I

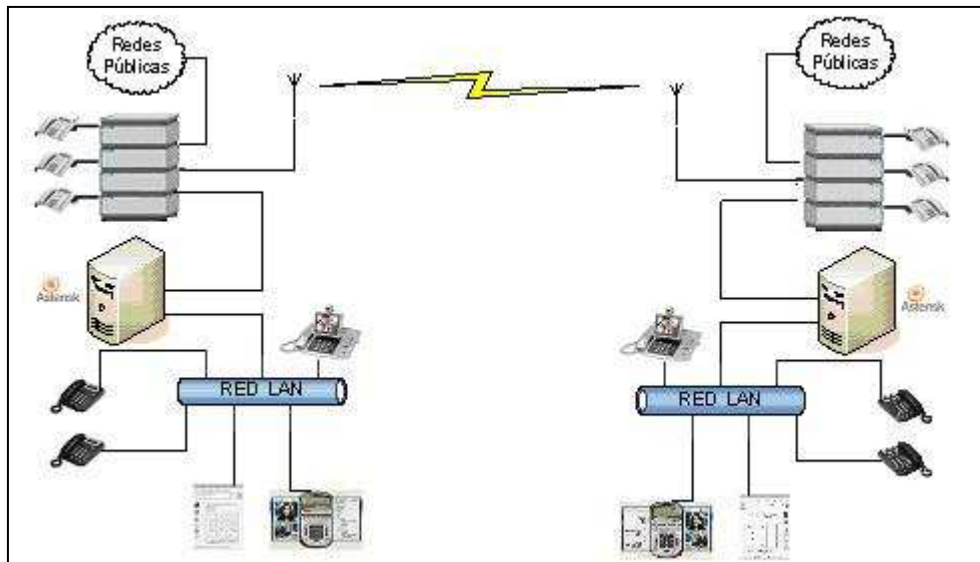


Figura N° 21. Esquema fase I.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Interconexión entre IPPABX

Para la interconexión de las centrales IPPABX es necesario disponer de un ancho de banda acorde al tráfico de voz utilizado. Al igual que el caso de la red LAN dicho ancho de banda dependerá del codec empleado para la transmisión de la voz.

De acuerdo al ancho de banda necesario por cada usuario y el número de usuarios en cada troncal, en la tabla N° 13 se establecen los anchos de bandas necesarios para poder interconectar las diversas localidades a través de los protocolos G.711, G.729, GSM. Estos datos expresados en dicha tabla son calculados sin considerar supresión de silencios.

Tabla N° 13. Velocidad de transmisión por codecs en la red WAN

Enlaces	Actual	AB para codec G.711 (Kbps)	AB para codec G.729 (Kbps)	AB para codec GSM (Kbps)
Caracas(Ccs) -Puerto Ordaz (Pto)	2 enlaces E1	5712	2352	2466
La Becerra(Lbca)-CMGII, Lbca-Sector A, Lbca-Administración, Lbca-Tepuy, Lbca-Campamento, Pto-Lbca, Administración-CMGII, CMGI-CMGII, Pto-CMGII, Pto-Caruachi, Pto-Ins. Caruachi, Ins. Caruachi-Caruachi, Casa Maq. Macagua 1 (CMM1)-Pto, CMM1-CMM2, CMM1-Campamento, Pto-CMM2, CMM2-Centro mto. (Cmo), Cmo-Pto, Cmo-Campamento, Pto-Campamento.	1 enlace E1	2856	1176	1233
Ccs- Puerto Ordaz, Ccs-Ext. remota subestaciones(132), Cuatricentenario-Enlven,	1 ext. remota	95,2	39,2	41,1
Caracas-Presidencia, Pto-presidencia, Pto-Directores, Pto-Centracom	4 enlaces SO	761,6	313,6	328,8
Caracas-Arenosa, Ccs-Cuatricentenario	2 enlaces SO	380,8	156,8	164,4
Campamento-Pto	8 ext.	761,6	313,6	328,8
Pto-San Gerónimo	5ext.	476	196	205,5
Caracas-Arenosa, Pto-Malena,	4 ext.	380,8	156,8	164,4
Ccs-Enlven, Ccs-Opsis, Pto-Canaima, Campamento-Canaima	3 ext.	285,6	117,6	123,3
Ccs-Yaracuy, Ccs-Maracaibo, Ccs-La Horqueta, Ccs-San Geronimo, Ccs-Malena, Pto-Yaracuy, Pto-Arenosa, Arenosa-San Gerónimo, Pto-Horqueta, Pto-Cuatricentenario.	2 ext.	190,4	78,4	82,2
Cuatricentenario-Enlven	1 ext.	95,2	39,2	41,1

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando (cRTP), el cual permite reducir los 40 Bytes de encabezado RTP, UDP, IP a solo entre 2 y 4 bytes. Es posible reducir considerablemente en un tramo, los anchos de bandas necesarios para transmitir los paquetes de voz. Sin embargo, existen recomendaciones de no usar cRTP para enlaces mayores a 768 Kbps [7]. Para poder reducir el ancho de banda utilizando cRTP, es necesario configurar los routers de tal forma que comprima las Cabeceras IP, UDP, RTP y luego realice el proceso inverso en el otro extremo.

Para aplicar prioridad de trama a nivel de capa 3, el protocolo 802.1p no puede ser utilizado, ya que éste es un protocolo de capa 2. Sin embargo, es posible aplicar el etiquetado DiffServ el cual no agrega más bit a la trama, ya que usa el octeto de ToS (*Type of service*) de la trama IP. Diffserv provee 64 niveles de prioridad, los cuales a su vez se dividen en 4 grupos: *assured forwarding* (AF), *expedited forwarding* (EF), *Class selector behavior* y *Default behavior*, siendo el primero el de mayor prioridad. Para poder aplicar DiffServ en los routers Cisco es necesario que éstos cuenten con la versión 12.1 del software IOS, o superior. Dentro de los routers utilizados por Edelca, 4 de éstos no cumplen con esta condición.

Además de establecer prioridad en los paquetes a nivel de capa 3, es necesario establecer políticas de selección de trama. El sistema de encolamiento de baja latencia (LLQ, *Low Latency Queuing*), define dos métodos de cola, el ancho de banda y la prioridad. La prioridad, garantiza una cantidad fija de ancho de banda para cualquier valor de ancho de banda configurado en la clase de QoS. Ancho de banda, garantiza una cantidad mínima de ancho de banda. A veces, el tráfico podrá recibir más ancho de banda, pero este último nunca se reduce por debajo del mínimo. Por lo tanto, el tráfico de aplicaciones de tiempo real, como la voz y los datos, serán atendidos de primeros en las colas evitando el retardo en los paquetes. Para aplicaciones de tiempo real solo se podrá usar un máximo de 75% del ancho de banda total del canal [8]. La figura N° 22, muestra el esquema del encolado de baja latencia, en donde se puede observar de forma general, el proceso de clasificación de los paquetes. Los paquetes de voz y video se tratan según el método de prioridad, mientras que el resto de los paquetes son encolados usando el método de ancho de banda. Además se puede observar en la figura inferior derecha que los paquetes encolados con el método de ancho de banda, son fragmentados para evitar que tramas demasiado grandes afecten el retardo en los paquetes clasificados como de alta prioridad. La figura N° 23, muestra el esquema de la fase II.

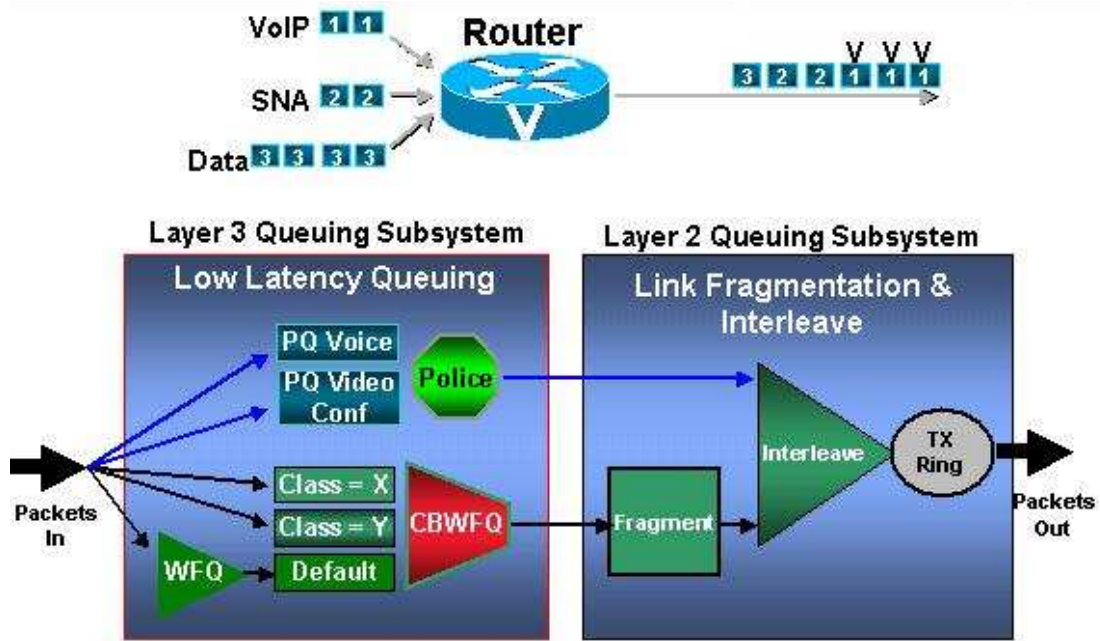


Figura N° 22. Diagrama de LLQ.

Fuente: Cisco. Calidad de servicio (QoS).

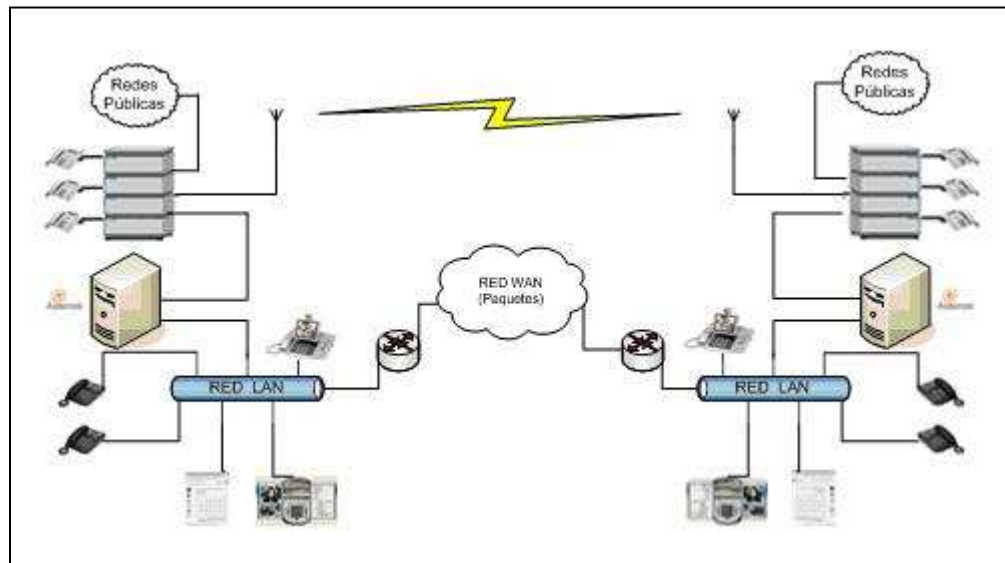


Figura N° 23. Esquema fase II.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Desincorporación de las centrales actuales.

Para poder realizar la desincorporación de las centrales actuales, es necesario garantizar la calidad y la confiabilidad de las conexiones de las IPPABX a través de las redes de paquetes. Además, es necesario emigrar las conexiones con las redes públicas hacia las IPPABX. La figura N° 24, muestra el esquema de la fase III.

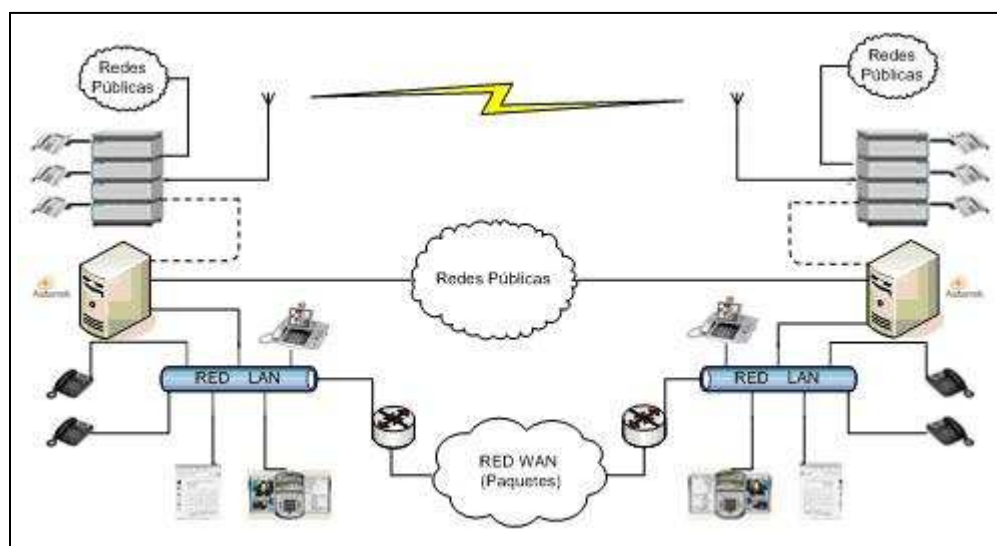


Figura N° 24. Esquema fase III.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SOFTWARE DE IPPABX

6.1 Comparación entre los principales software de IPPABX de fuente abierta.

En el mercado existe una variedad de software para crear en un computador una centralita privada de VoIP (también llamadas IPPABX), entre éstos tenemos, los software propietarios y los de fuente abierta. Entre los de fuente abierta los más resaltantes son:

- Asterisk.
- SIPX.
- YATE.

La tabla N° 14 muestra una comparación entre los principales software de IPPABX de fuente abierta.

Tabla N° 14 Comparación entre los principales software IPPABX de fuente abierta.

	Asterisk	SIPX	YATE
Protocolos de señalización soportados	SIP, H.323, SCCP, MGCP, IAX	SIP	SIP, H.323, IAX
Interfaces a la red de telefonía tradicional soportadas	E1, T1, BRI, FXO	E1, T1, BRI, FXO	E1, T1, BRI, FXO
Funcionalidades principales	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de rutas. - Desvió de llamadas. - Conferencias. - IVR. - Tarifificador. - Grupos de capturas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de rutas. - Desvió de llamadas. - Conferencias. - IVR. - Tarifificador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de rutas. - Desvió de llamadas. - Conferencias. - IVR. - Tarifificador.
Requerimiento mínimo de hardware	Pentium II 300 Mhz, 128 MB de RAM, 4 Gb de DD	Pentium IV 2.4 Ghz, 512 MB de RAM 80 GB de DD	Pentium II 300 Mhz, 128 MB de RAM, 4 Gb de DD
Soporte de Correo de voz.	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla N° 14, los softwares YATE y Asterisk poseen especificaciones técnicas similares, contrario a SIPX que solo tiene soporte para el protocolo SIP. Sin embargo, es resaltante el hecho de que Asterisk es el más utilizado a nivel mundial por las compañías que se encargan de ofrecer servicios de telefonía bajo software de fuente abierta. Además, en Venezuela existen varias

empresas que ofrecen soporte técnico y asesoramiento para la instalación y mantenimiento de soluciones telefónicas basadas en Asterisk. Adicionalmente, la empresa responsable de la creación de Asterisk (Digium), produce y comercializa las tarjetas necesarias para poder crear en un computador una central telefónica completa capaz de convivir con el mundo de la conmutación de circuitos tanto analógico como digital, lo cual es de gran importancia porque se garantiza el 100% de compatibilidad entre el hardware y software instalados.

6.2 Funcionalidades disponibles soportadas por el software IPPABX.

Asterisk es una central IPPABX completa con una gama amplia de funciones, que satisface las funcionalidades usadas actualmente en las centrales instaladas. Entre sus principales características se encuentran:

a) Identificador de llamadas.

b) Buzón de voz. (Con la opción de mandar el mensaje a la cuenta de correo del usuario).

c) Música en espera.

d) Desvío de llamada.

e) Llamadas en conferencia.

f) Respuesta vocal interactiva (IVR).

g) Transferencia de llamadas.

- h) Monitoreo de llamadas.
- i) Colas de llamadas.

- j) Transcodificación de llamadas.

Otra característica importante en la central Asterisk es, que al soportar el protocolo SIP, es posible trasladar la extensión de un usuario a cualquier lugar donde llegue la red de datos sin necesidad de hacer ningún cambio en el cableado o en la central. Solo es necesario autenticar el número telefónico y la clave correspondiente.

Además Asterisk posee la opción de instalar una interfaz Web GUI (*Graphic User Interface*), la cual permite administrar la central de forma gráfica, sin necesidad de editar los archivos de configuración. La principal interfaz gráfica utilizada en Asterisk se llama FreePBX (Nueva versión de AMP *Asterisk Management Portal*).

6.3 Instalación y configuración del programa de IPPABX.

Asterisk puede ser instalado en cualquier distribución de Linux. Para el caso de la distribución usada en Edelca (Linux/Debian), es posible realizar la instalación del software aplicando el comando:

```
apt-get install asterisk
```

Otra opción para la instalación de Asterisk es la distribución Trixbox (Nueva versión de Asterisk@home), que permite instalar Asterisk y una serie de aplicaciones adicionales de forma rápida, ya que cuenta con todos los paquetes y módulos necesarios para la instalación.

6.3.1 Instalación y configuración del Asterisk@Home

Esta versión de Asterisk instala automáticamente la distribución de Linux Centos, el software Asterisk, la interfaz de administración gráfica FreePBX, y otros programas adicionales. La instalación es bastante sencilla, se realiza a través de un cd auto ejecutable que se encarga de formatear el disco duro e instalar los programas.

Para la configuración del sistema se puede hacer uso de la herramienta FreePBX, que permite configurar de forma gráfica todo lo relacionado con la administración de los usuarios y las aplicaciones de la centralita. La figura N° 25 muestra la ventana principal de ajustes del FreePBX.

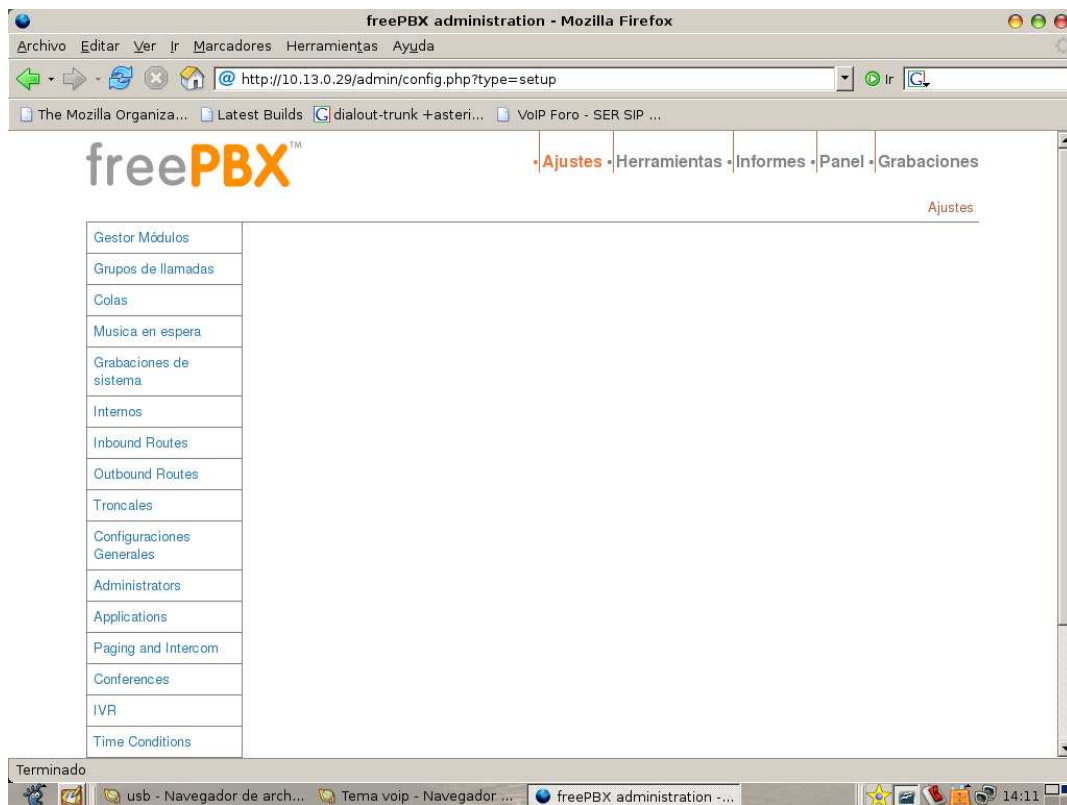


Figura N° 25. Pantalla principal de ajustes del FreePBX

Fuente: FreePBX

Las configuraciones de las extensiones de los usuarios se pueden realizar de forma gráfica en la opción **Internos** de la figura anterior, como se muestra en el ejemplo de la figura N° 26. Entre los principales parámetros para la configuración de un interno están: el número de extensión (*Extension Number*), el identificador de usuario (*Display name*), la clave secreta (*secret*), activar/desactivar el buzón de correo (Correo de voz y directorio).

The screenshot shows the FreePBX administration interface in a Mozilla Firefox browser. The page title is "freePBX administration - Mozilla Firefox". The address bar shows the URL "http://10.13.0.29/admin/config.php?display=extensions&tech=sip". The page header includes the "freePBX" logo and navigation links: "Ajustes", "Herramientas", "Informes", "Panel", and "Grabaciones".

The main content area is titled "Añadir SIP Interno" and contains the following sections:

- Agregar Interno:** Fields for "Extension Number" (3333) and "Display Name" (Reinaldo Rodriguez).
- Extension Options:** Fields for "Outbound CID", "Emergency CID", "Record Incoming" (On Demand), and "Record Outgoing" (On Demand).
- Device Options:** Fields for "secret" (12345) and "dtmfmode" (rfc2833).
- Correo de Voz & Directorio:** A dropdown menu set to "Habilitado".
- Additional Options:** Fields for "contrasenia de correo de voz" (12345), "direccion de email" (usuario@edelca.com), "direccion de SMS", "atachar email" (radio buttons for si/no), "Reproducir CID" (radio buttons for si/no), "Reproducir Etiqueta" (radio buttons for si/no), "Eliminar Vmail" (radio buttons for si/no), "vm options", and "contexto de vm" (default).

A "Submit" button is located at the bottom of the form.

On the right side, there is a panel titled "Añadir Interno" with a list of existing internal extensions:

- reinaldo rodriguez <3333>
- Juan <3334>
- prueba <3335>
- grupo1a <3336>
- grupo1b <3337>
- Parramatta <50000>

Figura 26. Ventana de configuración de usuarios.

Fuente: FreePBX

Otra opción que permite el FreePBX es crear troncales para interconectar varias centralitas IP (mediante el protocolo SIP o IAX), o la central Asterisk con la telefonía clásica (a través de las troncales ZAP). Cabe resaltar que por no disponer de las tarjetas necesarias para realizar las conexiones con teléfonos analógicos y con troncales E1/T1, no se realizaron pruebas de conexión entre las centralitas IP y las centrales actualmente instaladas, ni tampoco, pruebas de conexión con la red PSTN. La figura N° 27 muestra la ventana para la creación de troncales SIP, IAX2, ZAP, ENUM. En la figura N° 28 se muestra la ventana para agregar una troncal SIP.

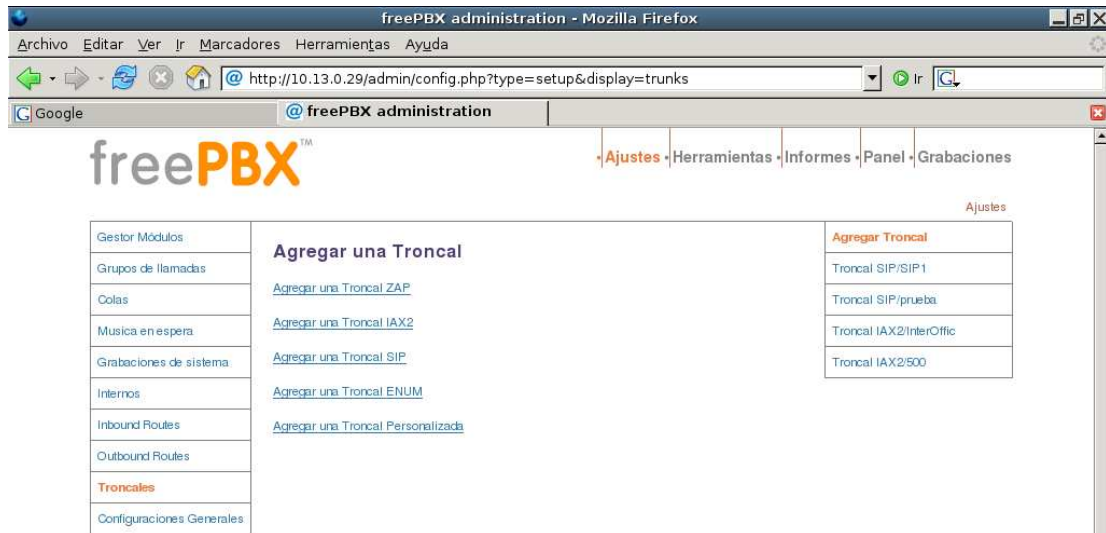


Figura N° 27. Ventana para agregar una troncal.

Fuente: FreePBX.

freePBX administration - Mozilla Firefox

Archivo Editar Ver Ir Marcadores Herramientas Ayuda

freePBX™

Ajustes Herramientas Informes Panel Grabaciones

Ajustes

Gestor Módulos	<h3>Add SIP Trunk</h3> <p>Configuraciones Generales</p> <p>Caller ID Saliente: <input type="text"/></p> <p>Canales Maximos: <input type="text"/></p> <p>Reglas de Discado Saliente</p> <p>Reglas de Discado: <input type="text" value="500 XX."/></p> <p><input type="button" value="Clean & Remove duplicates"/></p> <p>Asistente de reglas de discado: (elegir uno) <input type="text"/></p> <p>Prefijo de Discado Saliente: <input type="text"/></p> <p>Seteos de salida</p> <p>Nombre de la Troncal: <input type="text" value="SIP"/></p> <p>Detalles PEER:</p> <pre>host=10.13.0.29 type=peer</pre> <p>Seteos de Entrada</p> <p>Contexto USER: <input type="text" value="SIP-in"/></p> <p>Detalles USER:</p> <pre>Context=from-internal</pre> <p>Registro</p> <p>Cadena de Registro: <input type="text"/></p> <p><input type="button" value="Submit Changes"/></p>	Agregar Troncal
Grupos de llamadas		Troncal SIP/SIP1
Colas		Troncal SIP/prueba
Musica en espera		Troncal IAX2/InterOffice
Grabaciones de sistema		Troncal IAX2/500
Internos		Troncal SIP/InterOffice
Inbound Routes		Troncal SIP/1
Outbound Routes		
Troncales		
Configuraciones Generales		
Administrators		
Applications		

Paging and Intercom

Conferences

IVR

Time Conditions

Figura N° 28. Configuración de troncal SIP.

Fuente: FreePBX.

Otra opción resaltante del FreePBX es que permite ver un reporte detallado de todas las llamadas realizadas durante el periodo de tiempo seleccionado, mediante la opción **Informes**. Además permite visualizar gráficas del tráfico de llamadas por mes y por días. La figura N° 29, muestra la ventana con los reportes de todas las llamadas realizadas en el mes de septiembre en la central de prueba.

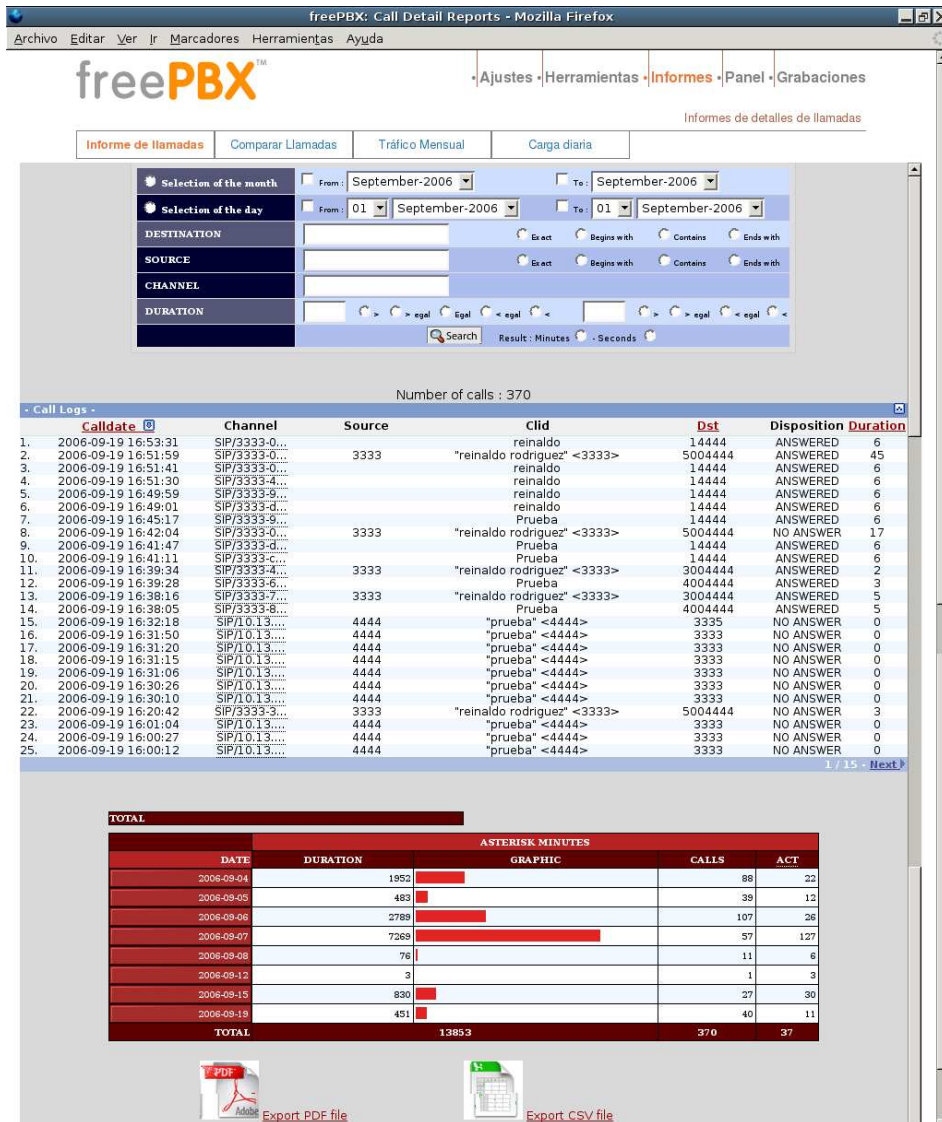


Figura N° 29. Ventana de informes

Fuente: FreePBX

Además, FreePBX permite llevar un monitoreo de las llamadas que se están realizando en tiempo real mediante la opción **Panel**, en la cual se muestran todas las extensiones y troncales configuradas y su estado actual (Timbrando, en uso, disponible). La figura N° 30 muestra el panel de monitoreo de FreePBX, en color rojo se indican las extensiones y troncales en uso, y en verde las que están disponibles.

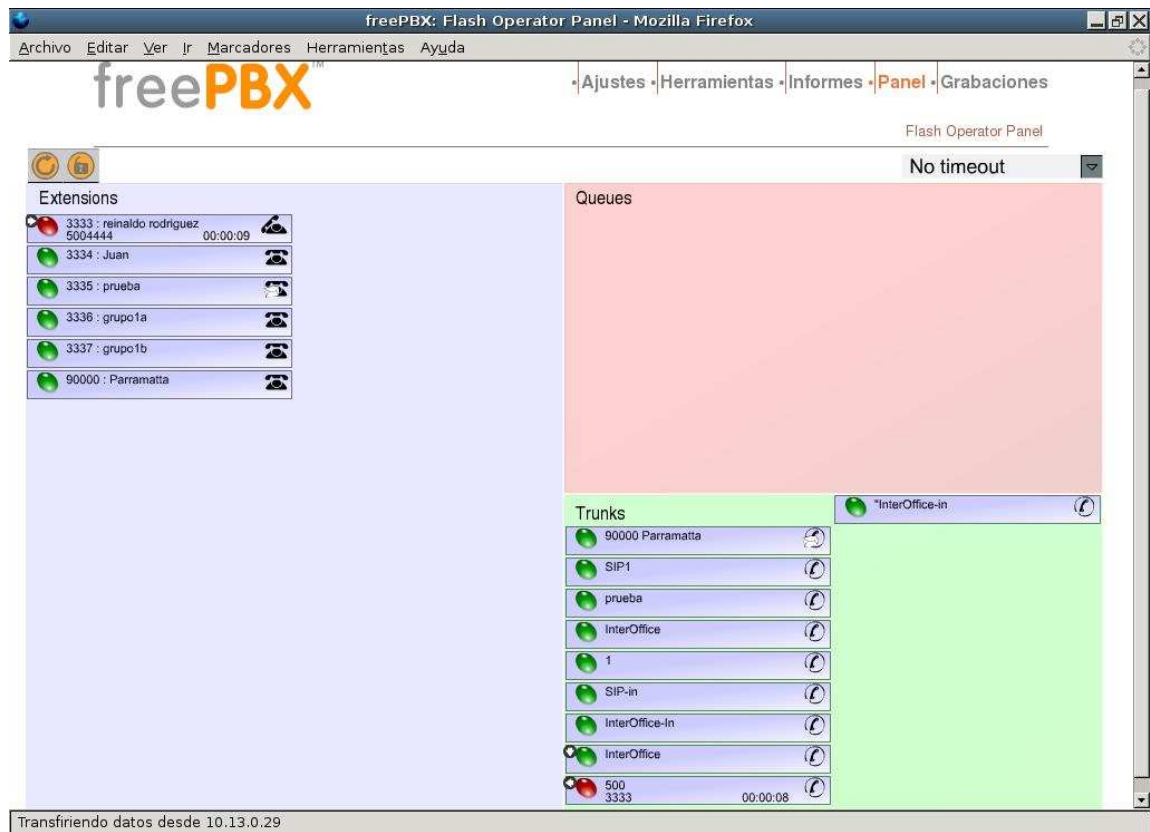


Figura N° 30. Panel de monitoreo.

Fuente: FreePBX.

6.3.2 Instalación y configuración de Asterisk en Linux/Debian.

Como se dijo anteriormente, para instalar Asterisk en Debian, solo es necesario aplicar el comando de instalación.

```
apt-get install asterisk
```

Sin embargo, para configurar el software es necesario editar varios archivos, entre éstos, *extensions.conf*, *sip.conf*, *iax.conf*.

El fichero */etc/asterisk/extensions.conf* es el núcleo del sistema. Aquí se definen las extensiones de los usuarios, las líneas de entrada y salida, como también los buzones de voz. La sintaxis general para la creación de extensiones es: extensión, número de orden a ejecutar (1), orden (Dial). Por ejemplo:

```
exten => 100,1,Dial(SIP/reinaldo,20,t)
```

el 20 indica, que espere 20 segundos antes de pasar a la otra orden (por ejemplo el correo de voz) y la “t” habilita la transferencia de llamada.

La figura N° 31 muestra la configuración de las extensiones en el *extensions.conf*.

; Archivo de configuracion de las extensiones de asterisk

[default]

language = es ; para indicar el lenguaje de respuesta de voz.

[tutorial]

include = default

include = incoming

include = buzonvoz

exten => 3333,1,Dial(SIP/reinaldo,20,tr) ; la extension 3333 llama a un usuario SIP

exten => 3333,2,VoiceMail,3333 ; si no contesta lo envía al buzón de voz

exten => 3334,1,Dial(SIP/juan,20,tr) ; la extension 3334 llama a un usuario SIP

exten => 3334,2,VoiceMail,3334 ; si no contesta lo envía al buzón de voz

exten => _500.,2,Dial(SIP/\${EXTEN:3}@10.13.0.28,90,Ttr) ;define una troncal

; para la dirección IP 10.13.0.28 cuando se disca 500+numero_telefónico

; le elimina el 500 y solo pasa el número.

[buzonvoz]

; el contexto buzonvoz sirve para que llamando al 123 se acceda al buzón de

; voz propio, pidiendo la contraseña

exten => 123,1,VoicemailMain(\${CALLERIDNUM})

exten => 123,2,Hangup

Figura N° 31. Archivo de configuración *extensions.conf*.

Fuente: Elaboración propia.

En el archivo *sip.conf* ubicado en */etc/asterisk/sip.conf*, se configuran las opciones de cada usuario que utilice señalización SIP. La figura N° 32 muestra la configuración de un usuario SIP en el archivo *sip.conf* con una explicación de los principales comandos.

```

; Fichero de configuración de clientes SIP
;
; contexto general
[general]
port = 5060           ; puerto donde escucha asterisk
bindaddr = 0.0.0.0   ; en que ip que escucha, 0.0.0.0 indica todas
context = tutorial   ; nombre del contexto
; codecs de audio
disallow=all         ; por defecto se desactivan todos
; allow=g729         ; en caso de contar con licencia, esta línea habilita el uso de G.729
allow=g723           ; para habilitar el uso de G.723
allow=gsm            ; para habilitar el uso de GSM
language=es

tos=0x18             ; indica el valor de Qos para priorizar tráfico

; para las troncales SIP
[truncal SIP]
type=peer            ; tipo peer permite solamente realizar llamadas.
host=10.13.0.28
secret=el_password_asignado ; solo si se configura la troncal con una clave.
dtmfmode=rfc2833

; para los teléfonos SIP
[reinaldo]          ; el usuario registrado en el extensions.conf
type=friend          ; tipo friend permite realizar y recibir llamadas
username=3333        ; el número de extensión
secret=12345         ; la clave
context=tutorial     ; el contexto al que pertenece el usuario.
host=dynamic         ; permite la conexión desde cualquier ip
mailbox = 3333       ; su buzón de voz tiene el numero 3333
callerid = Reinaldo Rodriguez <3333> ; el identificador de llamada

```

Figura 32. Archivo *sip.conf*

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Equipamiento necesario para implementar las centrales bajo la solución Asterisk.

Para la creación de una IPPABX con Asterisk, que solamente trabaje con VoIP, solo es necesario un computador cuyas especificaciones dependerán del número de usuarios, si todos utilizan el mismo codec o es necesario hacer transcodificación, y las aplicaciones que se dispongan dentro de la central.

Sin embargo, para obtener una centralita completa capaz de conectarse con la PSTN o con otras centralitas a través de canales E1/T1 y manejar extensiones analógicas, es necesario el uso de tarjetas especiales que permiten adaptar las señales de acuerdo a la tecnología a usar. Existen diferentes fabricantes de tarjetas para crear una centralita con Asterisk, no obstante el fabricante Digium es el encargado de desarrollar este software, por lo tanto garantizan la completa compatibilidad de sus tarjetas con el programa. Entre las principales tarjetas disponibles en el mercado están:

6.4.1 Tarjetas de interfaz analógico:

Los puertos FXS (*Foreign Exchange Station*) sirven para conectar teléfonos analógicos normales a la IPPABX, mientras que los puertos FXO (*Foreign Exchange Office*) permiten conectar la central IP con la PSTN con canales analógicos. Existen una variedad de tarjetas de este tipo, las cuales varían en la cantidad de puertos FXS y FXO. En la tabla N° 15 se muestran las principales tarjetas FXS/FXO.

Tabla N° 15. Tarjetas FXS/FXO

Fabricante/Modelo	Cantidad de puertos	Costo (Bs.)	Característica
Digium/TDM 2406E	24 FXO	4.805.000	Cancelación de eco.
Digium/TDM 2460E	24 FXS	4,504,000	Cancelación de eco.
Digium/TDM 2433B	12 FXS, 12 FXO	3.732.000	Sin cancelación de eco.
Digium/TDM 2433E	12 FXS, 12 FXO	4.762.000	Cancelación de eco.
Digium/TDM 2401B	4 FXO (4 RJ-11)	1.257.000	Sin cancelación de eco. Con opción de agregar más módulos (hasta 24 puertos).
Digium/TDM 2401E	4 FXO (4 RJ-11)	2.010.000	Cancelación de eco. Con opción de agregar más módulos (hasta 24 puertos).
Diguim/TDM 04B	4 FXO	905.000	Sin cancelación de eco.
Diguim/TDM 40B	4 FXS	819.000	Sin cancelación de eco.
Digium/X400M	4 FXO	662.000	Módulo de expansión para tarjetas TDM 24XX
Digium/S400M	4 FXS	569.000	Módulo de expansión para tarjetas TDM 24XX
Digium/ACC2400PPP	24 RJ-11	129.000	24 Puertos RJ-11 para conectar los teléfonos analógicos a las tarjetas TDM 24XX

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 33, se muestran algunas de las tarjetas FXS/FXO y el panel de puertos RJ-11.



Figura N° 33. Tarjetas FXS/FXO

Fuentes: www.digium.com

6.4.2 Tarjetas de interfaz digital:

Para el caso de las conexiones con otras centrales y con la red pública de forma digital, éstas se pueden realizar mediante el uso de tarjeta E1/T1. En la tabla N°16 se muestran las principales tarjetas compatibles con Asterisk para conexiones de interfaz digital.

Tabla N° 16. Tarjetas de interfaz digital.

Fabricante/Modelo	Cantidad de puertos	Costo (Bs.)	Característica
Digium/ B410P	4 BRI	2.042.000	Cancelación de eco.
Digium/ TE412P	4 E1/T1	5.360.000	Cancelación de eco.
Digium/ TE410P	4 E1/T1	3.214.000	Sin cancelación de eco.
Digium/ TE212P	2 E1/T1	4.278.000	Cancelación de eco.
Digium/ TE210P	2 E1/T1	2.128.000	Sin cancelación de eco.
Digium/ TE110P	1 E1/T1	1.279.000	Sin cancelación de eco.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 34 se muestran algunas de las tarjetas de interfaz digital para Asterisk.

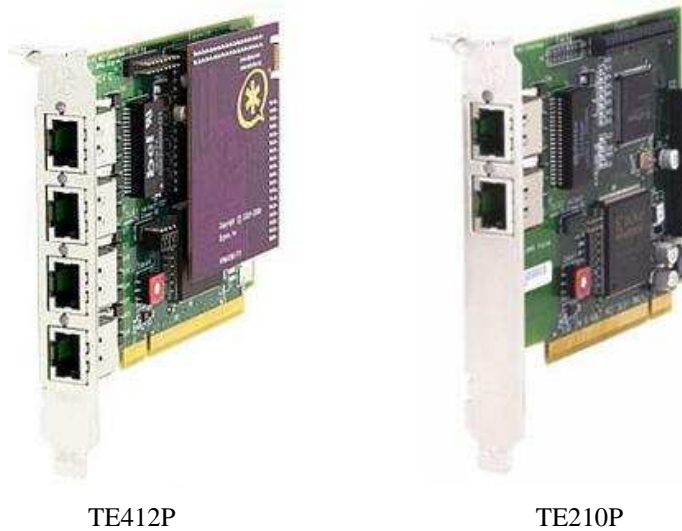


Figura N° 34. Tarjetas de interfaz digital

Fuente: www.digium.com

6.4.3 Requerimientos de hardware para Asterisk.

El equipo necesario para la instalación del software Asterisk dependerá de la cantidad de usuarios que se quieran conectar a éste (Cantidad de llamadas simultáneas), la cantidad de conexiones con la red pública y con otras centrales, y de la cantidad de aplicaciones disponible en la central. Sin embargo, no existe ninguna regla que defina exactamente el hardware apropiado. Existen algunas recomendaciones con respecto a cuál hardware usar [8].

Para el caso de las centrales de menor capacidad instaladas en Edelca, que no exceden los 250 usuarios y no poseen mayor número de canales de interconexión con otra central, es necesario un equipo de rendimiento medio, como por ejemplo el que se muestra en la tabla N°17. Este caso representa a 27 de las centrales actualmente instaladas en Edelca.

Tabla N° 17. Equipo para centrales de baja capacidad.

Sistema base	Procesador Intel® Pentium® 4 de 531 (3.00GHz, 1M, 800MHz FSB)
Memoria RAM	1.0GB 2DIMM NON-ECC533MHz DDR2
Disco duro	Duro 80GB Serial ATA (7,200rpm)
Monitor	Cualquiera
Cd-ROM	48X CD-ROM (CD48)
Unidades	Unidad de Floppy
Teclado, Mouse	Cualquier tipo
Otros.	Capacidad para tarjetas PCI, Tarjeta de red
El costo aproximado para este equipo es 1.500.000 Bs. Equipo comercial con éstas características: DELL OPTIPLEX 210L Desktop P4	

Fuente: Elaboración Propia.

Para las centrales de mediana capacidad, con más de 250 usuarios, pero que no sobrepase los 1000, y además con conexiones con otras centrales no mayor a 120 canales (4 E1s), es necesario un equipo de mayor rendimiento, como por ejemplo el que se describe en la tabla N° 18. Esta configuración representa 5 de las centrales instaladas actualmente en Edelca.

Tabla N° 18. Equipos para centrales de media capacidad.

Sistema base	Dual Core Intel® Pentium® D 950, 2X2MB Cache, 3.4GHz, 800MHz FSB
Memoria RAM	2GB DDR2,667MHz
Disco duro	Duro de 250GB SATA, (7200rpm)
Monitor	Cualquiera
Cd-ROM	CD-ROM, 48X
Unidades	Unidad de Floppy
Teclado, mouse	Cualquier tipo
Otros.	Capacidad para tarjetas PCI, Tarjeta de red
El costo aproximado para este equipo es 3.000.000 Bs.	
Equipo comercial con éstas características: Servidor DELL PowerEdge 830	

Fuente: Elaboración propia.

Para las centrales de alta capacidad, como es el caso de las centrales de Caracas, Puerto Ordaz y la Becerra es necesario el uso de servidores de alta rendimiento y con múltiples procesadores.

Uno de los principales factores para el dimensionamiento del equipo a utilizar, es el número de conexiones con la telefonía clásica, debido a que, uno de los procesos que consume mayor recursos del procesador es la transcodificación y translación de IP a TDM. Es por esto que, el tamaño real del equipo necesario para

las centrales de alta capacidad dependerá fuertemente del criterio de emigración utilizado, ya que, si se pasara de un día para otro de conmutación de paquetes a VoIP, no se tendría que realizar el paso a la telefonía clásica, sino solamente para las conexiones con las redes públicas, por lo tanto el equipo necesario para el diseño de la central sería de menores dimensiones, ya que no necesitaría tanta capacidad de procesamiento. Pero por cuestiones de recursos, estándares de la empresa y otras razones técnicas, el cambio no puede ser de manera inmediata, sino que debe ser progresivo.

Para el caso de las sedes de Caracas y Puerto Ordaz, las cuales presentan características similares en cuanto a número de usuarios y tráfico de llamadas tanto interno como hacia otras centrales y a la red pública, es necesario el uso de 2 servidores de doble procesador para atender el tráfico de llamadas considerando la necesidad de realizar la emigración de forma progresiva, ya que por cantidad de usuarios y de tráfico de llamadas, es recomendable una arquitectura distribuida en al menos dos equipos. En la tabla N° 19 se muestran las características de los servidores necesarios para configurar las centrales de Caracas y Puerto Ordaz.

Tabla N° 19. Equipo para las centrales de Caracas y Puerto Ordaz.

Sistema base	Dual Core Intel® Xeon® 5160, 4MB Cache, 3.00GHz, 1333MHz FSB
Segundo procesador	Dual Core Intel® Xeon® 5160, 4MB Cache, 3.00GHz, 1333MHZ FSB
Memoria RAM	4GB 533MHz (4x1GB)
Disco duro	300GB, SAS, 3.5-inch, 10K RPM
Segundo disco	300GB, SAS, 3.5-inch, 10K RPM
Monitor	Cualquiera
Cd-ROM	CD-ROM, 48X
Unidades	Unidad de Floppy
Teclado, Mouse	Cualquier tipo
Otros.	Capacidad para tarjetas PCI, Tarjetas de red
<p>El costo aproximado por cada equipo es 9.000.000 Bs., por lo tanto el costo por cada central es 18.000.000 Bs.</p> <p>Equipo comercial con éstas características: Servidor DELL PowerEdge 2900</p>	

Fuente: Elaboración propia.

6.4.4 Equipos telefónicos para el usuario final.

Existen diversas alternativas para los equipos telefónicos de los usuarios finales, que van desde mantener el equipo actual con el uso de las tarjetas de interfaz analógicas o con los ATA (*Analog Telephone Adaptor*) hasta el uso de nuevos teléfonos IP o softphone (Software de teléfono IP). Cabe destacar que se debe evitar el uso excesivo de tarjetas de interfaz analógicas, ya que éstas requieren de mayor capacidad de procesador que las llamadas IP.

6.5 Servicio de alta disponibilidad.

Una opción que permite ofrecer un servicio de alta disponibilidad con Asterisk es el software Heartbeat. Este programa permite dos maneras de trabajar, el modo activo/pasivo y el modo activo/activo. El modo activo/pasivo, permite tener dos equipos con la misma configuración trabajando uno activo y el otro en espera. Si llegase a fallar el servidor activo, dicho programa detecta la falla y habilita el otro servidor en lugar del caído. Este modo ofrece la mayor seguridad, sin embargo, es la solución más costosa, ya que se necesitaría un equipo igual que el productivo para tenerlo inactivo, solo a la espera de una falla en el primero. Por otra parte, el modo activo/activo, se caracteriza porque ambas máquinas están dando servicio. En caso de producirse una falla en una de las máquinas, la otra asumiría los dos servicios, por lo cual, cada equipo debe estar en capacidad de soportar toda la carga.

Este programa trabaja con una dirección IP privada diferente a las direcciones IP del servicio, por la cual se monitorea el estado de cada servidor enviando un pulso de un nodo de un cluster a otro, por lo tanto para trabajar con este programa es necesario disponer de una conexión entre los dos equipos por puerto serial, por cable de red o por ambos para una mayor confiabilidad.

CONCLUSIONES

La propuesta de emigrar el sistema telefónico actual a un sistema de telefonía sobre IP es factible, y este proceso puede ser realizado mediante el uso de software libre. Sin embargo, para poder transmitir los paquetes de voz a través de la red WAN de la empresa, hay que adecuar ésta o buscar otra alternativa que soporte los anchos de bandas necesarios para prestar el servicio entre las diferentes localidades.

Asterisk es un sistema completo de IPPABX basado en software libre, el cual ofrece una alternativa factible para realizar la emigración del sistema telefónico en Edelca, ya que éste puede ser escalable y cumple con todos los requisitos necesarios en cuanto a protocolos de señalización soportados, estándares para conexión con la telefonía tradicional, funcionalidades para el usuario y para el administrador del sistema, etc.

Para poder alcanzar una calidad de voz en las llamadas con el sistema de telefonía IP, comparable con el sistema telefónico actual, es necesario establecer prioridades en los paquetes de voz tanto en las redes Ethernet como en la red WAN. Para el caso de las redes Ethernet, esto se puede lograr agregando el etiquetado 802.1p y 802.1q a la respectiva trama, y configurando los switches para que reconozcan dicha etiqueta, además para la creación de VLANs con el fin de separar los dominios de broadcast del tráfico de voz a los dominios de broadcast del tráfico de datos. Para el caso de la red WAN, el etiquetado Diffserv, el cual no agrega más bits a la trama ya que usa la etiqueta ToS de la trama IP, y el uso de políticas de encolamiento de baja latencia (LLQ) soportados por los routers instalados en Edelca, permiten establecer las prioridades necesarias para el tráfico de voz.

El codec G.729 permite realizar llamadas con buena calidad de voz reduciendo considerablemente el ancho de banda necesario para la transmisión de los paquetes tanto en las redes LAN, como en la red WAN, permitiendo bajar los costos de ampliación de la red, o de renta de un canal con algún proveedor.

La asignación estática de direcciones IP no es necesaria, ya que para la localización de los usuarios finales se utilizan los servidores de registro definidos en el protocolo SIP, y en el caso de los servidores o centrales se puede hacer uso los servidores de DNS.

Las pruebas con el software Asterisk con respecto a: la interconexión con las centrales actuales, la interconexión con la red pública y con los teléfonos tradicionales, no fue posible su ejecución, debido a que no se logró realizar la compra por parte de Edelca del hardware necesario para la realización de dichas pruebas.

Debido a las limitaciones de equipos para instalar y configurar el sistema de telefonía IP en su totalidad y en dimensiones comparables con los requerimientos de la empresa, y además, como la red WAN de ésta no posee una capacidad adecuada para soportar este servicio, no fue posible lograr en su totalidad los alcances del objetivos referido a la elaboración del proyecto para implementación de la nueva plataforma integrada.

RECOMENDACIONES

a) Se sugiere el uso del programa Asterisk como solución para implementar el sistema de telefonía sobre IP en Edelca, puesto que, éste es el más completo dentro de los softwares existentes en el mercado, y el que se adapta mejor a los requerimientos de la empresa.

b) Debido a que la red WAN no posee un ancho de banda acorde en todos sus enlaces para soportar la implementación de la telefonía IP, se recomienda realizar un estudio para evaluar la ampliación del ancho de banda de los canales que así lo requieran o buscar otras alternativas para el transporte de los paquetes de voz.

c) Se deben establecer prioridades tanto a nivel de capa 2 como de capa 3, con el propósito de evitar retardos en el tráfico de los paquetes de voz, a causa del procesamiento de los mismos en los switches y en los routers.

d) Es necesario actualizar el software o reemplazar los routers cisco que posean versiones anteriores a la IOS 12.1, para poder soportar prioridad de tráfico en capa 3 mediante Diffserv.

e) El uso de codec de bajo requerimiento de ancho de banda, que no afecten la calidad de voz como G.729, es recomendable, para así maximizar los recursos de la red necesarios para la implementación del nuevo sistema de telefonía.

f) Se sugiere el uso de protocolos estándares como SIP y G.729, ya que éstos no dependen de ningún fabricante, en consecuencia se hace transparente el uso de equipos de diferentes marcas.

g) Utilizar un mismo codecs de audio por todos los usuarios, dado que, esto evitaría la transcodificación de las llamadas por parte de la central, por lo tanto, consumiría menos recursos de la misma.

h) Realizar las pruebas correspondientes a la interconexión con las centrales actuales, con los teléfonos analógicos y la conexión con las redes públicas, a fin de dar continuidad con las pruebas restantes, que no fueron posible realizar por falta del hardware necesario, para garantizar el correcto funcionamiento de éstas y así establecer los parámetros necesarios con respecto a la configuración del programa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] *Modems V.92 La importancia de la comunicación*, <<<http://www.idg.es/dealer/articulo1.asp?clave=124579>>>.

[2] *Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon*, <http://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_muestreo_de_Nyquist-Shannon>

[3] *Sistema de señalización por canal común N° 7*, Plan de señalización de la red de telecomunicaciones CANTV. Pág. 154.

[4] Manuel Álvarez Campana, *Una primera aproximación al protocolo SIP*. Pág. 71.

[5] *Token Ring*. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Token_ring>>.

[6] ATM (Asynchronous Transfer Mode). <<http://html.rincondelvago.com/atm-asynchronous-transfer-mode_1.html>>.

[7] VoIP over Frame Relay with Quality of Service. Cisco System. 2005

[8] Cisco Router and Security Device Manager 2.2.1 User's Guide (Spanish) – Capítulo 21 Calidad de Servicio (QoS). Cisco System.

[9] Asterisk dimensioning - <<<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+dimensioning>>>.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Campana, Manuel. Una primera aproximación al protocolo SIP. Universidad Politécnica de Madrid. 2002.

Joskowicz, José. Redes de Datos. Versión 3. Universidad de la República. Instituto de Ingeniería Eléctrica. Uruguay. 2006.

Joskowicz, José. Redes de Voz. Versión 5. Universidad de la República. Instituto de Ingeniería Eléctrica. Uruguay. 2006.

Joskowicz, José. Redes Unificadas. Versión 4. Universidad de la República. Instituto de Ingeniería Eléctrica. Uruguay. 2004.

Entrevista realizada al Ingeniero Rafael Torres administrador de la red de datos en CVG Edelca, Junio 2006.

Entrevista realizada al Ingeniero Juan Sosa en el departamento de telefonía, CVG Edelca, Julio 2006.

Entrevista realizada a la Ingeniero Ana María Máiz en el departamento de telefonía, CVG Edelca, Agosto 2006.

Foro VoIP – Asterisk – SIP y H.323 << <http://www.voipforo.com/>>>

Wikipedia, Codecs de Audio << http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3dec_de_audio>>.

Wikipedia, Redes Token Ring << http://es.wikipedia.org/wiki/Token_ring>>

Wikipedia, Protocolo de Internet << <http://es.wikipedia.org/wiki/IP>>>.

VoIP Wiki – Una guía de referencia para VoIP << <http://www.voip-info.org/wiki/>>>.

[ANEXO N° 1]

Tabla de Erlang B

% de llamadas perdidas

Circuitos	0.001	0.005	0.01	0.5	0.1
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0.1	0.1
4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4
5	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7
6	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1
7	0.7	0.9	1	1.3	1.5
8	1	1.2	1.4	1.8	2
9	1.3	1.6	1.8	2.2	2.5
10	1.6	2	2.2	2.7	3
11	2	2.5	2.7	3.3	3.6
12	2.4	2.9	3.2	3.8	4.2
13	2.9	3.4	3.7	4.4	4.8
14	3.3	3.9	4.2	5	5.4
15	3.8	4.4	4.7	5.6	6
16	4.3	5	5.3	6.2	6.7
17	4.8	5.5	5.9	6.8	7.3
18	5.3	6.1	6.4	7.5	8
19	5.9	6.6	7	8.1	8.7
20	6.4	7.2	7.6	8.8	9.3
21	7	7.8	8.3	9.4	10
22	7.5	8.4	8.9	10.1	10.7
23	8.1	9.1	9.5	10.8	11.5
24	8.7	9.7	10.2	11.5	12.2
25	9.3	10.3	10.8	12.2	12.9
26	9.9	11	11.5	12.9	13.6
27	10.5	11.6	12.2	13.6	14.4
28	11.1	12.3	12.8	14.3	15.1
29	11.7	12.9	13.5	15.1	15.9
30	12.4	13.6	14.2	15.8	16.6
31	13	14.3	14.9	16.5	17.4
32	13.6	14.9	15.6	17.3	18.1
33	14.3	15.6	16.3	18	18.9
34	14.9	16.3	17	18.8	19.7
35	15.6	17	17.7	19.5	20.4
36	16.3	17.7	18.4	20.3	21.2
37	16.9	18.4	19.1	21	22
38	17.6	19.1	19.9	21.8	22.8

39	18.3	19.8	20.6	22.6	23.6
40	19	20.6	21.3	23.3	24.4
41	19.7	21.3	22.1	24.1	25.1
42	20.4	22	22.8	24.9	25.9
43	21.1	22.7	23.5	25.7	26.7
44	21.7	23.5	24.3	26.5	27.5
45	22.5	24.2	25	27.2	28.4
46	23.2	24.9	25.8	28	29.2
47	23.9	25.7	26.5	28.8	30
48	24.6	26.4	27.3	29.6	30.8
49	25.3	27.2	28	30.4	31.6
50	26	27.9	28.8	31.2	32.5
51	26.7	28.7	29.6	32	33.3
52	27.5	29.4	30.3	32.8	34.2
53	28.2	30.2	31.1	33.6	35
54	28.9	30.9	31.9	34.4	35.8
55	29.7	31.7	32.7	35.2	36.6
56	30.4	32.4	33.4	36.1	37.5
57	31.1	33.2	34.2	36.9	38.3
58	31.9	34	35	37.7	39.1
59	32.6	34.8	35.8	38.5	39.9
60	33.4	35.5	36.6	39.3	40.8
61	34.1	36.3	37.4	40.1	41.6
62	34.8	37.1	38.1	41	42.5
63	35.6	37.9	38.9	41.8	43.3
64	36.4	38.6	39.7	42.6	44.1
65	37.1	39.4	40.5	43.4	45
66	37.9	40.2	41.3	44.3	45.8
67	38.6	41	42.1	45.1	46.7
68	39.4	41.8	42.9	45.9	47.5
69	40.2	42.6	43.7	46.8	48.4
70	40.9	43.4	44.5	47.6	49.2
71	41.7	44.1	45.3	48.4	50.1
72	42.5	44.9	46.1	49.3	50.9
73	43.2	45.7	46.9	50.1	51.8
74	44	46.5	47.7	50.9	52.6
75	44.8	47.3	48.6	51.8	53.5
76	45.5	48.1	49.4	52.6	54.3
77	46.3	48.9	50.2	53.5	55.2
78	47.1	49.7	51	54.3	56.1
79	47.9	50.5	51.8	55.2	56.9
80	48.7	51.3	52.6	56	57.8
81	49.4	52.2	53.4	56.9	58.6
82	50.2	53	54.3	57.7	59.5
83	51	53.8	55.1	58.6	60.4
84	51.8	54.6	55.9	59.4	61.2
85	52.6	55.4	56.7	60.3	62.1

86	53.4	56.2	57.6	61.1	63
87	54.2	57	58.4	62	63.8
88	55	57.8	59.2	62.8	64.7
89	55.8	58.6	60	63.7	65.6
90	56.5	59.5	60.9	64.5	66.4
91	57.3	60.3	61.7	65.4	67.3
92	58.1	61.1	62.5	66.2	68.2
93	58.9	61.9	63.4	67.1	69.1
94	59.7	62.7	64.2	68	69.9
95	60.5	63.6	65	68.8	70.8
96	61.3	64.4	65.9	69.7	71.7
97	62.1	65.2	66.7	70.6	72.6
98	62.9	66	67.5	71.4	73.4
99	63.8	66.9	68.4	72.3	74.3
100	64.6	67.7	69.2	73.2	75.2
101	65.4	68.5	70	74.1	76.1
102	66.2	69.4	70.9	75	77
103	67	70.2	71.7	75.8	77.8
104	67.8	71	72.6	76.7	78.7
105	68.6	71.9	73.4	77.6	79.6
106	69.4	72.7	74.3	78.5	80.5
107	70.2	73.5	75.1	79.3	81.4
108	71	74.4	75.9	80.2	82.2
109	71.9	75.2	76.8	81.1	83.1
110	72.7	76	77.6	81.9	84
111	73.5	76.9	78.5	82.8	84.9
112	74.3	77.7	79.3	83.7	85.8
113	75.1	78.5	80.2	84.6	86.7
114	75.9	79.4	81	85.4	87.6
115	76.8	80.2	81.9	86.3	88.4
116	77.6	81.1	82.7	87.2	89.3
117	78.4	81.9	83.6	88.1	90.2
118	79.2	82.8	84.4	88.9	91.1
119	80.1	83.6	85.3	89.8	92
120	80.9	84.4	86.1	90.7	92.9
121	81.7	85.3	87	91.6	93.8
122	82.5	86.1	87.9	92.5	94.7
123	83.4	87	88.7	93.3	95.6
124	84.2	87.8	89.6	94.2	96.5
125	85	88.7	90.4	95.1	97.4
126	85.8	89.5	91.3	96	98.3
127	86.7	90.4	92.1	96.9	99.1
128	87.5	91.2	93	97.7	100
129	88.3	92.1	93.9	98.6	100.9
130	89.2	92.9	94.7	99.5	101.8
131	90	93.8	95.6	100.4	102.7
132	90.8	94.6	96.4	101.3	103.6

133	91.7	95.5	97.3	102.2	104.5
134	92.5	96.3	98.2	103.1	105.4
135	93.3	97.2	99	103.9	106.3
136	94.2	98	99.9	104.8	107.2
137	95	98.9	100.8	105.7	108.1
138	95.8	99.8	101.6	106.6	109
139	96.7	100.6	102.5	107.5	109.9
140	97.5	101.5	103.4	108.4	110.8
141	98.4	102.3	104.2	109.3	111.7
142	99.2	103.2	105.1	110.2	112.6
143	100	104	106	111.1	113.5
144	100.9	104.9	106.8	111.9	114.4
145	101.7	105.8	107.7	112.8	115.3
146	102.6	106.6	108.6	113.7	116.2
147	103.4	107.5	109.4	114.6	117.1
148	104.2	108.3	110.3	115.5	118
149	105.1	109.2	111.2	116.4	118.9
150	105.9	110.1	112	117.3	119.9
151	106.8	110.9	112.9	118.2	120.8
152	107.6	111.8	113.8	119.1	121.8
153	108.5	112.7	114.7	120	122.7
154	109.3	113.5	115.5	120.9	123.6
155	110.2	114.4	116.4	121.8	124.5
156	111	115.2	117.3	122.7	125.4
157	111.9	116.1	118.1	123.6	126.3
158	112.7	117	119	124.5	127.2
159	113.5	117.8	119.9	125.4	128.1
160	114.4	118.7	120.8	126.3	129
161	115.2	119.6	121.6	127.2	129.9
162	116.1	120.5	122.5	128.1	130.8
163	116.9	121.3	123.4	129	131.7
164	117.8	122.2	124.3	129.9	132.6
165	118.7	123.1	125.2	130.7	133.5
166	119.5	123.9	126	131.6	134.5
167	120.4	124.8	126.9	132.5	135.4
168	121.2	125.7	127.8	133.4	136.3
169	122.1	126.5	128.7	134.3	137.2
170	122.9	127.4	129.6	135.3	138.1
171	123.8	128.3	130.4	136.2	139
172	124.6	129.2	131.3	137.1	139.9
173	125.5	130	132.2	138	140.8
174	126.3	130.9	133.1	138.9	141.8
175	127.2	131.8	134	139.8	142.7
176	128.1	132.6	134.8	140.7	143.6
177	128.9	133.5	135.7	141.6	144.5
178	129.8	134.4	136.6	142.5	145.4
179	130.6	135.3	137.5	143.4	146.3

180	131.5	136.1	138.4	144.3	147.2
181	132.3	137	139.3	145.2	148.1
182	133.2	137.9	140.1	146.1	149.1
183	134.1	138.8	141	147	150
184	134.9	139.7	141.9	147.9	150.9
185	135.8	140.5	142.8	148.8	151.8
186	136.6	141.4	143.7	149.7	152.7
187	137.5	142.3	144.6	150.6	153.6
188	138.4	143.2	145.4	151.5	154.6
189	139.2	144	146.3	152.4	155.5
190	140.1	144.9	147.2	153.3	156.4
191	141	145.8	148.1	154.2	157.3
192	141.8	146.7	149	155.2	158.2
193	142.7	147.6	149.9	156.1	159.1
194	143.6	148.4	150.8	157	160.1
195	144.4	149.3	151.7	157.9	161
196	145.3	150.2	152.5	158.8	161.9
197	146.1	151.1	153.4	159.7	162.8
198	147	152	154.3	160.6	163.7
199	147.9	152.8	155.2	161.5	164.7
200	148.7	153.7	156.1	162.4	165.6

Tabla N° 20. Tabla de Erlang B