

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP EN EL SENIAT

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Vargas, Sabrina
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista**

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP EN EL SENIAT

Prof. Guía: Ing. Maragno, Paolo
Tutor Industrial: Ing. Leal, Luis

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Vargas, Sabrina
Para optar al Título de
Ingeniero Electricista**

Caracas, 2006



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



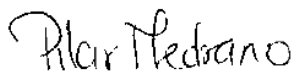
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

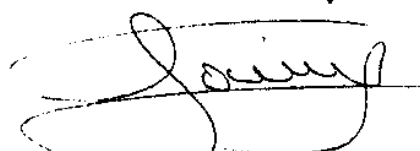
Caracas, 14 de noviembre de 2006

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Sabrina Vargas, titulado:

**“ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA
SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP EN EL SENIAT”**

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. Pilar Medrano
Jurado


Prof. Francisco Marchena
Jurado


Prof. Paolo Maragno
Prof. Guía

Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los
Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.
TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105
Mail: cie-com@elecisc.ing.ucv.ve

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a mi Papá José Antonio Vargas, porque ha sido mi mayor inspiración y motivo para seguir adelante y cumplir todas mis metas.

A pesar de los cinco años de tu ausencia física te siento presente en los buenos y difíciles momentos que nos ha tocado vivir desde tu partida, pero hoy estoy aquí, cumpliendo un sueño que desde hace seis años compartimos juntos. Gracias por esos grandiosos y felices momentos que viví a tu lado, eres el mayor ejemplo de lucha y perseverancia que tengo y jamás dejarás de vivir en mi corazón. Te amo.

Te Extraño Mucho

Bendición

AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá Violeta y mi hermana Karina.... porque sin su comprensión, apoyo, confianza y amor no podría seguir adelante. Tengo la mejor hermana y la mejor madre del mundo. Las adoro

A mis Tíos..... Es difícil escribir en pocas líneas lo agradecida y orgullosa que me siento por tener tíos y tías como ustedes. Verdaderamente son un ejemplo a seguir, los quiero muchísimo y les doy gracias, muchísimas gracias por ayudarme tanto. Los amo mucho a todos y pueden contar siempre conmigo. Sólo les quiero decir algo más a Nene, Viole, Juan Carlos, Angela, Anahís, Jacky y Jhonathan; lean bien porque no lo pienso repetir.... Bendición!!!

A mi mamá Tomasa, a mis hermanos que los quiero mucho y al resto de mi familia. Gracias por apoyarme en todo momento.

Al Ing. Luis Leal y la Ing. Aura García. Muchas gracias por toda su ayuda y colaboración.

Al Profesor Paolo Maragno, por toda colaboración.

Dennys.... Gracias, por estar siempre presente, apoyándome y dándome mucho ánimo. Te quiero mucho

A mis Amigos.... Gracias por acompañarme, dándome ánimo, alegría, apoyo y confianza justo cuando lo necesitaba. Los quiero muchísimo a todos, y en especial a Mariana, porque más que una amiga es como una hermana...

Vargas, Sabrina

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP EN EL SENIAT

Profesor Guía: Maragno, Paolo. Tutor Industrial: Leal, Luis. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: SENIAT. 2006. Trabajo de Grado. 113h. + anexos.

Palabras Claves: Telefonía IP, Digitalización de la Voz, Estándar SIP, Estándar H.323, Calidad de Servicio, Ancho de Banda, Interoperabilidad.

RESUMEN: A continuación se presenta un proyecto el cual consiste en el estudio de la factibilidad técnica y económica de la solución de telefonía IP en 38 sedes del SENIAT, donde no existe la infraestructura telefónica adecuada para cubrir las necesidades de comunicación efectiva entre todos los nodos de la red. Estas 38 sedes pertenecen a los Sectores, Unidades y Aduanas Subalternas, y se interconectarán con las sedes Regionales del SENIAT a través de IP Trunking. Para llevar a cabo este estudio, primero se da a conocer todo lo concerniente a telefonía IP como: digitalización de la voz, estándar SIP y H.323, calidad de servicio (QoS) y otros conceptos necesarios para la comprensión de la tecnología. Del mismo modo, se realiza un análisis de la infraestructura de voz y datos existente actualmente, dando a conocer la estructura, ubicación y funcionalidades de las centrales telefónicas Hipath 4000 instaladas en los nodos principales del SENIAT, para de esta manera, determinar las características, dimensionamiento y la mejor arquitectura de interconexión que deben tener las centrales telefónicas IP para que se integren de manera efectiva a la plataforma de voz y datos existente. Asimismo, se lleva a cabo una serie de pruebas realizadas con una PBX IP suministrada por un proveedor de servicios, para determinar la calidad de voz y funcionalidades a través de llamadas telefónicas bajo diferentes escenarios de interconexión.

Para analizar la factibilidad técnica del proyecto, se determinaron criterios que permiten evaluar la viabilidad de la implantación como: Ancho de Banda, calidad de servicio, interoperabilidad y dimensionamiento.

Finalmente, se describen los criterios de evaluación y comparación técnico-económica de las propuestas presentadas por las diferentes empresas, para la adquisición de las 38 centrales telefónicas y los componentes asociados, y de esta manera, dar a conocer la posible inversión del proyecto y los beneficios que genera económicamente esta tecnología.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
PAGINAS PRELIMINARES	
Constancia de Aprobación.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	IV
Índice Tablas.....	VIII
Índice de Figuras y Gráficos.....	IX
Acrónimos.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
INFORMACIÓN GENERAL.....	4
1.1 Identificación de la Institución.....	4
1.1.1 Antecedentes.....	4
1.1.2 ¿Qué es el SENIAT?.....	5
1.1.3 Misión.....	5
1.1.4 Visión.....	5
1.1.5 Objetivos Estratégicos.....	6
1.1.6 Estructura Organizativa.....	6
1.2 Necesidad, Objetivos y Método.....	7
1.2.1 Necesidad actual de la Institución.....	7
1.2.2 Retos Tecnológicos de la Institución.....	8
1.2.2.1 ¿Por qué la Solución de Telefonía IP?.....	8
1.2.3 Objetivos del Trabajo de Grado.....	10
1.2.3.1 Objetivo General.....	10
1.2.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.2.3.3 Metodología.....	11
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Introducción a la Telefonía IP.....	13
2.1.1 Concepto de Telefonía IP.....	13
2.2 Análisis de VoIP.....	14
2.2.1 Problemas en una red de VoIP.....	14
2.2.2 Compresión de Voz.....	16
2.2.3 Normas de Codificación de Voz.....	17
2.2.4 Protocolo de Transporte.....	18
2.2.4.1 UDP (User Datagram Protocol).....	19
2.2.4.2 RTP (Real Time Protocol).....	19
2.2.5 Calidad de Servicio.....	22

2.2.5.1	Concepto de Calidad de Servicio (QoS).....	22
2.2.5.2	Técnicas de Implementación de Calidad de Servicio.....	23
2.2.5.2.1	Servicio de Mejor Esfuerzo.....	23
2.2.5.2.2	Servicios Integrados.....	23
2.2.5.2.3	Servicios Diferenciados.....	24
2.2.5.2.4	Protocolo de Reservación de Recursos.....	24
2.3	Estándares de Comunicaciones de VoIP.....	24
2.3.1	H.323.....	24
2.3.1.1	Elementos de H.323.....	25
2.3.1.1.1	Terminales.....	25
2.3.1.1.2	Gateway.....	26
2.3.1.1.3	Gatekeeper.....	27
2.3.1.1.4	Unidad de Control Multipunto (MCU).....	27
2.3.1.2	Servidor Proxy.....	28
2.3.1.3	Conjunto de Protocolos H.323.....	28
2.3.1.3.1	Señalización RAS.....	30
2.3.1.3.2	Función de señalización de llamada.....	32
2.3.1.3.3	Función Control H.245.....	32
2.3.1.4	Ejemplo de una llamada H.323.....	33
2.3.2	Protocolo de Inicio de Sesión SIP.....	35
2.3.2.1	Componentes SIP.....	35
2.3.2.1.1	User Agent (UA).....	36
2.3.2.1.2	Tipos de Servidores SIP.....	36
2.3.2.2	Mensajes SIP.....	37
2.3.2.2.1	Métodos SIP.....	37
2.3.2.2.2	Respuestas SIP (Códigos de Estado).....	38
2.3.2.3	Cabeceras SIP.....	39
2.3.2.4	Direccionamiento SIP.....	40
2.3.2.5	Descripción de SDP.....	40
2.3.2.6	Ejemplo de Llamadas SIP.....	41
2.4	Comparación entre SIP y H.323.....	43
CAPÍTULO III		
ANÁLISIS DEL AMBIENTE TÉCNICO EXISTENTE.....		44
3.1	Análisis de la Tecnología Actual.....	44
3.1.1	Ambiente Técnico Actual.....	44
3.1.2	Diseño de la plataforma actual de telefonía del SENIAT.....	46
3.1.3	Estructura y comportamiento de las centrales telefónicas existente.....	49
3.1.3.1	Servidor de comunicaciones Hipath 4000.....	49
3.1.3.2	Servidor de comunicaciones Hipath 3000.....	49
3.1.4	Diseño de la plataforma actual para el manejo de datos.....	50
3.1.5	Requerimientos del SENIAT.....	52
CAPÍTULO IV		
DIAGNÓSTICO DE RED Y POSIBLES SOLUCIONES DE TELEFONÍA IP.....		54

IV.I CRITERIOS PARA EVALUAR LA FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	54
4.1.1 Ancho de Banda.....	55
4.1.2 Calidad de Servicio.....	55
4.1.3 Interoperabilidad.....	56
4.1.4 Dimensionamiento.....	57
IV.II RECOMPILACIÓN DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE TELEFONÍA IP.....	58
4.2.1 Soluciones Híbridas.....	59
4.2.2 Soluciones IP Puras.....	60
CAPÍTULO V	
SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP.....	62
5.1 Definición y Características de la Solución.....	62
5.1.1 Arquitectura del Sistema.....	63
5.1.2 Características de los equipos.....	66
5.2 Dimensionamiento del Sistema.....	74
5.2.1 Procedimientos para el cálculo de Erlang.....	75
5.3 Pruebas de Telefonía IP.....	82
5.3.1 Información general de la central Quadro 4x.....	82
5.3.2 Configuración del sistema.....	84
5.3.3 Escenarios de Pruebas.....	86
5.4 Proceso de adquisición de los equipos y componentes asociados para la implementación.....	94
CAPÍTULO VI	
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	97
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
BIBLIOGRAFÍAS.....	105
APÉNDICE.....	107
ANEXOS.....	114
Anexo I. Arquitectura de interconexión de las 38 se con los nodos principales.....	115
Anexo II Dimensionamiento del Sistema.....	123
Anexo III. Pruebas Realizadas.....	134
Anexo IV Matriz de Evaluación.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Características de las normas de Codificación de Voz.....	18
2. Componentes y Protocolos de H.323.....	25
3. Códigos Respuesta.....	38
4. Comparación entre SIP y H.323.....	43
5. Ubicación y capacidad de PBX's existentes en el SENIAT.....	48
6. Distribución de sedes involucradas en el proyecto de Telefonía IP.....	53
7. Dimensionamiento del Sistema.....	80
8. Recursos de Ancho de Banda reservados para Telefonía IP.....	81
9. Panel de Creación de Extensiones.....	86
10. Estadísticas de Llamadas Escenario A.....	88
11. Estadísticas de Llamadas Escenario B.....	89
12. Estadísticas RTP.....	90
13. Estadísticas de Llamadas Escenario C.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figuras	Pág.
1. Estructura organizativa del SENIAT.....	6
2. Cabecera de RTP.....	21
3. Pila de protocolos H.323.....	29
4. Ejemplo de llamadas H.323.....	34
5. Ejemplo de una petición SIP.....	38
6. Ejemplo de un código de respuesta SIP.....	39
7. Ejemplo de llamada SIP a SIP.....	42
8. Mapa regional de Tributos Internos.....	45
9. Estructura organizativa dentro de cada región.....	46
10. Esquema general de la solución de telefonía IP en el SENIAT.....	65
11. Interconexión de la Región Los Andes.....	65
12. PBX IP modelo Quadro 4x.....	83
13. Pantalla de acceso de la PBX IP Quadro.....	84
14. Escenario de interconexión interno a interno.....	88
15. Escenario de interconexión hacia la red pública.....	89
16. Llamadas SIP interno a interno.....	92
Gráficas	
1. Número de llamadas por día de la Aduana Principal El Guamache.....	76
2. Porcentajes de gastos mensuales por llamadas telefónicas del SENIAT.	98

ACRÓNIMOS

ATM:	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
DHCP:	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DNS:	<i>Domain Name Service</i>
EGP:	<i>External Gateway Protocol</i>
IP:	<i>Internet Protocol</i>
ISDN:	<i>Integrated Service Digital Network</i>
LAN:	<i>Local Area Network</i>
OSI:	<i>Open System Interconnection</i>
PBX:	<i>Private Branch Exchange</i>
PCM:	<i>Pulse Code Modulation</i>
PPP:	<i>Point to Point Protocol</i>
PSTN:	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS:	<i>Quality of Service</i>
RTCP:	<i>Real Time Control Protocol</i>
RTP:	<i>Real time Protocol</i>
SDP:	<i>Session Description Protocol</i>
SIP:	<i>Session Initiation Protocol</i>
SONET:	<i>Synchronous Optical Network</i>
TCP:	<i>Transmission Control Protocol</i>
TIP:	<i>Telephony Internet Protocol</i>
UDP:	<i>User Datagram Protocol</i>
VoIP:	<i>Voice over Internet Protocol</i>
WAN:	<i>Wide Area Network</i>
WiFi:	<i>Wireless Fidelity</i>

INTRODUCCION

Desde hace años, la convergencia de redes de voz y datos es un reto de la industria y de los usuarios tanto en el ámbito empresarial como en las telecomunicaciones. La tecnología de voz sobre IP llegó a los titulares de la prensa especializada, cuando algunos usuarios utilizaban internet para realizar, sobre todo, llamadas internacionales. Sin embargo, la calidad de sonido, la fiabilidad y la seguridad estaban muy por debajo de lo que necesitaban las instituciones y empresas.

En la actualidad existe un interés general en los servicios de telefonía IP, ya que es una tecnología ya madura, que asegura una fiabilidad, funcionalidad y una calidad de voz comparable a las de las centrales telefónicas tradicionales.

La forma exacta en la que se implante el sistema de Telefonía IP debe ser objeto de un cuidadoso estudio, ya que, si bien es cierto que esta tecnología pone a disposición a los usuarios de ventajas como mensajería unificada, mejor soporte para el trabajo remoto, y reducción de costos de las comunicaciones, entre otros, hay que agregar los riesgos de la implementación comparando el ahorro producido con la flexibilidad, interoperabilidad y escalabilidad ofrecida por la nueva plataforma.

Para el SENIAT, como modelo del nuevo concepto de Organismos Públicos, es de vital importancia promover la modernización de la plataforma de comunicaciones, y de esta manera permitir la comunicación efectiva entre todas las sedes a nivel nacional.

El presente estudio de factibilidad tiene el objetivo primordial de contribuir de manera directa al funcionamiento óptimo de los procesos vitales de la Administración Tributaria tales como: recaudación, liquidación fiscalización y contabilización, estudiando la viabilidad técnica y económica de la implementación de Telefonía IP, con el fin de abaratar costos por llamadas

telefónicas de larga distancia, y atender las áreas de menor concentración de funcionarios del SENIAT que no cuentan con la infraestructura telefónica adecuada a las necesidades de comunicación que les exigen sus funciones.

Para realizar este estudio de factibilidad de manera eficiente, y cumplir a cabalidad los objetivos propuestos, fue necesario llevar a cabo de acuerdo con la metodología planteada cuatro fases que permitieron el desarrollo y culminación de este proyecto de una forma eficaz y ordenada. La estructura del presente trabajo, describe cada una de las fases y ofrece información de una manera general del contenido del mismo.

En el capítulo I, “Información General”, se presenta la identificación de la Institución, destacando la estructura organizativa, visión y misión de la institución para la sociedad. De igual forma se plantean las necesidades, objetivos y justificación del proyecto, así como también, los beneficios que genera la implementación de Telefonía IP en cualquier empresa o Institución.

En el capítulo II, “Marco Teórico”, se explican conceptos importantes y de gran ayuda para la comprensión del tema de Telefonía IP, tales como: concepto de Telefonía IP, protocolos de enrutamiento, mecanismos de transporte IP, Calidad de Servicio (QoS) y protocolos de comunicación entre otros.

El capítulo III, “Análisis del Ambiente Técnico Existente”, explica en detalle la estructura de la red de voz y de datos del SENIAT; además se hace referencia de una manera general a los requerimientos del SENIAT para implementar Telefonía IP.

El Capítulo IV, “Diagnóstico de red y posibles soluciones de Telefonía IP”, es dividido en dos sub capítulos para su mayor comprensión. El Sub Capítulo IV.I, “Criterios para evaluar la factibilidad de la implementación”, como su nombre lo indica, establece los criterios para determinar la factibilidad del proyecto a nivel

técnico, y de esta manera conocer las características básicas de las diferentes soluciones de telefonía IP para integrarse a la red actual. El sub Capítulo IV.II “Recopilación de las posibles soluciones de Telefonía IP”, incluye los tipos de soluciones existentes en el mercado independientemente del fabricante, evaluando el costo beneficio de cada una para poder definir la que se adapte a las necesidades del SENIAT.

El Capítulo V “Selección de la solución de Telefonía IP”, explica en detalle las razones para la escogencia de una solución determinada. Este capítulo se divide en cuatro puntos importantes para su mejor comprensión: el primer punto “Definición y características de la solución”, se explica el tipo de solución, la arquitectura del sistema y las características que deben tener los equipos para satisfacer las necesidades. En el segundo punto “Dimensionamiento del sistema”, se realizan los cálculos necesarios para definir tanto el hardware como el software involucrado en la solución. El tercer punto “Pruebas de telefonía IP”, especifica los tipos de pruebas realizadas para verificar el buen funcionamiento del sistema y por último, “Proceso de adquisición de los equipos y componentes asociados para la implementación”, como su nombre lo indica, se informan los pasos llevados a cabo para el proceso y los criterios para escoger la mejor propuesta.

En el capítulo VI “Análisis Económico”, Se realiza una comparación de los costos de mantener la red actual y los ahorros generados al implementar telefonía IP. Además se calcula una proyección del retorno de la inversión

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones donde se refleja la conclusión de cada uno de los capítulos y se establecen criterios para futuras tomas de decisiones referentes al tema propuesto.

CAPITULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Identificación de la Institución

1.1.1. Antecedentes

El 10 de Agosto de 1994 se crea el Servicio Nacional Integrado de Administración Tributaria debido a la fusión de Aduanas de Venezuela, Servicio Autónomo (AVSA) y el Servicio Nacional de Administración Tributaria (SENAT). El proceso de fusión fue concebido como un proyecto de modernización orientado hacia un gran servicio de información con objetivos de incrementar la recaudación, actualizar la estructura tributaria nacional y fomentar la cultura tributaria, para promover el cumplimiento voluntario de las obligaciones de los contribuyentes.

Este nuevo Servicio responde a la fusión y reestructuración que en conformidad con el Artículo 226 del Código Orgánico Tributario, se propone el Ministerio de Hacienda a objeto de cumplir con la administración eficiente de los ingresos tributarios nacionales, no sólo de los tributos internos, sino también de los tributos aduaneros que hasta ese momento estaban siendo administrados por Aduanas de Venezuela, Servicio Autónomo (AVSA).

En el año 2000, según publicación en Gaceta Oficial N° 36.892, se cambió el nombre de la institución a Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria, incluyendo la palabra “Aduanera”, y conservando las mismas siglas SENIAT; se crearon las Intendencias Nacionales de Aduanas y Tributos Internos, estableciendo sus atribuciones, entre otros.

Finalmente en el año 2001, se decretó la Ley del Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria, con el objeto de regular y desarrollar la organización y funcionamiento de la institución.

1.1.2. ¿Que es el SENIAT?

El Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria (SENIAT) es un servicio autónomo sin personalidad jurídica, con autonomía funcional, técnica y financiera, adscrito al Ministerio de Finanzas. Constituye un órgano de ejecución de la administración tributaria nacional, al cual le corresponde la aplicación de la legislación aduanera y tributaria nacional, así como, el ejercicio, gestión y desarrollo de las competencias relativas a la ejecución integrada de las políticas aduanera y tributaria fijadas por el Ejecutivo Nacional.

1.1.3. Misión

Recaudar con niveles óptimos los tributos nacionales, a través de un sistema integral de administración tributaria moderno, eficiente, equitativo y confiable, bajo los principios de legalidad y respeto al contribuyente.

1.1.4. Visión

Ser una institución modelo para el proceso de transformación del Estado Venezolano, de sólido prestigio, confianza y credibilidad nacional e internacional, en virtud de su gestión transparente, sus elevados niveles de productividad, la excelencia de sus sistemas y de su información, el profesionalismo y sentido de compromiso de sus recursos humanos, la alta calidad en la atención y respeto a los contribuyentes, y también por su contribución a que Venezuela alcance un desarrollo sustentable con una economía competitiva y solidaria.

1.1.5 Objetivos Estratégicos

- Incremento de la recaudación tributaria de origen no petrolero
- Modernización del sistema jurídico tributario
- Desarrollo de la cultura tributaria y, mejora de la eficiencia y eficacia institucional.

1.1.6. Estructura Organizativa

El Servicio Nacional Integrado de administración aduanera y Tributaria (SENIAT) desarrolla sus funciones en un nivel directivo, un nivel normativo y un nivel operativo. La estructura organizativa y funcional es decidida y establecida por el Superintendente Nacional Aduanero y Tributario, y publicada en la Gaceta Oficial. La figura 1 muestra el organigrama establecido actualmente.

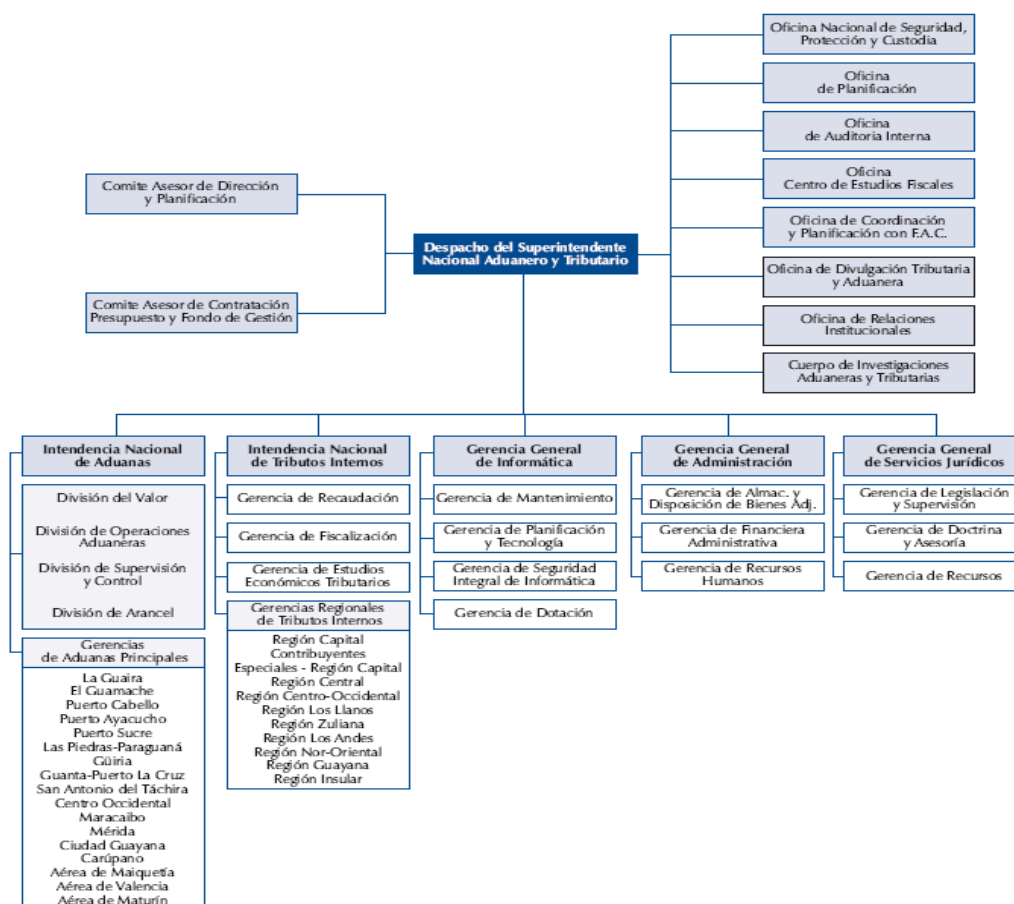


Figura 1: Estructura Organizativa del SENIAT

1.2 Necesidad, Objetivos y Método

La posibilidad de llevar a cabo un proyecto con éxito, depende de un estudio de factibilidad previo, el cual ayudará a decidir si seguir adelante con un proyecto determinado o no. Por esta razón, se planteó realizar un análisis para implementar Telefonía IP en el SENIAT.

En primera instancia se consideraron los antecedentes y justificaciones; de esta manera fue posible identificar los objetivos generales y específicos que se deben cumplir a lo largo del proyecto para encontrar la mejor solución posible.

1.2.1 Necesidad Actual de la Institución

El SENIAT como modelo del nuevo concepto de organismos públicos, es puntero en la automatización de sistemas; siendo de vital importancia la modernización de la plataforma de telecomunicaciones, para permitir la comunicación efectiva entre todas las sedes a nivel nacional, tanto en las redes de datos como en las redes de voz.

En los últimos años, la institución ha realizado grandes inversiones en tecnología. En este sentido, es necesario continuar con el proyecto de mejora y optimización de los servicios de voz en todas las oficinas del SENIAT a nivel nacional, y de esta manera atender un total de 1850 funcionarios ubicados en los Sectores, Unidades y Aduanas Principales y Subalternas, que en los actuales momentos, no cuentan con la infraestructura telefónica adecuada a las necesidades de comunicación que les exigen las funciones asignadas.

Del mismo modo, en conjunto con el progresivo aumento en los costos por llamadas telefónicas entre las diferentes localidades del SENIAT a nivel nacional existe la necesidad de transportar voz sobre la red de datos del SENIAT basada en el protocolo de Internet, con la misma funcionalidad, confiabilidad y calidad de voz que ofrecen las empresas telefónicas tradicionales y que además permita la

integración de servicios y la unificación de la estructuras de voz y datos, para de esta manera minimizar costos por llamadas de larga distancia nacional entre sedes.

1.2.2 Retos Tecnológicos de la Institución

El estancamiento en el mundo de la telefonía tradicional, unido a la reducción de costos y la posibilidad de gestionar una única red, lleva a las instituciones y empresas a pensar en soluciones de redes convergentes.

Actualmente ante los constantes cambios y avances en telecomunicaciones las organizaciones deben enfrentar ciertos retos entre los que se pueden destacar:

- Reducir costos de telecomunicaciones.
- Implementar sistemas abiertos que permitan integración de las tecnologías de diferentes fabricantes.
- La modernización de su plataforma de telefonía hacia una solución integrada que contemple la incorporación de nuevas tendencias en telecomunicaciones, que cubra las diferentes sedes de la organización.
- Tener un sistema centralizado de control de costos para optimizar los recursos económicos dedicados a los servicios de comunicación.
- El empleo de servidores de mensajería de voz o mensajería unificada.

Como se puede observar, cumplir estos retos, dependen de la implementación de un sistema de Telefonía avanzado. Es por ello, que es menester analizar los beneficios de tener un sistema de Telefonía IP.

1.2.2.1 ¿Por qué la Solución de Telefonía IP?

La implementación de un sistema de Telefonía IP en contraste con la telefonía por conmutación de circuitos permitirá:

- **Mayor aprovechamiento del personal experto:** Muchas empresas y/o instituciones hoy en día disponen del personal con títulos de postgrado y otros expertos que no están siendo plenamente aprovechados. La tecnología de Telefonía IP puede aprovechar mejor estos recursos críticos en el campo e integrarlos rápidamente en un equipo virtual accesible para toda la institución. Independientemente de donde se encuentre físicamente siempre y cuando tenga acceso a la WAN corporativa, podrán funcionar como fuente remota de conocimientos con la misma rapidez que si estuviesen en el lugar con el resto del equipo.

- **Manejo controlado de costos:** El tener un buen sistema de telefonía IP permite el manejo eficiente de gestión y mantenimiento de la red; la telefonía por paquetes multiplexa estadísticamente el tráfico de voz junto al tráfico de data. Esta consolidación representa un ahorro sustancial en equipos y costos de operaciones. Por otro lado, el ahorro en llamadas nacionales, en líneas alquiladas y en soporte conlleva a economía en gran escala y reduce dramáticamente los costos asociados a servicios de voz.

- **Alta Escalabilidad:** Hoy en día, las instalaciones de Telefonía IP de gran envergadura pueden crecer fácilmente. Los componentes asociados a esta tecnología ofrecen gran capacidad de escalabilidad a medida que crece la base de usuarios. De esta manera, existe mayor flexibilidad para aceptar nuevos requerimientos sin tener que reestructurar la red por completo cada vez que exista mayor demanda del servicio.

- **Uso eficiente del ancho de banda y de los equipos:** Las redes tradicionales de telefonía usan un canal de 64 Kbps para cada llamada telefónica. La telefonía por paquetes comparte el ancho de banda entre múltiples conexiones lógicas y utiliza métodos de compresión de voz estandarizados, que permiten reducir el ancho de banda por llamada telefónica hasta 6.3 Kbps en el caso de G.723

- **Unificación de las Comunicaciones:** Anteriormente los sistemas de mensajería como lo son fax, mensajes de voz, e-mail entre otros eran independientes. Con una infraestructura IP se provee a los usuarios de comunicaciones unificadas en tiempo real, independientemente de la ubicación o dispositivo de acceso que se posea.
- **Independencia de la Tecnología:** Las redes LAN y WAN pueden utilizar cualquier tecnología (Ethernet, Token Ring, ATM, X.25, Frame Relay) y tipos de hardware y software para implementar Telefonía IP, ya que estas tecnologías son soportadas por numerosos fabricante y proveedores de servicios de Telefonía sobre Internet.

1.2.3 Objetivos del Trabajo de Grado

1.2.3.1 Objetivo General

Determinar la factibilidad para la implantación de telefonía IP, estudiando la viabilidad técnica y económica con el fin de abaratar costos a mediano y largo plazo y tener la posibilidad de utilizar nuevas aplicaciones telefónicas y una mayor integración de las ubicaciones remotas aprovechando la red corporativa del SENIAT.

1.2.3.2 Objetivos Específicos

1. Estudiar la estructura de la red actual del SENIAT, es decir análisis del ambiente técnico existente, incluyendo:

- Infraestructura de redes (topología, ancho de banda, enlaces WAN, etc.)
- Arquitectura telefónica y flujo actual de llamadas.

2. Recopilar las posibles soluciones de telefonía IP especificando características de cada una.
3. Analizar el costo/ beneficio de cada una de las soluciones propuestas.
4. Seleccionar la solución que se ajuste más a las necesidades del proyecto tomando en cuenta el menor impacto técnico y económico posible.
5. Comparar los costos de mantener la red actual con los costos de implantar la solución propuesta de telefonía IP.
6. Establecer las recomendaciones para la implementación de la plataforma y elaborar el informe final.

1.2.3.3 Metodología

El Desarrollo de la Investigación o Proyecto de Trabajo de Grado se realizó de acuerdo a una metodología que consta de cuatro fases principales, a saber: Estudios Preliminares, Análisis de la tecnología actual, Estudio de viabilidad técnica, Estudio Económico que facilitaron y optimizaron los procesos inmersos en el desarrollo de esta investigación.

Cada fase fue dividida en actividades, las cuales fueron necesarias para cumplir con los objetivos propuestos. A continuación se detalla cada una de las actividades realizadas en cada fase.

FASE I:

Estudios Preliminares: Consistió en investigación documental y levantamiento de información técnica existente, la cual fue la base fundamental para profundizar los conocimientos sobre la operatividad y desempeño del sistema

actual y saber la forma de incorporarlo a una nueva tecnología. En ella intervinieron: Libros, revistas, manuales, facturación digital, trabajos relativos en relación con telefonía IP, Internet, etc.

FASE II

Análisis de tecnología actual: Se evaluaron las Plataformas existentes y se propuso la solución que mejor se adapte a los requerimientos del usuario, indicando la compatibilidad de esta con respecto a la planta actual y los diversos procesos involucrados en la prestación del servicio. Para ello se consultó con los distintos proveedores de los equipos y se realizaron las pruebas a través de un demo instalado en la sede Mata de Coco.

FASE III

Estudio de Viabilidad Técnica: En ella se determinó el efecto que involucra, sobre la red, el implantar una solución de telefonía IP. Se evaluaron los elementos de red necesarios, la capacidad de tráfico asociada al cambio y se definieron los parámetros determinantes para realizar la evaluación técnica.

FASE IV

Estudio Económico: Se levantó un análisis de costos relevantes a la implantación de telefonía IP, es decir, el costo de la inversión a realizar y se realizó una comparación con los costos de mantener la plataforma ya existente, y conociendo estos parámetros se calculó los ahorros producidos y el retorno de inversión.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a la Telefonía IP

2.1.1 Concepto de Telefonía IP

La telefonía IP (TIP) se define como un sistema avanzado de comunicaciones empresariales que, utilizando IP como medio de transporte, permite crear un sistema telefónico con todas las funciones de un PBX (conmutador) tradicional y agrega nuevas funcionalidades, como integración de las aplicaciones, distribución inteligente de la fuerza de trabajo, automatización de la administración y movilidad. [1]

Es importante resaltar que Voz sobre IP (VoIP) no es sinónimo de Telefonía IP, ya que el concepto de VoIP comprende sólo el transporte de la voz utilizando el protocolo IP como estándar de comunicación sin realizar conexión con la Red Pública Conmutada (RTC). La Telefonía IP ofrece servicios de voz utilizando de igual forma el protocolo IP pero con interconexión a la red pública conmutada, asegura la calidad de servicio permitiendo no sólo el tráfico de voz sino de video y otras aplicaciones tales como: medir el consumo telefónico, enrutamiento inteligente de llamadas, controlar y establecer el perfil de cada usuario y obtener mensajería unificada entre otras; y es en sí una plataforma de crecimiento para aplicaciones futuras de voz que se pueda desarrollar.

2.2 Análisis de VoIP

Muchas de las ventajas de la Tecnología de Telefonía IP vienen del uso del Protocolo Internet (IP) como mecanismo de transporte. Para entender realmente esos beneficios, se debe entender en primer lugar qué significa realmente IP, por lo tanto, en el apéndice A se explican los conceptos básicos de los protocolos IP y TCP, pilares fundamentales de esta tecnología.

Para crear un diseño de red de Telefonía IP apropiado, es importante conocer todas las interioridades, estándares y problemas de la tecnología de VoIP. A continuación se presenta un análisis de esta tecnología.

2.2.1 Problemas en una red de VoIP

Existen factores que limitan las prestaciones de las redes de paquetes para cursar tráfico en tiempo real. Los problemas que son evidentes en una red de VoIP, son la Latencia, el Jitter y el Eco. En Telefonía-IP estos problemas son resueltos mediante diversas técnicas.

- **Retraso/Latencia:** Se define así a la demora en la transmisión debido a los retardos acumulados. El retraso está determinado por tres factores: demora de trama (demora de algoritmo), demora de procesamiento y demora de puente (bridging delay).[3]

La demora de trama es consecuencia del modo de operación de los codificadores, pues requieren, para llevar a cabo el procesamiento, una trama completa de muestras de voz, o incluso más de una trama. En consecuencia, esto requiere un buffering, lo que a su vez implica cierta demora inevitable, independientemente de la propia implementación del sistema. La demora de procesamiento es el tiempo que toma el codificador en analizar la voz, esto es, las muestras de voz, más el tiempo que consume el decodificador en reconstruirla.

Como norma general el retraso total introducido en una comunicación puede alcanzar los 200 ms, pero se trata de un valor que depende mucho de la red y es bastante oscilante; sin embargo la recomendación G.114 de la UIT especifica que para una buena calidad de voz no debe darse un retraso mayor de 150 ms en una vía de extremo a extremo.

- **Fluctuación de Fase (Jitter):** Es la variación del tiempo de llegada de un paquete. La fluctuación de fase es un problema que existe sólo en las redes basadas en paquetes. Cuando está en un entorno de voz por paquetes, el remitente espera transmitir de forma fiable paquetes de voz en un intervalo regular (por ejemplo, enviar una trama cada 20ms). Esos paquetes de voz se pueden retrasar por toda la red de paquetes y no llegar con el mismo intervalo de tiempo regular a la estación receptora. La diferencia entre cuándo se esperaba recibir el paquete y cuándo se recibe en realidad es lo que se llama la fluctuación de fase. [3]

- **Eco:** En una red tradicional, el eco durante la conversación está normalmente provocado por un desajuste en la impedancia del switch de red de cuatro cables con el bucle local de dos cables. En las actuales redes basadas en paquetes, la latencia o retraso de la trama y la fluctuación de fase Jitter, pueden producir eco sobre la señal telefónica, lo cual hace necesario el uso de las normas G.168 de la UIT (canceladores de eco); los canceladores de eco se pueden construir en códecs de velocidad de transmisión baja o a nivel de software. [3] [5]

- **Pérdida de Paquetes:** Representa el porcentaje de paquetes transmitidos que se descartan en la red. Estos descartes pueden ser producto de alta tasa de error en alguno de los medios de enlace o por sobrepasar la capacidad de un

buffer de una interfaz en momentos de congestión. Los paquetes perdidos son retransmitidos en aplicaciones que no son de tiempo real; en cambio, para telefonía IP no pueden ser recuperados y se produce una distorsión local. [5]

La incidencia en la calidad de servicio (QoS) que provocan las pérdidas y retardos que sufren las redes de paquetes en su trasvase por la red IP se puede resumir de la siguiente manera:

- QoS elevada: retardos y pérdidas de paquetes máximas de 100mseg. y 5% respectivamente.
- QoS buena: demoras entre 100 y 150 ms, pérdidas de paquetes entre 5 y 10%
- QoS aceptable: demoras y pérdidas de paquetes entre 150-400mseg. y 10-25% respectivamente.
- QoS mala: demoras mayores de 400 ms. y pérdidas de paquetes por encima del 25%. [5]

2.2.2 Compresión de Voz

Existen numerosas barreras que superar para alcanzar niveles de servicio y de seguridad en VoIP similares al servicio básico de telefonía por conmutación de circuitos. Hoy en día hay que establecer un compromiso entre calidad de voz, retardo y ancho de banda. Es necesario reducir el consumo de ancho de banda mediante algoritmos de compresión de la voz (codificación). [6]

Todo este proceso de codificación-decodificación introduce demora, que se suma a la demora que introduce la red. Esta demora, no admisible por encima de cierto valor, es un serio impedimento al que se ve sometido el tráfico con requerimientos en tiempo real (como en el caso de la voz), al ser cursado por redes de datos

Las prestaciones de los codificadores de voz dependen de la velocidad de la señal codificada, la demora de procesamiento y de la complejidad del algoritmo de procesamiento, habiendo fuerte independencia entre estos factores. Así es

conveniente una baja velocidad resultante de la codificación, por las implicaciones que tienen en el ancho de banda y en la compartición de recursos, pero esto se traduce en mayor complejidad de implementación y mayor retardo de procesamiento.

2.2.3 Normas de codificación de voz. [5] [6]

En línea con las limitaciones propias de las redes de datos para cursar tráfico con requerimientos de tiempo real, se ha hecho necesario el desarrollo de normas, o recomendaciones, que permitan enfrentar satisfactoriamente este problema. En tal sentido UIT normaliza los esquemas de codificación CELP, MP-MLQ PCM y ADPCM. Entre los estándares más populares para telefonía y voz por paquetes se incluyen:

- **G.711:** describe la técnica de codificación PCM de 64 Kbps. La voz codificada con G711 está en formato correcto para la entrega de voz digital en la red telefónica pública o a través de intercambio privado de PBX.
- **G.726:** describe la codificación de ADPCM a 40, 32, 24 y 16 Kbps; también se puede intercambiar voz por paquetes y telefonía pública o redes PBX.
- **G.728:** describe una variación de bajo retraso de 16 Kbps de una compresión de voz CELP.
- **G.723.1:** establece un vocoder para comunicaciones multimedia a 6.3 y 5.3 Kbps, con un retardo de codificación de 37.5 ms. La velocidad de bit más alta se basa en la tecnología MP-MLQ y proporciona una mayor calidad. La velocidad de bit más baja se basa en CELP y proporciona buena calidad. La señal se procesa en segmentos de voz de 30 ms, correspondiente a 240 muestras PCM
- **G.729:** establece un vocoder de 8 Kbps con un retardo de codificación de 15 ms. La señal se procesa en segmentos de voz de 10 ms, correspondiente a 80 muestras PCM. Originalmente pensado para

entornos inalámbricos, pero es aplicable a entornos IP y comunicaciones multimedia.

- **G.729A:** es la versión A de G.729, con menor grado de complejidad y prestaciones que está diseñada para compresión de voz y datos. La codificación se hace a una velocidad de 8 Kbps con una demora de 15 ms. Presenta menos requerimientos que G.729 en cuanto a capacidad de almacenamiento y procesamiento.

Estos últimos tres estándares presenta, hasta ahora, las mejores características para VoIP, pues sus requerimientos de ancho de banda son considerablemente más modestos que los establecidos por las normas anteriores. En la siguiente tabla se muestran las características más resaltantes de los métodos de compresión de voz estandarizados por la UIT.

Tabla 1. Características de las normas de codificación de voz

Compresión	Velocidad (Kbps)	Segmento (bits)	Segmentos por segundo	Muestras por Segmento	Duración (mseg)	Retardo (mseg)
G.711 (PCM)	64	8	8000	1	0,125	0,125
G.721 (ADPCM)	32	4	8000	1	0,125	0,125
G.723 (ADPCM)	24 – 40	3 – 5	8000	1	0,125	0,125
G.726 (ADPCM)	16 – 40	2 – 5	8000	1	0,125	0,125
G.727 (ADPCM)	16 – 64	2 – 8	8000	1	0,125	0,125
G.729 (CS-ACELP)	8	80	100	80	10	15
G.728 (LD-CELP)	16	10	1600	5	0,625	0,625
G.723.1	6,3	189	33,33	240	30	37,5
G.723.1	5,3	159	33,33	240	30	37,5

2.2.4 Protocolo de Transporte [5]

Una vez comprimida y empaquetada la voz, se requiere de un protocolo, o conjunto de ellos, que se ocupe de transportar la voz y garantice la entrega de paquetes en tiempo real.

En el caso de redes IP existe la posibilidad, al menos en principio, de lograr una transferencia de paquetes de voz de modo confiable y seguro. Para esto habría que

utilizar como protocolo del nivel de transporte TCP (Transmission Control Protocol), pero la demora que su modo de operación implica, con el empleo de reconocimientos y retransmisiones, no lo hacen apropiado para manejar tráfico sensible a demoras. En tal sentido, se acude al protocolo UDP (User Datagram Protocol), no confiable, pero si con mejores garantías en cuanto a las necesidades de tiempo real.

2.2.4.1 UDP (User Datagram Protocol)

El UDP es un protocolo más sencillo que TCP y resulta útil en situaciones en las que los mecanismos de fiabilidad de TCP son innecesarios. UDP es un protocolo sin conexión y tiene una cabecera más pequeña, lo que conlleva un costo adicional mínimo.

La cabecera UDP sólo tiene cuatro campos: puerto de origen, puerto de destino, longitud y suma de comprobación UDP. Los campos de puerto de origen y destino realizan la misma función que en la cabecera TCP. El campo de longitud especifica la longitud de la cabecera y los datos de UDP, y el campo de suma de verificación permite la comprobación de la integridad del paquete. La suma de comprobación UDP es opcional. [3] [4]

2.2.4.2 RTP (Real Time Protocol)

El RTP es un protocolo estándar para transmitir tráfico sensible al retraso en las redes basadas en paquetes. RTP recorre la parte superior del UDP e IP. RTP da a las estaciones receptoras información que no está en las corrientes UDP/IP sin conexión. Utiliza la información de secuencia para determinar si los paquetes están llegando en orden y utiliza la información de marca de temporización para determinar el tiempo de llegada entre paquetes (fluctuación de fase). [3]

El transporte de voz y datos por una red IP no sólo significa mover por la misma secuencias los bits empaquetados, sino que también se requiere adicionarle a éstos

cierta información de control, por ejemplo: tipo de información transportada, número de secuencia, marcas de tiempo, etc., de manera que esto supone una forma de “formatear” los paquetes IP y hacerlos aptos para el transporte de información con requerimientos de tiempo real. El protocolo RTP (Real Time Protocol) fue concebido para compensar el jitter y la pérdida de secuencia de los paquetes que introducen las redes IP, pudiendo ser empleado para el transporte de streams de datos sensibles al tiempo, por ejemplo voz y vídeo.

El camino a seguir por una transmisión en tiempo real es el siguiente: una fuente genera paquetes de forma continua, pero el hecho de entrar en un router, atravesar una red (como puede ser Internet), pasar otro router, en definitiva, hacer una serie de saltos, hacen que el retardo no sea constante. Para evitar esto, lo que se hace es poner los paquetes recibidos en una cola y estos serán entregados a su destino con una periodicidad fija. De esta manera, se aumenta el retraso total, pero se mantiene fijo. RTP soporta este tipo de transferencia y entiende las marcas de retardos que lleva cada paquete, por lo que puede establecer varias sesiones entre varias entidades. A su vez, RTP permite el uso de mezcladores, que unirían en una sola emisión de datos información para varias sesiones o entidades.

Igualmente necesario, con funciones de monitoreo de la calidad de servicio y otras, está el protocolo RTCP (Real Time Control Protocol), utilizado frecuentemente con RTP. Los protocolos RTP y RTCP no ejercen ningún tipo de influencia en las condiciones de la red IP, no controlan la calidad de servicio, sólo posibilitan que los receptores puedan “resolver” apropiadamente las “perturbaciones” (jitter, pérdida de secuencia) a que son sometidos los paquetes IP con contenidos de tiempo real al atravesar la red. [3]

RTP posibilita el transporte de datos isócronos a través de redes de paquetes y ha sido optimizado para transferencias con requisitos de tiempo real, tanto unicast como multicast, soportando servicios extremo a extremo. RTP no garantiza reserva de recursos ni da garantía de calidad de servicio, tampoco provee ningún

mecanismo para garantizar la entrega en tiempo, y asume que la red es segura y entrega los paquetes en secuencia. Su papel fundamental es actuar como una interfaz entre aplicaciones de tiempo real y los protocolos de la capa de transporte, sin establecer qué protocolo de ésta usar, aunque típicamente se soporta sobre UDP.

Los paquetes RTP transportan streams de datos sensibles a las demoras de la red, a sus fluctuaciones, a las pérdidas de paquetes, e información adicional que posibilite su recuperación y entrega adecuada: identificación de la fuente y el tipo de carga útil que transporta el paquete RTP, secuenciación de paquetes, información de temporización; provee monitoreo, posibilitando el diagnóstico y la realimentación al emisor de la calidad de la transmisión; soporta también la integración de tráfico transmitiendo múltiples fuentes en un simple flujo.[5]

Versión	IHL	Tipo de Servicio	Longitud Total			
Identificación			Indicaciones	Compe. de Fragmentos		
Tiempo de existencia	Protocolo		Suma de Verificación de Cabecera			
Dirección de Origen						
Dirección de Destino						
Opciones				Relleno		
Puerto de Origen			Puerto Destino			
Longitud			Suma de Verificación			
V=2	P	X	CC	M	PT	Hº de Secuencia
Marca de Temporización						
Identificador de Origen de Sincronización						

Figura 2. Cabecera de RTP

La utilización de RTP es importante para el tráfico en tiempo real, pero existen algunos inconvenientes, como el tamaño de su cabecera. Las cabeceras IP/RTP/UDP tienen, 20, 8 y 12 bytes, respectivamente que se agrega a una

cabecera de 40 bytes. Para solucionar este inconveniente, se puede comprimir esta cabecera a 2 ó 4 bytes utilizando la compresión de cabecera RTP.

2.2.5 Calidad de Servicio

En las eventuales congestiones de enlaces que son parte del recorrido de tráfico entre dos equipos (host, o terminal) de distintas redes, cada paquete de información compite por un poco de ancho de banda disponible para poder alcanzar su destino.

Actualmente por las redes circulan ciertos tipos de datos que poseen requerimientos de tiempo real como la voz o video, es deseable que en este tipo de tráfico no ocurra pérdida de información, que exista un gran ancho de banda disponible, y que los retrasos en los envíos de estos paquetes de datos sean mínimos. Es por ello que surge la necesidad de aplicar Calidad de Servicio (QoS) en el nivel de transporte de datos y métodos de diferenciación de tráficos particulares para otorgar preferencia a estos datos sensibles.

2.2.5.1 Concepto de Calidad de Servicio (QoS)

Se entiende por “Calidad de Servicio” a la “capacidad de una red para sostener un comportamiento adecuado del tráfico que transita por ella, cumpliendo a su vez con los requerimientos de ciertos parámetros relevantes para el usuario final”. [7]

Al contar con calidad de servicio, es posible asegurar una correcta entrega de la información necesaria o crítica, para ámbitos empresariales o institucionales, dando preferencia a las aplicaciones de desempeño crítico, donde se comparten simultáneamente los recursos de red con otras aplicaciones no críticas.

2.2.5.2 Técnicas de Implementación de Calidad de Servicio

Es posible encontrarse con varias técnicas de implementación de QoS, todas ellas tienen en común la clasificación o diferenciación de flujos de tráfico, en grupos llamados clases. Existen tres modelos en los que se divide el despliegue de calidad de servicio:

2.2.5.2.1 Servicio de Mejor Esfuerzo

Se le llama servicio de mejor esfuerzo al que la red provee cuando hace todo lo posible para intentar entregar el paquete a su destino, donde no hay garantía de que esto ocurra. Una aplicación enviará datos en cualquier cantidad, cuando lo necesite, sin pedir permiso o notificar a la red. Este es el modelo utilizado por las aplicaciones FTP y HTTP. Obviamente, no es el protocolo apropiado para aplicaciones de VoIP, las cuales necesitan un tratamiento especial. [7]

2.2.5.2.2 Servicios Integrados

El modelo de Servicios Integrados (IntServ: Integrated Services) provee a las aplicaciones un nivel garantizado de servicios, negociando parámetros de red, de extremo a extremo. La aplicación solicita el nivel de servicio necesario para ella con el fin de operar apropiadamente, y se basa en la QoS para que reserven los recursos de red necesarios antes de que la aplicación comience a operar. Estas reservaciones se mantienen en pie hasta que la aplicación termina o hasta que el ancho de banda requerido por ésta sobrepase el límite reservado para dicha aplicación.

El modo IntServ se basa en el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP) para señalar y reservar la calidad de la QoS deseada para cada flujo en la red. [7]

2.2.5.2.3 Servicios Diferenciados

Este modelo incluye un conjunto de herramientas y mecanismos de clasificación de cola que proveen a ciertas aplicaciones o protocolos con determinadas prioridades sobre el resto del tráfico en la red. DiffServ cuenta con los enrutadores de bordes para realizar la clasificación de los distintos tipos de paquetes que circulan por la red. Al utilizar el modelo DiffServ se obtienen varias ventajas. Los enrutadores operaran más rápido, ya que se limita la complejidad de la clasificación y el encolado. Se minimizan el tráfico de señalización y el almacenamiento. En DiffServ, se definen clases de servicio, cada flujo particular de datos es agrupado en un tipo de clase, donde son tratados idénticamente. Esta arquitectura permite a DiffServ rendir mejor en ambientes de bajo ancho de banda, y provee de un mayor potencial que una arquitectura IntServ. [7]

2.2.5.2.4 Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)

El protocolo de configuración de reserva de recursos, permite que los puntos finales señalen la red con el tipo de QoS necesario para una aplicación determinada. Es un protocolo de señalización de extremo a extremo fuera de banda que solicita una determinada cantidad de ancho de banda y latencia con cada salto de red que soporta. Quien solicita los niveles de servicio en RSVP es la estación receptora y no la estación que transmite. Esto permite que RSVP escale cuando se utiliza la tecnología de multidifusión IP. [7]

2.3 Estándares de Comunicaciones de VoIP

2.3.1 H.323

H323 es una especificación de la UIT para transmitir audio, video y datos a través de la red de Protocolo Internet (IP). Cuando son compatibles con H.323, los productos y aplicaciones de los fabricantes pueden comunicarse e interoperar unos

con otros. El estándar H.323 dirige la señalización y control de llamadas, transporte y control multimedia y control de ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto. [8] [9]

Tabla 2. Componentes y Protocolos de H.323

Función	Protocolo
Señalización de llamadas	H.225
Control de Medios	H.245
Códecs de Audio	G.711, G.722, G.723, G.728 y G.729
Códecs de Video	H.261, H.263
Compartir datos	T.120
Transporte de medios	RTP/RTCP

2.3.1.1 Elementos de H.323

A continuación se muestran los elementos de un sistema H.323. Estos elementos incluyen terminales, gateways, gatekeepers y unidades de control multipunto.

2.3.1.1.1 Terminales

A menudo se hace referencia a los terminales como puntos finales, éstos proporcionan conferencia punto a punto y multipunto para audio y, de manera opcional, video y datos. Los terminales H.323 deben tener una unidad de control de sistema, una transmisión de medios, códec de audio e interfaz de red basada en paquetes. Los requisitos opcionales incluyen un códec de video y aplicaciones de datos de usuario.

Las siguientes funciones y posibilidades se encuentran dentro del terminal H.323

- Unidad de control de sistema: Proporciona a H.225 y H.245 el control de llamadas, intercambio de capacidad, mensajería y señalización de comandos para una actividad apropiada del terminal.

- Transmisión de medios: Formatea el audio, vídeo, datos, flujos de control y mensajes transmitidos en la interfaz de red. La transmisión de medios recibe también el audio, video, datos, flujos de control y mensajes desde la interfaz de red.
- Códec de audio: Codifica la señal desde el equipo de audio para su transmisión y decodifica el dato de audio entrante. Las funciones que se requieren incluyen la codificación y decodificación de voz G.711 y recibir formatos de la ley “A” y la ley “μ”.
- Interfaz de red: una interfaz basada en paquetes que puede hacer servicios de unidifusión y multidifusión de extremo a extremo, de protocolo para el control de la transmisión TCP y el protocolo UDP.
- Códec de video: Es opcional, pero sí está proporcionado, debe ser capaz de codificar y decodificar video de acuerdo con el Quarter Comment Intermediate Format (QCIF) H.261
- Canal de datos: Soporta aplicaciones como acceso a base de datos, transferencia de archivos y videoconferencias, siguiendo la recomendación T.120.

2.3.1.1.2 Gateway

El gateway H.323 refleja las características de un punto final de una red de circuito conmutado y un punto final H.323. Traduce entre formatos de audio, video y transmisión de datos, así como en sistemas de comunicación y protocolos. Esto incluye la configuración y el borrado de la llamada en la red IP y en la red conmutada.

Los gateways no son necesarios a menos que se requiera la interconexión con la red de circuitos conmutados. Por tanto, los puntos finales H.323 pueden comunicar directamente sobre la red de paquetes sin conectar con un gateway.

2.3.1.1.3 Gatekeeper

Es una función opcional que proporciona servicios de control de prellamada y nivel de llamada a los puntos finales H.323. El gatekeeper puede utilizar una simple secuencia consulta / respuesta (LRQ, Location Request o LCF, Location Confirmation), para localizar a los usuarios remotos.

Si un gatekeeper está presente en un sistema H.323, debe llevar a cabo lo siguiente:

- Conversión de direcciones: Traduce los alias a direcciones IP o a direcciones E.164, necesarios para el establecimiento de las comunicaciones a través de una tabla de traducciones.
- Control de admisiones: Proporciona acceso autorizado a H.323 utilizando los mensajes Admission Request / Admission Confirm/ Admission Reject (ARQ/ACF/ARJ).
- Control de ancho de banda: controla en número de usuarios simultáneos soportados mediante mensajes de Bandwidth Request / Bandwidth Confirm / Bandwidth Reject (BRQ / BCF / BRJ)
- Gestión de zona: el gatekeeper coordina zonas entre dispositivos de la misma zona como terminales registrados, gateways y MCU.

Opcionalmente el gatekeeper puede aportar funcionalidades como: señalización de control de llamadas, autorización de llamadas, administración del ancho de banda y administración de la llamada.

2.3.1.1.4 Unidad de Control Multipunto (MCU)

La Unidad de Control Multipunto (MCU), es un punto final que soporta conferencias multipunto, y por lo menos, consta de un controlador multipunto (MC) y uno o más Procesador Multipunto (MP). Si soporta conferencias multipunto centralizadas, la MCU típica consta de un MC, un MP de audio, video y datos.

El controlador multipunto (MC) soporta conferencias entre tres o más puntos finales en una conferencia multipunto. Los MC transmiten el conjunto de capacidades para cada punto final en la conferencia multipunto y puede revisar las capacidades durante la conferencia. La función MC puede residir en un terminal, gateway, gatekeeper o MCU.

El procesador Multipunto (MP), recibe audio, video y/o flujos de datos y los distribuye a los puntos finales que participan en una conferencia multipunto (multiconferencia).

2.3.1.2 Servidor Proxy H.323

Un servidor Proxy H.323 es un Proxy específicamente diseñado para el protocolo H.323. El Proxy actúa en la capa de aplicación y puede examinar los paquetes entre dos aplicaciones que se comunican. Los proxys pueden determinar el destino de una llamada y realizar la conexión si se desea. El Proxy soporta las siguientes funciones claves:

- Los terminales que no soportan el protocolo de reserva de recursos (RSVP), se pueden conectar a través de un acceso o redes de área local LAN con una calidad de servicio relativamente buena con el Proxy.
- Los proxys soportan el enrutamiento de tráfico H.323 separado del tráfico de datos ordinarios a través de un enrutamiento de aplicación específico.
- Un Proxy es compatible con la conversión de dirección de red, permitiendo que los nodos H.323 sean desplegados en las redes con un espacio de dirección privado.

2.3.1.3 Conjunto de Protocolos H.323

La familia de protocolos H.323 soporta la admisión de llamadas, la preparación, el estado, el borrado, los flujos de medios y los mensajes en los sistemas H.323.

Estos protocolos son soportados por mecanismos de entrega de paquetes seguros y poco seguros sobre la red de datos.

A pesar de que la mayoría de las implementaciones H.323 utilizan actualmente el protocolo TCP como mecanismo de transporte para la señalización, la versión 2 de H.323 admite un transporte UDP básico.

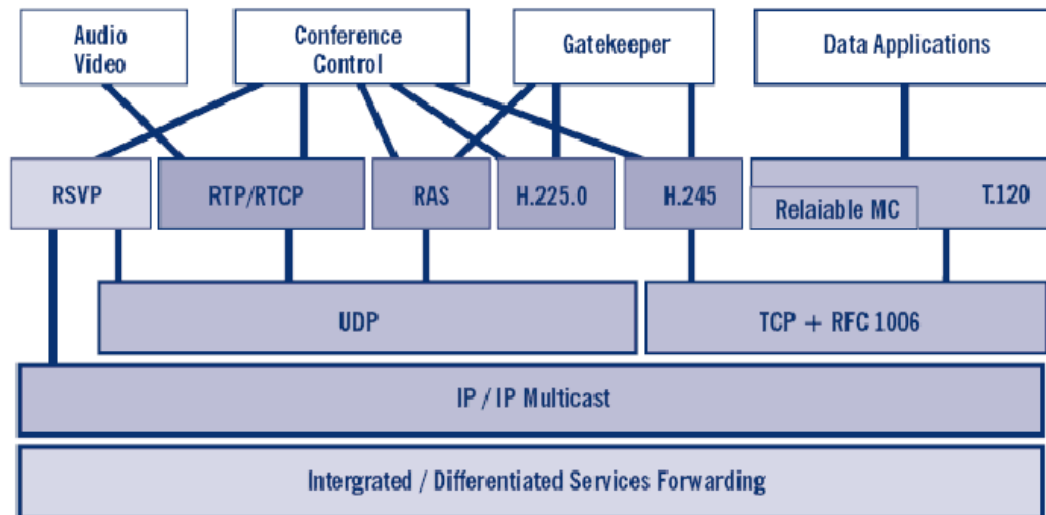


Figura 3. Pila de Protocolos H.323

El conjunto de protocolos H.323, mostrados en la figura 3, está dividido en tres áreas de control principales:

- Señalización de registro, admisiones y estado (RAS): Proporciona un control de prellamadas en las redes basadas en gatekeeper H.323.
- Señalización de control de llamadas (H.225): se utiliza para conectar, mantener y desconectar llamadas entre puntos finales.
- Control y Transporte de Medios (H.245 y RTP/RTCP): Proporciona el canal H.245 seguro, que transporta los mensajes de control de medios. El transporte ocurre con un flujo UDP no seguro.

2.3.1.3.1 Señalización RAS

La señalización RAS (Registration Admission and Status) utiliza los mensajes H.225.0 para la comunicación entre el punto terminal y el gatekeeper y entre gatekeepers. El canal RAS está abierto antes de que ningún otro canal sea establecido, y es independiente de la señalización de control de llamadas y de canales de transporte de medios.

RAS provee de un mecanismo para los usuarios de autenticación y autenticación de llamada. Se utiliza esta función para registro, control de admisión, control de ancho de banda y estado de la llamada.

- Descubrimiento de Gatekeeper.

Los terminales H.323 se registran en un gatekeeper provisto de servicios básicos como resolución de direcciones para llamadas a otros terminales. El descubrimiento del gatekeeper es un proceso manual (por configuración) o automático (mensaje de multidifusión):

- Multicast Discovery: los terminales envían un GRQ (Gatekeeper Request) a una dirección multicast conocida 224.0.1.41 y un puerto conocido 1718. Uno o más gatekeeper pueden responder con un mensaje de confirmación GCF (Gatekeeper Confirmation) conteniendo la información de transporte del canal RAS del gatekeeper o un mensaje de GRJ (Gatekeeper Reject) en caso negativo.

- Configuración: Los terminales conocen la IP del gatekeeper, envían un mensaje GRQ vía unicast y el gatekeeper o confirma o descarta.

Adicionalmente el gatekeeper puede proporcionar gatekeepers alternativos con un mensaje GCF.

- Registro

Después de que el terminal descubra cual es su gatekeeper, el terminal debe registrarse con un mensaje RRQ (Registration Request) en el gatekeeper. El

gatekeeper responderá con una confirmación de registro RCF (Registration Confirmation) o un rechazo de registro (Registration Reject). De igual manera si un terminal quiere registrarse deberá enviar un mensaje URQ (Unregistration Request).

- Localización de Terminales

Los terminales y gatekeeper pueden obtener información de contacto emitiendo un mensaje de localización LRQ (Location Request), indicando el alias. Este mensaje puede ser enviado al gatekeeper por el canal de RAS o puede ser enviado mediante un GRQ a la dirección multicast. El gatekeeper contestará con LCF (Location Confirmation), que contendrá información del terminal. Todos los gatekeeper que reciban el mensaje y no lo contengan como usuario registrado devolverán un mensaje de rechazo de localización LRJ (Location Reject).

- Admisiones y control de ancho de banda.

Estos mensajes se producen entre terminal y gatekeeper para proporcionar funciones de control de admisión y gestión del ancho de banda. Los gatekeepers autorizados acceden a la red H.323 mediante los mensajes de petición de admisión ARQ (Admission Request), especificando el ancho de banda de la llamada. El gatekeeper puede reducir el ancho de banda de llamada con el mensaje de confirmación de admisión ACF (Admission Confirm).

Los terminales o el gatekeepers pueden intentar modificar el ancho de banda durante la llamada con un mensaje de petición de ancho de banda BRQ (Bandwidth Change Request), con una aceptación (BCF, Bandwidth Confirm), o negación BRJ (Bandwidth Reject).

- Información de estado

Los gatekeepers también pueden obtener información de sus terminales, mediante mensajes de petición de información IRQ (Information Request), los

terminales envían un mensaje de respuesta IRR (Information Request Response).

2.3.1.3.2 Función de señalización de llamada

La función de señalización de llamada está basada en la recomendación H.225, que especifica el uso y soporte de mensajes de señalización Q.931/Q.932. Las llamadas son enviadas sobre TCP por el puerto 1720. Sobre este puerto se inician los mensajes de control de llamada Q.931 entre dos terminales para la conexión, mantenimiento y desconexión de llamadas.

Los mensajes más comunes de Q.931/Q.932 usados como mensajes de señalización H.323 son:

- Setup: Es enviado para iniciar una llamada H.323 para establecer una conexión con una entidad H.323. Entre la información que contiene el mensaje se encuentra la dirección IP, puerto y alias del llamante o la dirección IP y puerto del llamado.
- Call Proceeding: Enviado por el gatekeeper a un terminal advirtiéndolo del intento de establecer una llamada una vez analizado el número llamado.
- Alerting: Indica el inicio de la fase de generación de tono
- Connect: Indica el comienzo de la conexión
- Release Complete: Enviado por el terminal para iniciar la desconexión.
- Facility: Es un mensaje de la norma Q.932 usado como petición o reconocimiento de un servicio suplementario.

2.3.1.3.3 Función Control H.245

El canal de control H.245 es un conjunto de mensajes ASN.1 usados para el establecimiento y control de una llamada. Una de las características que se intercambian más relevantes son:

- Master - Slave Termination (MST). Este mensaje es usado para prevenir conflictos entre dos terminales que quieren iniciar la comunicación. Decide quien actuará de Master y quien de Slave. La relación se mantiene durante la duración de la llamada
- Terminal Capability Set (TCS). Mensaje de intercambio de capacidades soportadas por los terminales que intervienen en una llamada.
- Open Logical Channel (OLC). Mensaje para abrir el canal lógico de información. Contiene información para permitir la recepción y codificación de los datos y la información del tipo de datos que será transportado.
- Close Logical Channel (CLC). Mensaje para cerrar el canal lógico de información.

2.3.1.4 Ejemplo de una llamada H.323

Una llamada H.323 se caracteriza por las siguientes fases:

- Establecimiento de la Comunicación. El usuario que desea establecer la comunicación, envía un mensaje de SETUP, el remitente contesta con un mensaje de CallProceeding y Alerting indicando el inicio de establecimiento de la comunicación. Cuando el usuario descuelga el teléfono se envía un mensaje de connect.
- Negociación de los parámetros. En esta fase se abre una negociación mediante el protocolo H.245 (control de conferencia). El intercambio de los mensajes (petición y respuesta) entre los dos terminales, establece quien será master y quien slave, las capacidades de los participantes y códecs de audio y video. Como punto final de esta negociación se abre el canal de comunicación (direcciones IP, puerto).
- Comunicación. Los terminales inician la comunicación mediante el protocolo RTP/RTCP.
- Finalización de la llamada. Por último, cualquiera de los participantes activos en la comunicación puede iniciar el proceso de finalización de

llamadas mediante mensajes CloseLogicalChannel y EndSessionComand para indicar la finalización de ésta.

En la siguiente figura se indican cada una de estas fases:

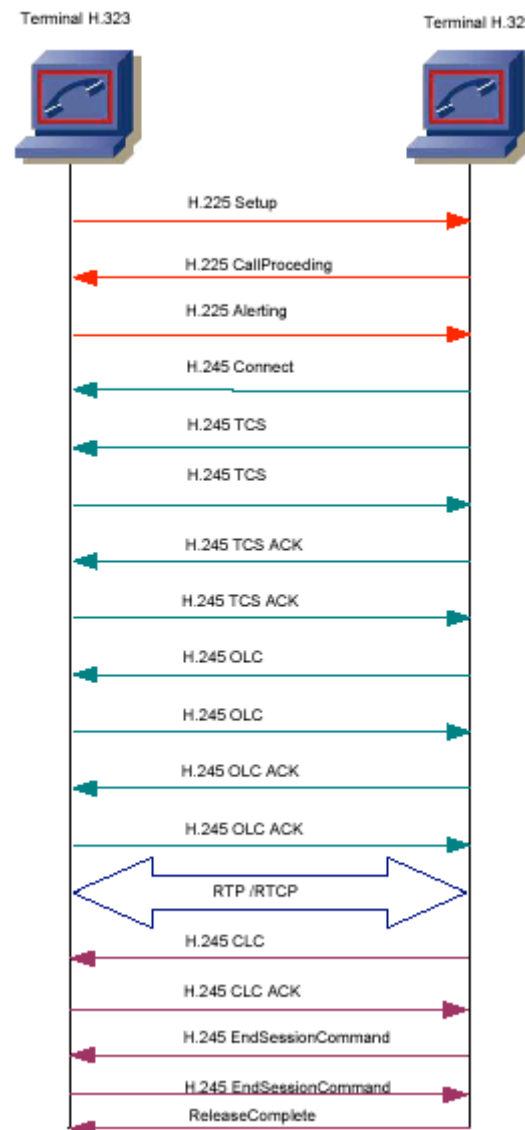


Figura 4. Ejemplo de llamada H.323

2.3.2 Protocolo de Inicio de Sesión SIP

El protocolo SIP (Session Initiation Protocol), fue desarrollado por el grupo MMUSIC (Multimedia Session Control) del IETF, definiendo una arquitectura de señalización y control para VoIP. Inicialmente fue publicado en febrero de 1996 en la RFC 2543, ahora obsoleta con la publicación de la nueva versión RFC 3261 que se publicó en junio de 2002. [9]

El propósito de SIP es la comunicación entre dispositivos multimedia. SIP hace posible la comunicación gracias a dos protocolos que son RTP / RTCP y SDP. El protocolo RTP se usa para transportar los datos de voz en tiempo real, mientras que el SDP se usa para la negociación de las capacidades de los participantes, tipo de codificación, etc.

SIP es un protocolo de señalización a nivel de aplicación para establecimiento y gestión de sesiones con múltiples participantes. Se basa en mensajes de petición y respuesta y reutiliza muchos conceptos de estándares anteriores como HTTP y SMTP.

2.3.2.1 Componentes SIP

SIP soporta funcionalidades para el establecimiento y finalización de las sesiones multimedia: localización, disponibilidad, utilización de recursos, y características de negociación.

Para implementar estas funcionalidades, existen varios componentes distintos en SIP. Existen dos elementos fundamentales, los Agentes de Usuarios (UA), y los servidores.

2.3.2.1.1 User Agent (UA).

Consisten en dos partes distintas, el User Agent Client (UAC), y el User Agent Server (UAS). Un UAC es una entidad lógica que genera peticiones SIP y recibe respuestas a esas peticiones. Un UAS es una entidad lógica que genera respuestas a las peticiones SIP. Ambos se encuentran en todos los agentes de usuario, así permiten la comunicación entre diferentes agentes de usuario mediante comunicaciones de tipo cliente – servidor.

2.3.2.1.2 Tipos de Servidores SIP

- Proxy Server: retransmiten solicitudes y deciden a qué otro servidor deben remitir, alterando los casos de la solicitud en caso necesario. Es una entidad intermedia que actúa como cliente y servidor con el propósito de establecer llamadas entre los usuarios. Este servidor tiene una funcionalidad semejante a la de un Proxy HTTP que tiene la tarea de encaminar las peticiones que recibe de otras entidades más próximas al destinatario. Existen dos tipos de Proxy Servers: Statefull Proxy y Stateless Proxy.
 - Statefull Proxy: mantienen el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones. Permite división de una petición en varias (forking), con la finalidad de la localización en paralelo de la llamada y obtener la mejor respuesta para enviarla al usuario que realizó la llamada.
 - Stateless Proxy: no mantienen el estado de las transacciones durante el procesamiento de las peticiones, únicamente reenvían mensajes.
- Registrar Server: es un servidor que acepta peticiones de registro de los usuarios y guarda la información de estas peticiones para suministrar un servicio de localización y traducción de direcciones en el dominio que controla.

- **Redirect Server:** es un servidor que genera respuestas de redirección a las peticiones que recibe. Este servidor reencamina a las peticiones hacia el próximo servidor.

La división de estos servidores es conceptual, cualquiera de ellos puede estar físicamente en una máquina; la división de éstos puede ser por motivos de escalabilidad y rendimiento.

2.3.2.2 Mensajes SIP

SIP es un protocolo textual que usa una semántica semejante a la del protocolo HTTP. Los UAC realizan las peticiones y los UAS retornan respuestas a las peticiones de los clientes.

SIP define la comunicación a través de dos tipos de mensajes. Las solicitudes (métodos), y las respuestas (códigos de estado), emplean el formato de mensaje genérico establecido en el RFC 2822, que consiste en una línea inicial seguida de uno o más campos de cabecera (headers), una línea vacía que indica el final de las cabecera, y por último el cuerpo del mensaje que es opcional.

2.3.2.2.1 Métodos SIP

Las peticiones SIP son caracterizadas por la línea inicial del mensaje, llamada Request-Line, que contiene el nombre del método, el identificador del destinatario de la petición (Request -URI), y la versión del protocolo SIP. Existen seis métodos básicos SIP (definidos en RFC 2543), que describen las peticiones de los clientes:

- **INVITE:** Permite invitar un usuario o servicio para participar en una sesión o para modificar parámetros en una sesión ya existente.
- **ACK:** Confirma el establecimiento de una sesión
- **OPTION:** Solicita información sobre las capacidades de un servidor.
- **BYE:** Indica la terminación de una sesión.

- CANCEL: Cancela una petición pendiente.
- REGISTER: Registra el User Agent.

Sin embargo, existen otros métodos adicionales que pueden ser utilizados, publicados en otros RFCs como los métodos INFO, SUBSCRIBER, etc.

```

Internet Protocol, Src Addr: 192.168.0.197 (192.168.0.197), Dst Addr:
192.168.0.194 (192.168.0.194)
User Datagram Protocol, Src Port: 50481 (50481), Dst Port: 5060 (5060)
Session Initiation Protocol
Request-Line: REGISTER sip:192.168.0.194 SIP/2.0
Method: REGISTER
Resent Packet: False
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.197:5060;branch=z9hG4bK17f16179
From: sip:user02@192.168.0.194
SIP from address: sip:user02@192.168.0.194
To: sip:user02@192.168.0.194
SIP to address: sip:user02@192.168.0.194
Call-ID: 000f902b-45950002-23a60667-6009f4be@192.168.0.197
CSeq: 101 REGISTER
User-Agent: CSCO/7
Contact: <sip:user02@192.168.0.197:5060>
Content-Length: 0
Expires: 3600

```

Figura 5. Ejemplo de una petición SIP

2.3.2.2.2 Respuestas (Códigos de estado) SIP

Después de la recepción e interpretación del mensaje de solicitud SIP, el receptor del mismo, responde con un mensaje. Este mensaje es similar al anterior, difiriendo en la línea inicial, llamada Status – Line, que contiene la versión de SIP, el código de respuesta (Status - Code) y una pequeña descripción de la clase de la respuesta.

Tabla 3. Tabla de códigos respuesta

Código	Clases
1xx	Mensajes Provisionales
2xx	Respuestas de éxito
3xx	Respuestas de redirección
4xx	Respuestas de falla de método
5xx	Respuestas de falla de servidor
6xx	Respuestas de fallas globales

A continuación, se incluye un ejemplo de un código de respuesta

```

Internet Protocol, Src Addr: 192.168.0.194 (192.168.0.194), Dst Addr:
192.168.0.197 (192.168.0.197)
User Datagram Protocol, Src Port: 5060 (5060), Dst Port: 5060 (5060)
Session Initiation Protocol
Status-Line: SIP/2.0 200 OK
Status-Code: 200
Resent Packet: False
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 192.168.0.197:5060;branch=z9hG4bK17f16179
From: sip:user02@192.168.0.194
SIP from address: sip:user02@192.168.0.194
To:
sip:user02@192.168.0.194;tag=b27e1a1d33761e85846fc98f5f3a7e58.4e48
SIP to address: sip:user02@192.168.0.194
SIP tag: b27e1a1d33761e85846fc98f5f3a7e58.4e48
Call-ID: 000f902b-45950002-23a60667-6009f4be@192.168.0.197
CSeq: 101 REGISTER
Contact: <sip:user02@192.168.0.197:5060>;expires=3600
Server: Sip EXpress router (0.9.2 (i386/linux))
Content-Length: 0

```

Figura 6. Ejemplo de código de respuesta SIP

2.3.2.3 Cabecera SIP

Las cabeceras se utilizan para transportar información necesarias a las entidades SIP. A continuación, se detallan los campos:

- **Vía:** Indica el transporte usado para el envío e identifica la ruta del request, por ello cada Proxy añade una línea a este campo.
- **From:** Indica la dirección del origen de la petición.
- **Call-Id:** Identificador único para cada llamada y contiene la dirección del host. debe ser igual para todos los mensajes dentro de una transacción.
- **Cseq:** Se inicia con un número aleatorio e identifica de forma secuencial cada petición.
- **Contact:** Contiene una o más direcciones que pueden ser usadas para contactar con el usuario.

2.3.2.4 Direccionamiento SIP

Una de las funciones de los servidores SIP es la localización de los usuarios y resolución de nombres. Normalmente, el agente de usuario no conoce la dirección IP del destinatario de la llamada, sino su e-mail.

Las entidades SIP identifican a un usuario con la SIP URI (Uniform Resource Identifiers) definido en el RFC 2396. Una SIP URI tiene un formato similar al del e-mail, consta de un usuario y un dominio delimitado por una @, como muestra los siguientes casos:

- usuario@dominio, donde dominio es un nombre de dominio completo.
- usuario@equipo, donde equipo es el nombre de la máquina.
- usuario@dirección_ip, donde dirección_ip es la dirección IP del dispositivo
- número_teléfono@gateway, donde el gateway permite acceder al número de teléfono a través de la red telefónica pública

La solución de identificación de SIP, también puede ser basada en el DNS descrito en el RFC 3263, donde se describen los procedimientos DNS utilizados por los clientes para traducir una SIP URI en una dirección IP, puerta y protocolo de transporte utilizado, o por los servidores para retornar una respuesta al cliente en caso de que la petición falle.

2.3.2.5 Descripción de SDP

El protocolo SDP (Session Description Protocol, RFC 2327), se utiliza para describir sesiones multicast en tiempo real, siendo útil para invitaciones, anuncios, y cualquier otra forma de inicio de sesiones.

La propuesta original de SDP fue diseñada para anunciar información necesaria para los participantes y para aplicaciones de multicast MBONE (Multicast

Backbone). Actualmente, su uso está extendido para el anuncio y la negociación de las capacidades de una sesión multimedia en internet.

Puesto que SDP es un protocolo de descripción, los mensajes SDP se pueden transportar mediante distintos protocolos, con SIP, SAP, RTSP, correo electrónico con aplicaciones MIME o protocolos como HTTP.

Como el SIP, el SDP utiliza la codificación del texto. Un mensaje del SDP se compone de una serie de líneas, denominados campos, donde los nombres son abreviados por una sola letra, y está en una orden requerida para simplificar el análisis. El SDP no fue diseñado para ser fácilmente extensible. La única manera de ampliar o agregar nuevas capacidades al SDP es definir un nuevo atributo. Sin embargo, los atributos desconocidos pueden ser ignorados.

2.3.2.6 Ejemplo de llamadas SIP

A continuación se analizará detalladamente una llamada. En una llamada SIP hay varias transacciones. Una transacción SIP se realiza mediante un intercambio de mensajes entre un cliente y un servidor. Consta de varias peticiones y respuestas y para agruparlas en la misma transacción está el parámetro CSeq. En la figura 7 se muestran cuatro transacciones:

Las dos primeras transacciones corresponden al registro de los usuarios. Los usuarios deben registrarse para poder ser encontrados por otros usuarios. En este caso, los terminales envían una petición REGISTER, donde los campos “from” y “to” corresponden al usuario registrado. El servidor Proxy, que actúa como Register, consulta si el usuario puede ser autenticado y envía un mensaje de OK en caso positivo.

La siguiente transacción corresponde a un establecimiento de sesión. Esta sesión consiste en una petición INVITE del usuario a Proxy. Inmediatamente, el Proxy envía un TRYING 100 para parar las retransmisiones y reenvía la petición al usuario B. el usuario B envía un RIGYING 180 cuando el teléfono empieza a

sonar y también es reenviado por el Proxy hacia el usuario A. por último, el OK 200 corresponde a aceptar la llamada (el usuario B descuelga).

En este momento la llamada está establecida, pasa a funcionar el protocolo de transporte RTP con los parámetros (puertos, direcciones, códecs, etc.), establecidos en la negociación mediante el protocolo SDP.

La última transacción corresponde a una finalización de sesión. Esta finalización se lleva a cabo con una única petición BYE enviada al Proxy, y posteriormente reenviada al usuario B. este usuario contesta con un OK 200 para confirmar que se ha recibido el mensaje final correctamente.

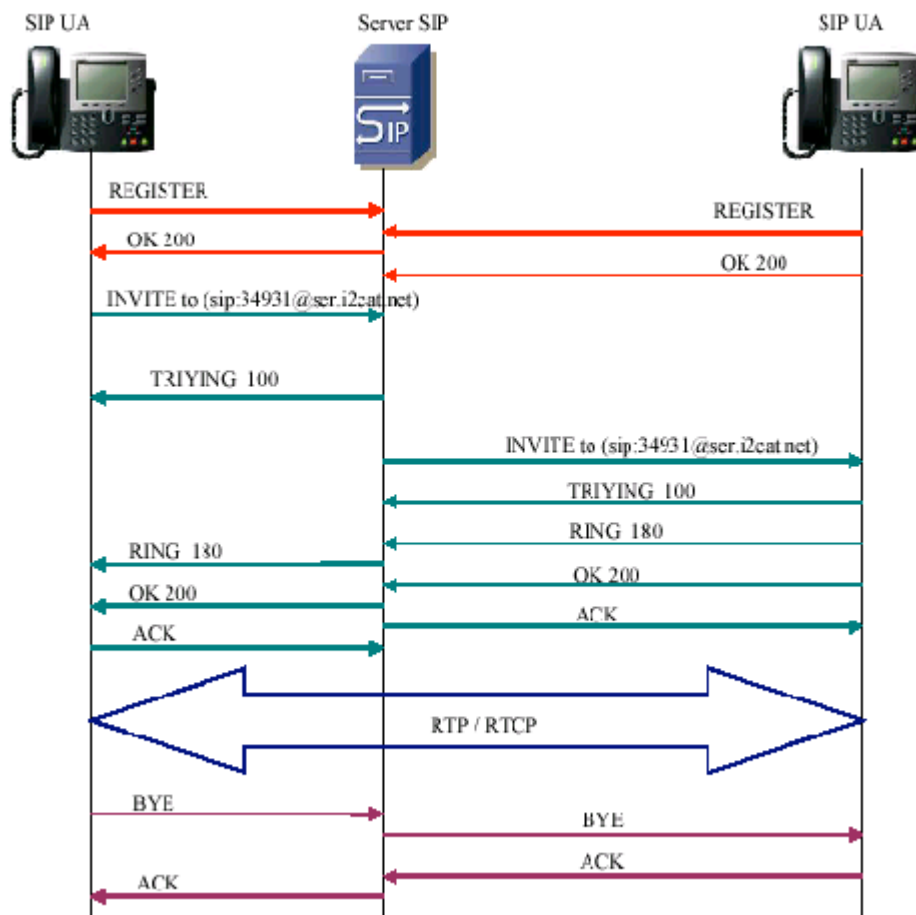


Figura 7. Ejemplo de una llamada SIP a SIP.

2.4 Comparación entre SIP y H.323

El protocolo SIP presume de tener algunas ventajas sobre H.323, entre las más importantes:

- Configuración de la llamada más rápida y menos compleja
- Implementación parecida a HTTP con una arquitectura modular que contiene funciones que residen en protocolos separados.
- La implementación de SIP es “sin estado”, lo que significa que los servidores no necesitan mantener el estado de la llamada.

Otra de las ventajas de SIP es que fue creado por el IETF, teniendo internet presente, y H.323 fue diseñado para ATM e ISDN. Sin embargo, y a pesar de muchas otras ventajas de SIP, la ventaja de H.323 es que tiene un pedazo mucho más grande en el mercado actual.

Tabla 4. Comparación entre SIP y H.323

H323	SIP
Protocolo Complejo	Comparativamente simple
Representación binaria para los mensajes	Representación Textual
Requiere compatibilidad hacia atrás completa.	No requiere compatibilidad hacia atrás completa
No es muy Modular	Es muy modular
No es muy escalable	Es escalable
Señalización compleja	Señalización simple
Gran mayoría en el mercado	Creado por el IETF
Centenares de elementos	Solamente 37 cabeceras
La detección del lazo es dificultosa	La detección del lazo es comparablemente fácil.

CAPITULO III

ANALISIS DEL AMBIENTE TÉCNICO EXISTENTE

El desarrollo de la investigación para llevar a cabo este proyecto, se realizó según la metodología planteada en el capítulo I, que consta de cuatro fases principales: Estudios preliminares (desarrollada en el capítulo II), análisis de la tecnología actual, estudio de la viabilidad técnica y estudio económico.

3.1 Análisis de la tecnología actual

Para alcanzar los objetivos de esta fase fue necesario realizar el levantamiento de información concerniente al ambiente técnico existente en el SENIAT, explicada a continuación.

3.1.1 Ambiente Técnico Actual

La red corporativa del SENIAT está dividida según su estructura organizativa en nueve (9) regiones, las cuales están conformadas por sedes operativas de Regiones de Tributos Internos (RTI), Sectores de Tributos Internos (STI), Unidades de Tributos Internos (UTI), Aduanas Principales (AP), y Aduanas Subalternas (AS). Estas nueve regiones están distribuidas a lo largo del territorio nacional, tal como se muestra en la figura 8, y se denominan de la misma forma que la ubicación geográfica, es decir, Región Capital, Región Central, Región Centro Occidental, Región los Andes, Región Zuliana, Región los Llanos, Región Guayana, Región Nor - Oriental y Región Insular



Figura 8. Mapa Regional de Tributos Internos

Los servicios de voz y datos son asignados a cada nodo según su jerarquía dentro de cada región y su interés tributario el cual, es determinado por los porcentajes de recaudación y requerimientos de la gerencia. Estos niveles jerárquicos se encuentran especificados en el diagrama de la figura 9.

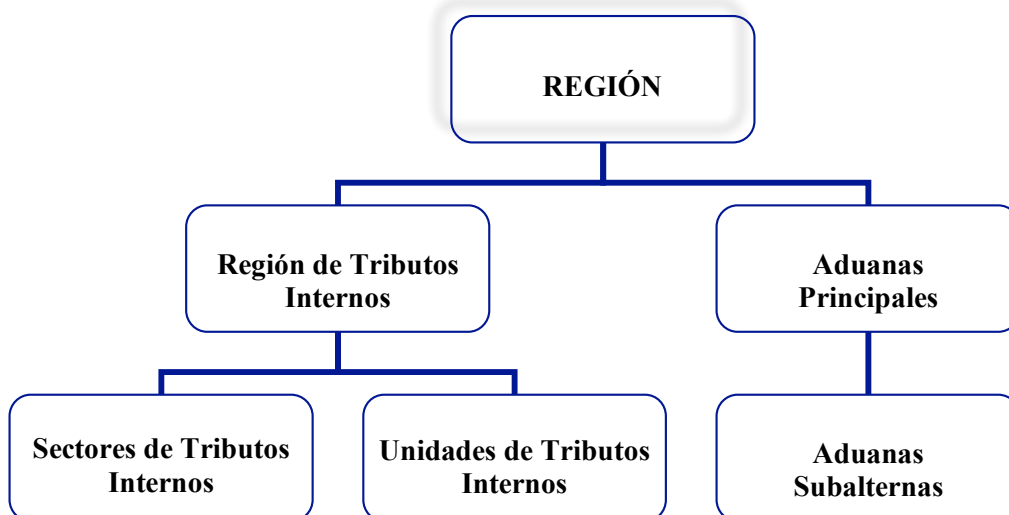


Figura 9. Estructura Organizativa dentro de cada Región

Es importante destacar, que los nodos principales y secundarios de la red corporativa del SENIAT también están definidos tomando en cuenta esta estructura; es decir, los nodos principales son las Regiones de Tributos Internos y las Aduanas principales, pertenecientes al primer nivel del organigrama. Los nodos secundarios están conformados por los Sectores de Tributos Internos, las Unidades de Tributos Internos y las Aduanas Subalternas.

3.1.2 Diseño de la plataforma actual de telefonía del SENIAT

Actualmente la Institución tiene una capacidad instalada de 20 centrales telefónicas privadas (PBX's) de marca Siemens modelo Hipath 3000 y 4000, distribuidas en las diferentes sedes de aduanas principales y regiones de tributos internos, lo que corresponde a un total 4584 extensiones instaladas. Por otro lado tiene una capacidad de crecimiento de 7216 extensiones, para dar servicio a nuevos funcionarios o aplicaciones en estas sedes donde se encuentran las centrales telefónicas. Del total de extensiones telefónicas existente se tienen 3856 extensiones analógicas y 728 extensiones digitales y 30 extensiones IP.

Las comunicaciones de voz en el SENIAT son cursadas a través de un plan de numeración abierto, además de poseer troncales e interfaces E1 que se rigen completamente por la normativa G.703 y G.704 empleada por todos los operadores del país.

Todas estas sedes están interconectadas entre si por una red LAN implementada sobre una plataforma de transporte basada en equipos de enrutamiento de datos de marca Cisco.

En la tabla 5 se puede observar la ubicación de las centrales telefónicas que tiene el SENIAT, además, se especifica el número de puertos digitales, analógicos y la capacidad de la misma. Es importante destacar que la sede Mata de Coco es la única que cuenta con una capacidad de 30 extensiones IP que no están especificadas en la tabla. Además de las centrales especificadas, existen cuatro sedes que tienen instaladas centrales Avaya Definity, estas sedes son: Aduana Principal de Puerto Cabello, Aduana de Puerto Ordáz Kira, Contribuyentes Especiales Plaza Venezuela y Torre Carriles.

Tomando en consideración los datos de la tabla 5 las centrales instaladas ofrecen gran capacidad de escalabilidad, es decir, cuentan con suficientes extensiones para dar servicios de voz a nuevos funcionarios en cada una de las sedes.

En cuanto al dimensionamiento del sistema cada uno de los nodos posee capacidad para troncales E1 CAS, analógicas y digitales. El número de troncales fue definido por un estudio previo de tráfico considerando 0.20 Erlangs por extensión.

Tabla 5: Ubicación y Capacidad de PBX's existentes en el SENIAT

UBICACIÓN	MODELO	CAPACIDAD AD	EXTENSIONES	
			Digitales	Analógicas
Mata de Coco	Hipath 4500	1500	120	720
Centro Libertador	Hipath 3750	500	32	192
R.T.I. Zuliana	Hipath 4300	1000	24	200
Torre Gamma	Hipath 4500	1500	48	552
A.P. Marítima de la Guaira	Hipath 4500	500	24	168
A.P. Aérea de Maiquetía	Hipath 3750	500	32	160
R.T.I. Centro Occidental	Hipath 4300	1000	32	328
A.P. Centro Occidental	Hipath 3750	300	32	64
A.P. Las Piedras	Hipath 3750	300	32	64
A.P. de Maracaibo	Hipath 3750	300	32	72
S.T.I Guarenas	Hipath 3750	300	32	88
R.T.I Insular	Hipath 3750	300	32	144
A.P. Guanta	Hipath 3750	300	32	72
R.T.I Nor-Oriental	Hipath 4300	1000	32	312
R.T.I. San Cristóbal	Hipath 4300	300	32	168
A.P. San Antonio del Táchira	Hipath 3750	300	32	48
R.T.I Ciudad Bolívar	Hipath 3750	300	32	72
R.T.I Central	Hipath 4300	1000	32	336
A.P. Aérea de Valencia	Hipath 3750	300	32	96
A.P. Ciudad Guayana	Hipath 3750	300	32	72

3.1.3 Estructura y comportamiento de las centrales digitales existentes

Tomando en consideración la red anteriormente mencionada y teniendo en cuenta las capacidades de puertos en cada nodo, se tiene una plataforma convergente que puede emplear la tecnología IP como medio de transporte de servicios de voz. Los servidores de voz Hipath 4000 y 3000 fueron seleccionados para permitir una conexión eficiente con las redes públicas tales como CANTV, proporcionar una gran gama de soluciones y aplicaciones de alto valor agregado para los usuarios de la red tales como mensajería unificada, comunicaciones móviles inalámbricas, call/contact center y transporte de servicios ISDN sobre la red telefónica.

3.1.3.1 Servidor de Comunicaciones Hipath 4000

El servidor de comunicaciones Hipath 4000 es un sistema de conmutación de voz de arquitectura modular, escalable y con amplias opciones de conectividad, con capacidad de crecimiento de hasta 1392 puertos para el modelo 4300 y 5760 puertos para el modelo 4500. Hipath 4000 y sus soluciones IP y ATM ofrecen conexiones de extremo a extremo, que integran las aplicaciones de voz, datos, fax e imágenes en redes basadas en IP y ATM. Tiene capacidad de migración de la conmutación de voz a las soluciones de interconexión integradas, que hacen posible la convergencia de voz y datos, tecnologías aplicadas y prestaciones que aportan considerables ahorros de costos.

3.1.3.2 Servidor de Comunicaciones Hipath 3000

El servidor de comunicaciones Hipath 3000 versión 4.0 atiende las necesidades orientadas a satisfacer requerimientos a mediana y altas capacidades. Las centrales instaladas en el SENIAT satisfacen los requerimientos de las sedes que tienen menos de 500 puertos. Estos servidores de voz son de última tecnología digital y

proporcionan todas las interfaces digitales y analógicas con las cuales cuenta la familia Hipath 4000

El servidor de voz Hipath 3000 puede ser instalado stand – alone o puede estar enlazado en red a través de múltiples protocolos estándar que maneja con sistemas de otros fabricantes (enlaces CAS o canal común – QSIG-) Hipath 3000 puede integrar redes homogéneas con máxima transferencia de facilidades con otros servidores Hipath 3000 o 4000, bien sea a través de la tradicional plataforma TDM y/o a través de la plataforma convergente IP.

3.1.4. Diseño de la Plataforma actual para el manejo de Datos

La red WAN del SENIAT está diseñada con una topología tipo estrella, y consta de nodos principales y secundarios tal como se señala en el punto 3.1.1 de este capítulo, los nodos principales están conformados por las sedes de regiones de tributos internos y aduanas principales, siendo el nodo central la sede Normativa de Mata de Coco. Los nodos secundarios los constituyen los sectores, unidades de tributos internos y las aduanas subalternas.

Actualmente las sedes del SENIAT se encuentran interconectadas aproximadamente en un 90% con un ancho de banda que varía según el interés tributario y la cantidad de nodos que concentran.

Dependiendo de la demanda de interconexión de cada sede del SENIAT el diseño de los enlaces está constituido por enlaces de fibra óptica conectados al anillo Metro Ethernet del proveedor EQUANT; cada enlace opera a 10 Mbps con capacidad de crecimiento de a 100 Mbps.

De igual forma se tienen enlaces digitales dedicados, que permiten la interconexión digital de las sedes Regionales y Aduanas Principales que así lo requieran. Este servicio utiliza la tecnología de Multiplexación de Datos (TDM),

con canales de datos que oscilan entre 64 Kbps y 2048 Kbps e interfaces físicas V.35. Permite canales de voz comprimidos a 32 Kbps, 16 Kbps y 8 Kbps para la interconexión de centrales telefónicas a través de canales E&M; canales comprimidos a 32 Kbps, 16 Kbps y 8 Kbps para extensiones remotas FXS, FXO, y tiene capacidad de envío y recepción de fax.

Así mismo se poseen enlaces Frame Relay, enlaces satelitales y de radio. Por lo general los enlaces son del tipo Frame Relay ya que la mayoría de las sedes están cubiertas por la red de CANTV; la velocidad de acceso oscila desde 64 Kbps hasta 2048 Kbps a través de circuitos virtuales permanentes, garantizando así el ancho de banda CIR.

Las localidades remotas y de difícil acceso fueron interconectadas a través de enlaces satelitales y de radio; y por ser la topología de red de datos tipo estrella, en el caso de los enlaces satelitales la transmisión de información se realiza entre las sedes remotas y el satélite con velocidades desde 64 Kbps hasta 128 Kbps. En el servicio satelital para la transmisión de voz se utiliza Acceso Múltiple por asignación según demanda (DAMA), de esta manera se permiten ahorros en el segmento espacial al poder comunicar dos estaciones remotas mediante un sólo salto de satélite.

La red de comunicaciones del SENIAT esta conformada por equipos Routers y Switches de marca Cisco. Los Routers son asignados a escala pequeña para las sedes remotas (modelo 1760), escala mediana para los nodos principales (modelo 3745) y escala mayor (modelo 7200) para la sede normativa de Mata de Coco.

3.1.5 Requerimientos del SENIAT

De acuerdo con lo planteado anteriormente, los servicios de voz están dados a las sedes de Regiones de Tributos Internos, Aduanas Principales y sectores que según su interés tributario y gerencial fueron dotados en la primera fase de modernización de la plataforma de telefonía del SENIAT; sin embargo, son muchas las sedes que no poseen servicios de telecomunicaciones que se adapten a las necesidades de los funcionarios para realizar sus actividades y proyectos exigidos en la institución; por consiguiente se plantea dar servicio a estas sedes de menor jerarquía y cantidad de funcionarios utilizando telefonía IP, y de esta manera reducir costos por servicios de voz en la institución.

Dentro del programa de ejecución del proyecto de modernización de la plataforma y tomando en cuenta este estudio de factibilidad, se contempla atender las áreas de menor concentración de funcionarios del SENIAT, es decir, sedes que poseen menos de setenta (70) funcionarios, exceptuando el Sector de Tributos Internos Maracay, Gerencia RTI los Llanos y sector Valles del Tuy (ver tabla 6), las cuales por razones de servicio o de disponibilidad presupuestaria no fueron incluidas en la primera fase de modernización de la plataforma de telefonía.

La solución propuesta, deberá permitir una evolución o migración gradual de la arquitectura desde un tipo TDM tradicional a una arquitectura IP, utilizando el protocolo de comunicación SIP, al mismo tiempo que se aprovecha el material existente sin interrumpir el servicio

Tabla 6. Distribución de Sedes contempladas en el proyecto de Telefonía IP

REGIÓN / ADUANA	SECTOR / UNIDAD	CANTIDAD DE FUNCIONARIOS
Capital	Sector Propatria	34
	Sector Río Chico	21
	Sector Altos Mirandinos	54
	Sector Valles del Tuy	76
	Unidad de la Guaira	26
Central	Sector Maracay	368
	Unidad la Victoria	35
	Unidad Puerto Cabello	25
	Unidad de Cagua	45
Los Llanos	RTI Los Llanos	142
Los Andes	Sector Trujillo	45
	Sector Barinas	48
	Sector Mérida	67
	Unidad el Vigía	30
Nor - Oriental	Unidad El Tigre	35
	Sector Maturín	37
	Sector Cumaná	59
	Sector Carúpano	21
Zuliana	Unidad Cabimas	42
	Unidad Ciudad Ojeda	43
Centro Occidental	Sector Coro	20
	Sector Punto Fijo	22
	Sector Acarigua	24
	Sector San Felipe	20
A.P. Santa Elena de Uairén		62
A.P. Puerto Sucre		60
A.S. Paraguachón		34
A.P. El Guamache		48
A.P. El Guamache sede Puerto Libre		50
A.S. El Yaque		20
A.P. Guiria		32
A.P. Puerto Ayacucho		46
A.P. Mérida		40
A. S. Barcelona		22
A.P. Maturín		26
A. S. La Chinita		25
A. S. Ureña		26
A.P. Punta de Piedras		20

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DE RED Y POSIBLES SOLUCIONES DE TELEFONÍA IP

Antes de recopilar las posibles soluciones de Telefonía IP y evaluarlas, es necesario establecer los criterios que permiten analizar técnicamente la factibilidad de la implantación de Telefonía IP en el SENIAT utilizando el protocolo de comunicación SIP. Para ello, se definieron los criterios necesarios que garantizan que la red del SENIAT está preparada para la implementación de esta tecnología utilizando este protocolo de comunicación, y además permite conocer los requisitos que deben cumplir las diferentes soluciones para adaptarse a las necesidades del SENIAT.

IV.I CRITERIOS PARA EVALUAR LA FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN

Cuando realiza un estudio de factibilidad técnica para decidir la implantación de Telefonía IP, es indispensable definir los criterios y requisitos necesarios para garantizar el éxito del proyecto.

Este estudio de factibilidad partió de un análisis a profundidad de la infraestructura ya existente, realizada en el capítulo III, para de esta manera, conocer el diagnóstico de la red y determinar la factibilidad de la implantación de esta tecnología sobre las actuales comunicaciones de datos.

4.1.1 Ancho de Banda

El primer tema de vital importancia a la hora de diseñar un sistema de telefonía IP son los imperativos del ancho de banda. Al implementar telefonía IP se debe proveer un ahorro en ancho de banda con el fin de optimizar el uso de las redes de comunicación, y de esta manera, evitar interrupciones de servicios por congestiónamiento de la red.

La red de datos del SENIAT cuenta con políticas de calidad de servicio implementadas en los routers que permiten reservar el ancho de banda necesario para las aplicaciones de telefonía IP. Sin embargo, el dimensionamiento del sistema determinará si es necesario ampliar el ancho de banda en las diferentes sedes para no degradar el servicio.

4.1.2 Calidad de Servicio

Una de las principales dificultades de la telefonía IP es lograr una calidad de servicio similar a la que están acostumbrados los usuarios de las redes telefónicas tradicionales. Esta dificultad surge, por un lado, de las consideraciones técnicas específicas de la transferencia de datos en el modo de las redes IP y, por otro lado, de las consideraciones relacionadas con la organización y el modo de prestación del servicio por las redes de datos en general y por la red IP en particular.

A través de este punto se evalúa la capacidad de la plataforma de transporte para soportar las políticas de calidad de servicio necesarias para asegurar el buen funcionamiento de la red al implementar Telefonía IP.

La infraestructura de la red de datos del SENIAT posee los niveles de calidad de servicios requeridos para la implantación de TIP. La mayoría de los Switch tienen puertos con velocidades de 10/100 Mbps y con comunicación Full-duplex. Así mismo permiten priorizar la voz a nivel 2 (802.1p/Q), y permiten la utilización de VLAN. De igual forma los Routers existentes en la red, marca Cisco modelos 1760, 3725, 3745, 7200, soportan VoIP y los protocolos de calidad de servicio QoS: 802.1p/Q a nivel 2 o DiffServ a nivel 3.

4.1.3 Interoperabilidad

Para permitir la integración de las nuevas centrales telefónicas IP, la red de datos y de voz del SENIAT ofrecen opciones de conectividad que soportan protocolos de señalización estandarizados como QSIG y R2 y Q.931 (ISDN); es decir, la plataforma existente admite interoperabilidad con sistemas o dispositivos de diferentes fabricantes.

En cuanto a los protocolos soportados para estándares de VoIP, las centrales Siemens actualmente sólo soportan comunicaciones H.323, sin embargo, es totalmente factible la migración a las comunicaciones SIP a través de los RFC mencionados a continuación: RFC 2327 (SDP: Session Description Protocol), RFC 2679 (A One-way Delay Metric for IPPM), RFC 3261 (SIP: Session Initiation Protocol), RFC 3262 (Reliability of Provisional Responses in the Session Initiation Protocol (SIP)), RFC 3264 (An Offer/Answer Model with the Session Description Protocol (SDP)), RFC 3515 (The Session Initiation Protocol (SIP) Refer Method) y RFC 3311 (The Session Initiation Protocol (SIP) UPDATE Method).

4.1.4 Dimensionamiento

La red de datos y voz actualmente existente deben tener capacidad para soportar el tráfico telefónico cursado entre las diferentes sedes y la capacidad de troncales necesarias para enrutar las llamadas hacia la red de telefonía pública.

Con un sistema bien dimensionado, se puede lograr alta confiabilidad y poca probabilidad de falla en las comunicaciones. Sin embargo, es de suma importancia dimensionar y programar el sistema de manera tal que las comunicaciones de voz puedan ser cursadas tanto por la red de datos como por la red pública conmutada; de esta manera, la confiabilidad del sistema se igualaría a la de las redes telefónicas tradicionales.

Con esta duplicidad de servicios, las comunicaciones de voz que por razones de tráfico en la red de datos no se completan, desbordaran por la red pública conmutada.

La red del SENIAT es lo suficientemente escalable para permitir el crecimiento de la demanda de servicio de voz y datos sin tener que reestructurar la red por completo.

Los criterios analizados anteriormente, indican que la interoperabilidad y la calidad de servicios prestados por la red del SENIAT, son considerablemente eficientes para permitir la integración de Telefonía IP. En cuanto al ancho de banda y dimensionamiento, son parámetros que están fuertemente ligados e implican un cuidadoso estudio de tráfico y elección de códecs para no degradar los servicios prestados con esta tecnología.

IV .II RECOPIACIÓN DE LAS POSIBLES SOLUCIONES DE TELEFONÍA IP

Para continuar con las actividades propuestas, fue necesaria la consulta con diferentes proveedores de servicios tales como: Anew e-Business Distribution (distribuidores de Alcatel), CLAdirec (distribuidores de Epygi) y Siemens; además, la visita a las diferentes páginas web de otros fabricantes para de esta manera, recopilar las diferentes soluciones existentes en el mercado.

Como se ha mencionado a lo largo de este proyecto, la telefonía IP es una solución tecnológica que sirve para transmitir comunicaciones de voz sobre una red de datos con conexión a la red pública conmutada. Existen dos tipos de soluciones generales de telefonía IP: la solución híbrida y la solución puramente IP.

En el mercado, gran variedad de fabricantes ofrecen soluciones tanto híbridas como totalmente IP, sin embargo, la mayoría de estas soluciones son basadas en hardware. Las aplicaciones basadas en software implementan una central telefónica como si fuera una central de tipo hardware, en un servidor con las mismas funcionalidades de una PBX, y en su mayoría son aplicaciones basadas en software libre.

Las características y funcionalidades de cada una de estas soluciones, dependen principalmente del fabricante, sin embargo, luego de analizar los diferentes equipos que ofrecen cada uno de ellos, se pueden llegar a características comunes. De igual forma se analizan las diferentes ofertas y se comparan para determinar el costo – beneficio que representa cada de cada una de estas soluciones. Es

importante destacar que por razones de confidencialidad no se presentan los precios ofertados.

4.2.1 Soluciones Híbridas

Es la que permite integrar las soluciones de telefonía convencional con las de telefonía IP, permitiendo una solución escalable y manteniendo el equipamiento analógico existente. Pueden estar basadas en hardware o en software.

La arquitectura de softswitch utilizada por los fabricantes de hardware, proporciona inteligencia que controla los servicios de conexión para los media gateways, y/o puntos terminales IP nativos. Por lo general, tienen capacidad para seleccionar los procesos que pueden ser aplicados a una llamada y capacidad de transferir el control de la llamada a otro elemento de la red. Estas soluciones incluyen interfaces analógicas BRI, PRI, que representan la solución híbrida.

De igual forma, ofrecen una interfaz de usuario consistente, con las mismas funcionalidades de una PBX independientemente de la localización. Los servidores que manejan las aplicaciones de software son altamente escalables y en su mayoría controlan las acciones bajo Linux.

La mayoría de los equipos existentes en el mercado basados en esta tecnología, ofrecen gestión centralizada para cambios, movimientos, informes y adición de nuevos terminales.

Las PBX IP controlan el enrutamiento de llamadas en la red basado en la señalización y en la información de la base de datos del usuario y además hace de interfaz para dar soporte de gestión tales como: fallas, tarificación, provisionamiento, etc.

Poseen arquitectura de hardware modular que se adapta a las cantidades de

pequeñas, medianas y grandes capacidades de usuarios cada una con sus respectivos módulos de expansión para el posible crecimiento.

Por otro lado las soluciones híbridas basadas en software implementan un computador como servidor, en el cual integran todas las funcionalidades de un PBX IP basado en hardware, utilizando gateways para conectarse con los sistemas tradicionales y adaptadores de teléfonos analógicos.

El costo que implica una solución híbrida, depende del fabricante y valor agregado que posea la central; sin embargo, se obtiene el beneficio de implementar tecnología de punta, utilizando los recursos de hardware existentes y permite además migrar progresivamente a una solución netamente IP, sin afrontar mayores riesgos. La inversión realizada justifica su implementación debido a que los costos de las centrales IP se comparan con los de las centrales digitales actualmente existentes y cumple además con todas las funcionalidades y ventajas de la telefonía IP.

4.2.2 Soluciones IP Puras

En las soluciones IP puras, se opta por el cambio total de las comunicaciones de tradicionales de voz por la solución de telefonía IP, los aparatos telefónicos utilizados en su totalidad son IP, obteniendo los máximos beneficios de convergencia de comunicaciones sobre una única plataforma de red.

Su arquitectura presenta una infraestructura y un entorno diseñado específicamente para posibilitar el uso de redes convergentes, un entorno que transporta cualquier combinación de paquetes de voz, video y datos a través de los mismos enlaces y de los mismos dispositivos. La infraestructura de red incluye gateways para la conexión con la red de telefonía pública conmutada (PSTN), compatibilidad con teléfonos analógicos y un conjunto de procesadores de señales digitales. Puede admitir múltiples tipos de clientes, como teléfonos por hardware

IP, teléfonos por software y dispositivos de video. Por lo general, incluye las interfaces y características necesarias para integrar centralitas tradicionales, correo de voz y servicios de directorios.

En el mercado las soluciones IP puras, son lideradas por CISCO. Entre los productos típicos que se emplean para crear la infraestructura, se incluyen gateways de voz de Cisco, switches y routers Cisco y plataformas de procesamiento de llamadas. Esta plataforma por lo general está ubicada en un lugar específico dentro de la red y en cada sitio remoto se utilizan routers que proporcionan los servicios de telefonía.

Una solución IP pura, generaría altos costos de inversión, ya que, el mayor precio recae sobre los terminales telefónicos, que siguen siendo costosos en la actualidad, además no permite el uso de los teléfonos y fax ya existentes. Sin embargo, esta solución representa mayor capacidad de desarrollo.

CAPÍTULO V

SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA IP

Para apoyar la gestión y lineamientos planteados por la Gerencia General de Informática en la modernización de los servicios de voz y llegar a satisfacer la demanda actual en las diferentes sedes del SENIAT a nivel nacional, se requiere de la adquisición de 38 nuevas centrales telefónicas, para ser instaladas en las oficinas de Sectores, Unidades y Aduanas Principales y Subalternas que no cuentan con centrales telefónicas actualmente e interconectar las mismas con las PBX's existentes Marca Siemens, modelo Hipath 4000 a través de IP Trunking

Tomando en consideración la solicitud del SENIAT, fue necesario definir el tipo de solución, la arquitectura y el dimensionamiento del sistema para satisfacer los requerimientos del SENIAT planteados anteriormente. Por lo tanto, este capítulo se subdivide en cuatro puntos importantes: definición y características de la solución, dimensionamiento del sistema, pruebas realizadas de telefonía IP para verificar el buen funcionamiento de la solución propuesta y selección de los equipos y componentes asociados para la implementación.

5.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN

Actualmente, en el mercado existen gran variedad de equipos de diferentes fabricantes, que permiten dar solución de Telefonía IP a las empresas o Instituciones. Sin embargo, al definir la arquitectura que mejor se adapte a los requerimientos, se debe tomar en cuenta, las características y funcionalidades de los equipos, y por supuesto la preparación de la red para admitir tecnología de punta, de manera tal que se produzca el menor impacto técnico y económico posible.

Según el análisis realizado en el capítulo IV, es totalmente factible técnicamente la implementación de telefonía IP en el SENIAT a través del protocolo SIP; sin embargo, es preciso definir el tipo de solución deseada y establecer las características que se adapten a las necesidades de la Institución.

Aunque son numerosos y variados los puntos de vista y opiniones con respecto al tipo de solución a implantar, se seleccionó una solución híbrida. Una de las principales razones para optar por esta opción, es el factor económico.

Existe gran variedad de teléfono IP en el mercado de diversos fabricantes y con distintas funcionalidades; sin embargo, el precio de los mismos, aunque sea un modelo de teléfono IP muy básico, es mucho mayor al de un teléfono analógico común. Dada la magnitud del proyecto y la cantidad de funcionarios que están involucrados, la inversión que se debe realizar en una solución puramente IP es prácticamente el doble de la inversión realizada en una solución híbrida.

Por otro lado, al implementar una solución híbrida, se pueden seguir utilizando los equipos existentes, y entrar en el mundo de las comunicaciones basadas en tecnología IP añadiendo equipos nuevos gradualmente.

5.1.1 Arquitectura del Sistema

El objetivo del SENIAT en cuanto a arquitectura se refiere, es unificar las infraestructuras de red de voz y datos, para crear una plataforma de comunicaciones basada en estándares que interconecte los diferentes elementos de un sistema distribuido. Esta plataforma de comunicaciones deberá facilitar los enlaces necesarios para aplicar operaciones multimedia y corporativas mediante interfaces de estándar abierto compatible con los estándares tecnológicos IP y de Web más recientes.

Considerando lo señalado anteriormente, es necesario realizar un esquema de interconexión que optimice las comunicaciones dentro de la red utilizando los recursos ya existentes como los son: las PBX instaladas en los nodos principales y el esquema de interconexión entre los diferentes nodos (enlaces de comunicaciones).

Para definir la estructura de interconexión de las centrales que darán servicio a las 38 sedes es indispensable tener presente que el servidor de comunicaciones IP (PBX IP), debe estar compuesto por al menos dos elementos principales: Un servidor de Llamadas (Software del Sistema) y un Media Gateway en donde se encuentren todas las tarjetas de interfaz hacia la red pública e interfaces de extensiones analógicas. El protocolo elegido para realizar las comunicaciones es el Protocolo de Inicio de Sesión SIP.

De igual forma, se requiere un Gateway en algunos nodos principales (especificados más adelante), para que pueda interactuar con las centrales Hipath 4000. Este gateway debe soportar el protocolo SIP.

Utilizando la estructura de interconexión de todas las sedes del SENIAT, se ubicó cada una de las 38 sedes donde estará instalada la PBX IP y se observó hacia qué nodo principal estaba conectada cada sede; por ejemplo, las sedes STI Trujillo, STI Mérida y STI Barinas se interconectan con la Región de Tributos Internos San Cristóbal (Región los Andes), donde se encuentra instalada una central telefónica Siemens Haipath 4000. En esta sede debe existir un Gateway SIP que comunique el mundo Siemens con el mundo IP. Además las centrales Siemens estarán provistas de tarjetas IP trunking para comunicarse con todos los nodos principales de la red. De esta manera, las llamadas telefónicas entre sedes se podrán realizar a través de la red del SENIAT.

Las figuras 10 y 11 muestran un esquema general y uno específico de la solución, reflejando el ejemplo dado anteriormente. Además, En el Anexo I se encuentra el diseño de interconexión de cada una de las 38 sedes.

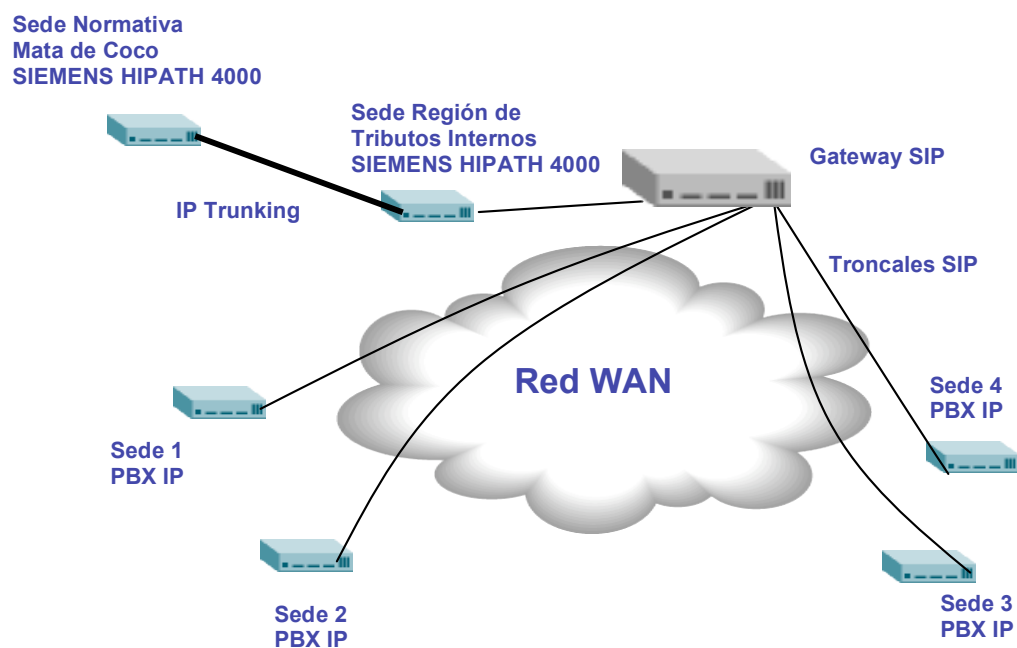


Figura 10. Esquema General de la Solución de Telefonía IP en el SENIAT

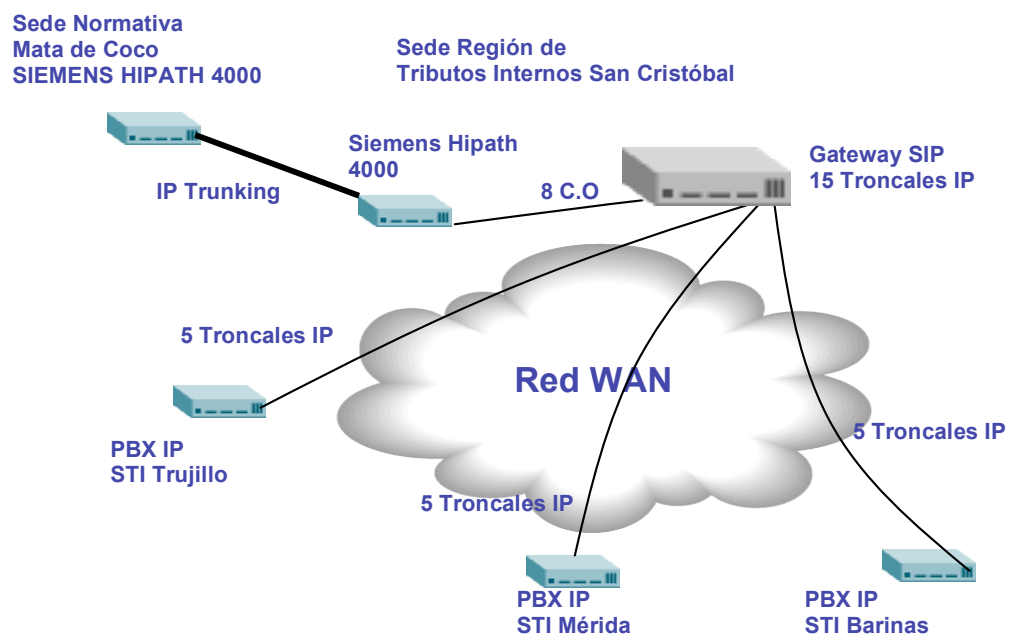


Figura 11. Interconexión de la Región los Andes

5.1.2 Características de los Equipos.

Las características técnicas que deben tener los equipos, son un punto importante que hay que definir, ya que existen gran cantidad de equipos y fabricantes que ofrecen diferentes funcionalidades, las cuales implican costos adicionales. A continuación se presentan las características que deben tener los equipos para que el sistema se integre correctamente a la red del SENIAT y cubra las necesidades requeridas. Es importante destacar que estas características son determinantes al momento de la adquisición de los equipos.

▪ Hardware

El Hardware de las PBX IP debe ofrecer una amplia flexibilidad y admitir configuraciones de arquitectura centralizada, de red de paquetes y de red de circuitos conmutados.

Además, como se explicó en el punto 3.1.5 el sistema debe permitir una evolución o migración gradual de su arquitectura desde un tipo TDM tradicional a una arquitectura IP, al mismo tiempo que se aprovecha el material existente, entre los terminales, sin interrumpir el servicio. En una arquitectura IP distribuida, deberán configurarse “Media Gateways” con recursos adecuados (es decir, códecs VoIP) para admitir el tráfico esperado procedente de los puntos finales no IP del sistema, inclusive los que provienen de: Estaciones analógicas, Trunking de red pública analógica (RTC), Trunking de red pública de tipo RDSI y E1 y enlaces directos analógicos y/o digitales automáticos PBX-PBX.

▪ Software

El control por software de las comunicaciones en tiempo real debe estar basado en un sistema operativo libre y abierto, pero garantizando estructuras de datos API entre otros para asegurar apertura integración y continuidad con otros sistemas. Este software de gestión de las comunicaciones o “servidor de comunicaciones”

debe ajustarse a la plataforma de “aplicación/servidor” estándar o, si se trata de una arquitectura de PBX tradicional, en una tarjeta CPU.

▪ **Seguridad**

El sistema debe ofrecer protección estándar para funciones de control de contraseñas, así como acceso al sistema mediante contraseña / archivo de contraseñas ocultas / contraseñas obsoletas. Además de esta norma básica, el sistema deberá incorporar estos otros aspectos de seguridad: Acceso controlado a la plataforma de gestión, acceso remoto seguro a través de la central de conmutación pública y acceso remoto a través de Internet o Intranet, para ello, el sistema propuesto debe admitir un motor de filtrado que controle los dispositivos IP y los servicios que tienen acceso al sistema.

▪ **Calidad de Servicio**

La voz se conmutará a través de la red IP y se intercambiará directamente de cliente a cliente. Las tramas de señal y voz deben marcarse (etiquetarse) para que se puedan reconocer y deberá clasificarlas la red. Los estándares de marcación admitidos serán:

- Nivel 2: IEEE 802.1p /Q
- Nivel 3: TOS / DiffServ

Si se conecta un PC a un teléfono IP, ésta deberá procesar las tramas transmitidas por el PC, etiquetadas o no, con transparencia.

▪ **Asignación de VLAN automática**

Aunque la voz y el tráfico de datos fluyen por VLAN diferentes, se deben gestionar simultáneamente debido a su distribución en una red, todo esto con el fin de que cuando se desplace una estación de usuario, puede realizarse la

activación IP para una conexión de voz VLAN distinta a la programada inicialmente en el terminal. En este caso, el sistema de telecomunicaciones debe estar en la capacidad de admitir un procedimiento basado en mecanismos estándares que asignen el número de VLAN correspondiente a clientes de la estación IP durante la inicialización de la estación IP.

▪ **Compatibilidad con SIP**

Esta solución debe permitir la integración de terminales SIP con otros terminales y líneas externas privadas o públicas utilizadas por la Institución. El software SIP debe poder ajustarse a la arquitectura normalizada y estar integrado en la gestión de comunicaciones en tiempo real para beneficiarse de los servicios duplicados. Los módulos SIP son: SIP Proxy, SIP Registrar y SIP Gateway.

El terminal SIP utilizará UDP o TCP para comunicarse. Los estándares admitidos deben atenerse a los siguientes RFC:

RFC 3261 Protocolo de inicio de sesión SIP (Session Initiation Protocol)

RFC 3262 Reliability of Provisional Responses

RFC 3264 An Offer/Answer Model with the Session Description Protocol (SDP)

RFC 3265 SIP – Specific Event Notification

Y también a los RFC en desarrollo (borradores), como:

- Transferencia:
 - draft-ietf-sip-refer-06.txt
 - draft-ietf-sip-replace-02.txt
 - draft-ietf-sip-cc-transfer-05.txt
- Mensaje en espera: draft-ietf-sipping-mwi-01.txt
- Draft-ietf-sip-session-timer-09

RFC 2833: datos de RTP útiles para números DTMF

▪ **Terminales Telefónicos**

▪ **Teléfonos Analógicos**

Los terminales analógicos actualmente en funcionamiento en SENIAT (teléfonos, módems, máquinas de fax, etc.) no deben tener pérdida de funcionalidad o prestaciones. El equipo habitual podrá responder a señales de marcación por pulsos o DTMF y reconocerá automáticamente el tipo de señal que se recibe.

▪ **Estaciones de Telefonía IP**

La estación de telefonía IP deberá ser una plataforma abierta que permita la integración de aplicaciones Web corporativas, externas, alojadas o de terceros mediante estándares como WAP, JAVA ó XML/SOAP. Deberá facilitar un conjunto de herramientas para personalizar sus comunicaciones según las demandas cotidianas específicas de trabajo, que puedan ajustarse a las necesidades concretas de la Institución, un grupo o un individuo. Los teléfonos IP SIP deberán admitir las siguientes prestaciones:

- Alimentación remota mediante el estándar 802.3af o alimentación local de 120 voltios.
- Puerto de PC
- Estándar VoIP: compatibilidad con el sistema de voz SIP, RTP, RTCP
- Protocolos de compresión de voz estándar: G711, G723.1, G729a
- QoS (interno a la estación y con prioridad para la señal de voz)
- Marcación de tramas con nivel de voz 2 802.3 p / Q y nivel 3 ToS / DiffServ
- Asignación fija o dinámica de la dirección IP mediante DHCP del SENIAT.
- 2 puertos 10/100 Ethernet switch (para tarjeta Ethernet PC / LAN)
- Multi líneas: 2 líneas simultáneas sobre IP

- Mensaje indicador de llamada
- Agenda
- Rango de memorias directas
- Visualización de la hora, duración de la llamada.
- Menú en varios idiomas
- Teclas acceso directo: Rellamada a los últimos números, agenda, mute, manos libres
- teclas de controles: volumen, menú y cancelación

▪ **Directorios**

El uso de la aplicación de directorio dentro del SENIAT debe ofrecer mejoras y facilidades a los usuarios de toda la Institución en la búsqueda/realización de llamadas a interlocutores internos/externos.

Para facilitar la integración y ampliación de esquemas, el directorio debe basarse en una aplicación líder en el mercado, y se actualizará en tiempo real para cada modificación telefónica. Esta aplicación permitirá:

- Importación y exportación en formato estándar LDIF
- Acceso a través de clientes dedicados y clientes LDAP V3 estándar

También se podrá acceder al servidor de directorios a través de un navegador comercial bajo el sistema operativo de software libre. En este caso, todas las aplicaciones están disponibles en el servidor Web de directorios sin restricción de ninguna función.

▪ **Administración del sistema**

El servidor de administración del sistema estará basado en las tecnologías más recientes, desarrolladas en software abierto.

Este servidor debe admitir un mínimo de cinco (5) clientes con derechos de acceso diferentes a las aplicaciones. El acceso al servidor también debe ser posible mediante un cliente ligero por la vía Web. El servidor de administración deberá soportar un paquete de herramientas administrativas integradas: Programación del sistema, control y asignación de costos de comunicaciones, recogida de datos de tráfico, directorio del SENIAT

El conjunto de estas aplicaciones debe ser interactivo. Por ejemplo, cualquier modificación de los datos telefónicos generará automáticamente un cambio en los datos telefónicos y viceversa, cualquier modificación de los parámetros de la estación de usuario generará una actualización en el directorio.

El servidor de administración debe poder situarse en cualquier lugar dentro de las instalaciones del SENIAT y los sistemas de comunicaciones deben poder acceder al mismo a través de una red IP ó PSTN.

▪ **Seguridad de acceso de administración**

El acceso a los servicios que ofrece el servidor de administración debe protegerse de la siguiente forma:

- Autenticación del servidor de administración
- Autenticación del usuario cliente

La autenticación del servidor y el cliente debe basarse en un nombre de usuario y una contraseña. Durante la fase de conexión, el sistema de comunicaciones por voz debe verificar la coherencia de tres elementos:

- Nombre del servidor de administración
- Contraseña del servidor de administración
- Nombre de usuario

Para garantizar que la conexión y los intercambios de información son seguros, el servidor de administración debe utilizar sftp y scp SSH/SSL para sesiones telnet. Además, debe utilizar mecanismos IPsec entre el servidor y los clientes de administración.

▪ **Comunicaciones Unificadas**

Debe permitir el uso de un paquete de software que utilice las últimas tecnologías y proporcione un conjunto completo de aplicaciones de comunicaciones unificadas basadas en IP. Estas aplicaciones permitirán a los usuarios personalizar, controlar y gestionar las llamadas, los mensajes, los directorios, las herramientas de colaboración y la información desde cualquier ubicación utilizando cualquier dispositivo y cualquier interfaz. Este sistema debe estar compuesto por los siguientes módulos:

- Módulo de mensajería unificada: aplicación de mensajería unificada VxML, que aproveche los servidores de correo y mensajería vocal existentes para gestionar las herramientas de comunicación diferida con un único buzón multimedia.
- Módulo de Softphone: Aplicación de telefonía para PC que admita un cliente Web integrado como herramienta para mejorar el flujo de comunicación en tiempo real con todos los tipos de dispositivos asociados: teléfonos analógicos, y móviles, así como VoIP (voz sobre protocolo de Internet).

▪ **Protocolos**

Para facilitar la integración de PBX en entornos heterogéneos, el protocolo de red privada utilizado deberá estar basado en el estándar QSIG. El protocolo de la red privada debe permitir: llamada básica QSIG, protocolo funcional genérico QSIG, identificación por nombre QSIG y sustitución de ruta.

- **Fuente de alimentación**

La fuente de alimentación del sistema estará equipada con un dispositivo para controlar los valores mínimos y máximos designados de la corriente continua suministrada. Cuando se alcance uno de estos umbrales, deberá interrumpirse automáticamente la energía suministrada al sistema de telecomunicaciones. Los dispositivos de control facilitarán el control automático y manual de la emisión y equilibrado, y volverán automáticamente a modo emisión cuando la batería se haya cargado al nivel requerido. El dimensionamiento del rectificador y de la fuente de alimentación será el apropiado para satisfacer los requisitos de potencia del sistema de telecomunicaciones en la capacidad de cableado designada y deberán poder recargar las baterías en 10 horas.

- **Baterías**

Las baterías de la fuente de alimentación serán de las que no necesitan mantenimiento. Se instalarán baterías para alimentar el sistema de telecomunicaciones automáticamente en caso de caída del suministro eléctrico o del rectificador. Este suministro eléctrico ininterrumpido mantendrá el sistema de telecomunicaciones a pleno tráfico durante un período mínimo de dos horas y un período máximo de cuatro horas.

- **Arquitectura de alimentación distribuida**

Para una red IP con una arquitectura distribuida en la que la alimentación de la Media Gateway está conectada directamente en el sector, debería integrarse un UPS para garantizar el funcionamiento de reserva durante como mínimo 10 minutos.

5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Debido a que las comunicaciones de voz y datos comparten el ancho de banda, es preciso limitar el que se ha asignado. El objetivo de esto es tener en cuenta la infraestructura IP subyacente con la finalidad de evitar congestiones en los enlaces WAN y mantener comunicaciones de voz de buena calidad.

La capacidad de extensiones de cada central telefónica IP fue establecida según la experiencia de crecimiento de usuarios en cada sede, y determinada por la gerencia. Esta cantidad de puertos se especifica en la tabla 7.

En una arquitectura IP distribuida con un Servidor de Comunicaciones que controla las estaciones IP y media gateways, se debe garantizar el funcionamiento mediante una instalación para emergencias. Si se cae la red IP, el enlace con el Servidor de Comunicaciones deberá recuperarse automáticamente mediante la red pública analógica o RDSI.

Para que se pueda cumplir esta funcionalidad en el sistema, fue indispensable realizar un estudio de tráfico en las 38 sedes.

Cabe advertir, que para el dimensionamiento de troncales se utilizaron las facturas digitales (HAF) suministradas por CANTV, debido a que en el SENIAT no se dispone de ninguna herramienta para medición de tráfico.

La Herramienta de Análisis de la Factura (HAF) es un servicio que CANTV ofrece a los clientes que cuentan con facturas sumarias para la centralización de la información de las facturas individuales de todos los servicios asociados a una misma cuenta.

HAF permite llevar el control de los servicios contratados, los cargos por estos servicios, consumos, impuestos, pagos, ajustes, contratos y descuentos, todo de una forma simple, fácil y con una herramienta altamente intuitiva que facilita la operación y reduce los costos asociados a esta actividad.

Adicionalmente estos controles pueden ser llevados por meses individuales o varios meses acumulados a la vez. Dicha información cuenta con los detalles suficientes provistos por una serie de menús, ventanas y una interfaz gráfica de usuario de fácil manejo.

La opción “gráficas de consumo” de esta factura, permitió obtener el consumo por día en cantidad de llamadas o en cantidad de minutos y realizar un histograma de la cantidad de llamadas diarias y la duración.

5.2.1 Procedimientos para el cálculo de Erlang

Tal como se explico anteriormente, utilizando la factura digital, se realizó un promedio del número de llamadas por día en un rango de seis meses (Marzo-Agosto), a continuación se presenta un ejemplo de cómo se calculó la cantidad de troncales para la sede Aduana Principal Guamache.

▪ Ejemplo de Cálculo de Troncales

La Aduana Principal el Guamache posee una cantidad de usuarios de 48 funcionarios. En el siguiente gráfico, se muestra el promedio del número de llamadas por día en un rango de seis meses; es importante resaltar que en el total del número de llamadas se encuentran tanto las llamadas entre sedes como las llamadas externas a la red del SENIAT.

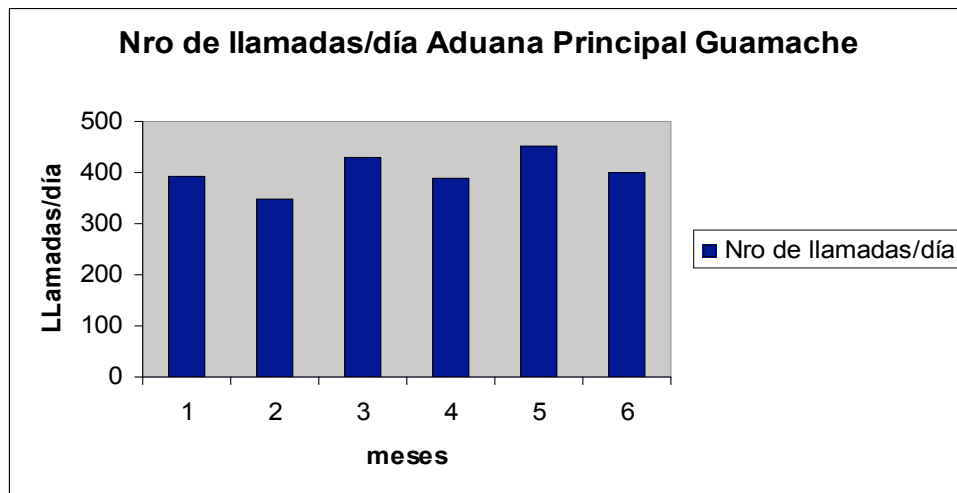


Gráfico 1. Número de llamadas por día de la Aduana Principal Guamache

Los resultados de las estadísticas realizadas arrojaron 428 llamadas / día, y una duración promedio por llamada de 2,57 minutos lo que da un total de 1104 minutos por día.

Si se asume las llamadas en hora pico como el 20% de las llamadas totales al día, se tiene que:

$$\text{Llamadas H-P} = 428 * 20\% = 85,6; \text{ H-P} = 85 \text{ llamadas.}$$

El número de llamadas por usuario en hora pico se calculó de la siguiente manera:

$$\text{H-P} = P\pi * \#usu \quad (1)$$

Donde:

H-P= Número de llamadas en hora pico

$P\pi$ = Número de llamadas por usuario en hora pico

$\#usu$ = Número de usuarios

Despejando $P\pi$ de la ecuación 1 y evaluando se tiene:

$$P\pi = \frac{H - P}{\#usu}; \quad P\pi = \frac{85 \text{ llamadas}}{48usu} = 1,7708 \quad (2)$$

Para el cálculo de Erlang se empleó la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\#usu * P\pi * Tm(seg)}{3600}; \quad A = 3,654 \text{ Erlang} \quad (3)$$

Donde A= Tráfico telefónico en Erlang

Una vez calculada la cantidad de Erlang, se procedió a calcular la cantidad de canales totales para el manejo de las comunicaciones, incluyendo las llamadas entre sedes. Para esto se utilizó la tabla de Erlang B y un grado de servicio del 2%.

En el caso particular de esta sede y utilizando los parámetros antes mencionados, se obtuvieron nueve troncales para comunicaciones salientes; sin embargo, no hay forma de saber el tráfico entrante por medio de la factura digital.

Para resolver este inconveniente, se realizó la medición de tráfico en la sede Torre Gamma y en la sede Normativa Mata de Coco, con la herramienta de medición de tráfico de la central Hipath 4000 y se realizó una comparación entre el tráfico entrante y saliente; obteniendo una cantidad similar entre tráfico entrante y tráfico saliente. De esta experiencia se realizó una extrapolación; por lo tanto se utilizó el mismo tráfico entrante y saliente para el dimensionamiento del sistema.

Con un tráfico de 3,654 Erlang entrante y 3,654 saliente, se necesitarían 18 troncales; sin embargo si se usan las troncales compartidas el tráfico a cursar es:

$$A_t = A_e + A_s \quad (4)$$

Donde:

A_t = Tráfico total

A_e = Tráfico entrante y A_s = Tráfico saliente

De esta manera se obtuvo un tráfico telefónico igual a:

$$A_t = A * 2; A_t = 7,308 \text{ Erlang}$$

Con este valor de Erlang se obtienen un total de 13 troncales.

Finalmente, calculado el número de troncales necesarias para satisfacer las comunicaciones, se deben diferenciar las troncales IP SIP de las troncales analógicas o E1.

Nuevamente se utilizó la facturación digital para determinar el número de llamadas simultáneas entre sedes; para este fin, se recurrió el reporte de “Tráfico Origen Destino”, con la finalidad de obtener información del volumen o cantidad de llamadas realizadas entre sedes del SENIAT. En el anexo II se presentan los resultados de los cálculos de troncales de las 38 localidades involucradas en el proyecto.

Una vez conocidas la cantidad de canales IP, fue necesario determinar la cantidad de ancho de banda que ocupa cada canal, para mantener el grado de servicio y una buena calidad de voz

Utilizando el algoritmo de compresión G 723.1 que establece un vocoder de comunicaciones multimedia a 6,3 y 5,3 Kbps, con un retardo de codificación de 37,5 ms, la señal se procesa en segmentos de voz de 30 ms, correspondientes a 240 muestras PCM y un ancho de banda de 12 Kbps / canal. Con éste algoritmo se obtiene buena calidad de voz según pruebas realizadas anteriormente en algunas instalaciones del SENIAT, proporcionando el ancho de banda mínimo necesario que debe estar reservado para las comunicaciones de VoIP; sin embargo para mayor flexibilidad de las comunicaciones y comparación se realizó también el cálculo del ancho de banda por medio del algoritmo de compresión G729.A (8 Kbps) con una longitud de paquetes de 30 bytes, un retardo de 20ms y un ancho de banda de 20 Kbps/canal.

Una vez fijado estos valores, se obtuvo el ancho de banda que debe ser reservado para las comunicaciones de voz a través de la red de datos VoIP. Este cálculo fue realizado a través de la siguiente ecuación (ver tabla 8):

$$A.B = AB/canal * \lambda; \quad (5)$$

Donde:

AB= Ancho de banda utilizado para VoIP

AB/Canal= Ancho de banda por cada canal de comunicación

λ = Número de Troncales IP

Para el dimensionamiento del Gateway SIP ubicado en los nodos principales, se sumó la cantidad de canales IP que convergen en el respectivo nodo. Por ejemplo en el caso de la Región de Tributos Internos San Cristóbal explicado anteriormente, convergen STI Mérida, STI Barinas y STI Trujillo con cinco troncales IP cada uno de ellos; por lo tanto, el Gateway SIP que se ubique en esta región debe tener capacidad para 15 Troncales SIP.

Luego de comparar el ancho de banda calculado para VoIP con el ancho de banda existente, se puede observar que el porcentaje de utilización de los canales de voz es muy alto, siendo en algunos casos mayores al 100% del ancho de banda existente; por lo tanto es necesario, para el buen desempeño de la red, aumentar el ancho de banda en cada una de las sedes.

Tabla 7. Dimensionamiento del Sistema

SECTOR / UNIDAD / ADUANA	CAPACIDAD DE EXTENSIONES	TRONCALES ANALÓGICAS	TRONCALES IP SIP
Sector Propatria	42	6	4
Sector Río Chico	32	4	4
Sector Altos Mirandinos	64	8	5
Sector Valles del Tuy	88	10	5
Unidad de la Guaira	36	4	5
Sector Maracay	408	60 (2 E1)	10
Unidad la Victoria	52	6	4
Unidad Puerto Cabello	36	4	4
Unidad de Cagua	64	8	5
RTI Los Llanos	184	30 (1 E1)	6
Sector Trujillo	64	8	5
Sector Barinas	64	8	5
Sector Mérida	88	10	5
Unidad el Vigía	40	6	4
Unidad El Tigre	52	6	4
Sector Maturín	52	8	4
Sector Cumaná	72	4	4
Sector Carúpano	32	8	5
Unidad Cabimas	64	8	5
Unidad Ciudad Ojeda	72	4	4
Sector Coro	32	4	4
Sector Punto Fijo	32	4	4
Sector Acarigua	32	4	4
Sector San Felipe	32	4	4
A.P. Santa Elena de Uairén	88	10	5
A.P. Puerto Sucre	96	10	8
A.S. Paraguachón	72	8	5
A.P. El Guamache	64	8	5
A.P. El Guamache sede Puerto Libre	64	8	5
A.S. El Yaque	32	4	4
A.P. Guiría	48	6	4
A.P. Puerto Ayacucho	64	8	5
A.P. Mérida	64	8	5
A. S. Barcelona	36	4	4
A.P. Maturín	36	4	4
A. S. La Chinita	36	4	4
A. S. Ureña	36	4	4
A.P. Punta de Piedras	32	4	4

Tabla 8 Recursos de ancho de banda reservados para Telefonía IP

SECTOR / UNIDAD / ADUANA	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)	A.B PARA VoIP (12 Kbps) (Kbps)	A.B. PARA VoIP (20 Kbps) (Kbps)
Sector Propatria	128	48	80
Sector Río Chico	128	48	80
Sector Altos Mirandinos	256	60	100
Sector Valles del Tuy	128	60	100
Unidad de la Guaira	128	60	100
Sector Maracay	128	120	200
Unidad la Victoria	64	48	80
Unidad Puerto Cabello	64	48	80
Unidad de Cagua	64	60	100
RTI Los Llanos	384	72	120
Sector Trujillo	128	60	100
Sector Barinas	128	60	100
Sector Mérida	128	60	100
Unidad el Vigía	64	48	80
Unidad El Tigre	128	48	80
Sector Maturín	64	48	80
Sector Cumaná	64	48	80
Sector Carúpano	128	60	100
Unidad Cabimas	128	60	100
Unidad Ciudad Ojeda	128	48	80
Sector Coro	64	48	80
Sector Punto Fijo	64	48	80
Sector Acarigua	64	48	80
Sector San Felipe	64	48	80
A.P. Santa Elena de Uairén	128	60	100
A.P. Puerto Sucre	192	96	160
A.S. Paraguachón	256	60	100
A.P. El Guamache	128	60	100
A.P. El Guamache sede Puerto Libre	128	60	100
A.S. El Yaque	128	48	80
A.P. Guiría	128	48	80
A.P. Puerto Ayacucho	128	60	100
A.P. Mérida	256	60	100
A. S. Barcelona	128	48	80
A.P. Maturín	128	48	80
A. S. La Chinita	256	48	80
A. S. Ureña	256	48	80
A.P. Punta de Piedras	128	48	80

5.3 PRUEBAS DE TELEFONÍA IP

Al momento de dimensionar una red basada en Telefonía IP, es conveniente conocer su comportamiento e integración a los sistemas ya existentes, para de esta manera determinar los factores críticos que impiden el buen desempeño de la solución. En el SENIAT se realizaron diversas pruebas para comprobar no sólo la calidad de voz, sino también las funcionalidades de una central telefónica IP híbrida, con características técnicas que se adaptan a las necesidades de la Institución.

Para realizar las diferentes pruebas se utilizó una central telefónica IP marca Epigy modelo Quadro 4x.

5.3.1 Información general de la central Quadro 4X

Quadro es un sistema avanzado que se puede utilizar como enrutador principal entre la red local y el Internet. Controla todas las funciones de voz y datos en un solo lugar. El Call Manager controla las funciones bajo Linux, mantiene el progreso de las llamadas y se comunica con los puertos FXS y FXO. También ejecuta las funciones de PBX y envía los datos de voz al procesador de señales (DSP), para procesar y comprimir estos. Finalmente, los datos pasan por el procesador principal donde se añaden los encabezados IP y a su vez se envían a la red WAN. Otras aplicaciones incluyen DHCP, PPP, NAT, RADIUS para tabular las llamadas, NTP para sincronización de tiempo, servidor HTTP, cliente SMTP para correo electrónico, Firewall extenso, sistema de detección de intrusos (IDS), servicio de DNS, agente de llamadas SIP y capacidad para establecer red privada virtual con la función VPN.

De igual forma, permite conectar hasta cuatro teléfonos normales o inalámbricos o equipos de fax. Efectuar y recibir llamadas sobre las líneas PSTN tradicionales o de voz sobre IP (VoIP) usando Internet.

La conexión WAN permite:

- Conexión de 10 Mbps a Internet a través de cualquier dispositivo de banda ancha o ruteador
- La interfase WAN se puede configurar para: IP estático, DHCP o PPPoE.
- Soporta DNS dinámico.
- Varios Codec's G.711, G.726, G.729, para seleccionar la compresión de la voz, ante restricciones del ancho de banda.
- Incluye Firewall, QoS (calidad de servicio) para voz, VPN, NAT, IDS y otras funcionalidades de red. No se precisa firewall o ruteador adicional.

La conexión Ethernet 10/100 Mbps facilita:

- Compartir Internet en múltiples computadoras de la LAN.
- Soportar NAT para la subred local.
- Asignar direcciones IP a través del DHCP server.
- Configurar el equipo con la GUI, merced al servidor HTTP/HTTPS.
- Redireccionar puertos y rutas estáticas.
- Establecer servicios como Web y servidor de correo.
- El puerto USB permite adicionar memoria para el correo de voz y da soporte a dispositivos futuros.

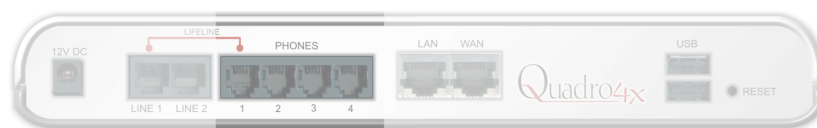


Figura 12: PBX IP modelo Quadro 4x

Después de conocer el funcionamiento y características de la PBX IP anteriormente mencionada se procedió a realizar las pruebas de telefonía utilizando varios escenarios de interconexión.

5.3.2 Configuración del Sistema

Luego de conocer las funcionalidades y operación de la central telefónica, se procedió a instalar la misma a la red, conectando el puerto LAN al switch LAN del SENIAT y el puerto WAN a una VLAN para el acceso a internet.

En el proceso de configuración, se utilizó la dirección IP que trae la central por default; de esta manera se ingresa por primera vez al panel de administración para efectuar las respectivas configuraciones y administración de la misma. En la figura 13 se observa la pantalla de acceso al panel de administración y configuración de la central.

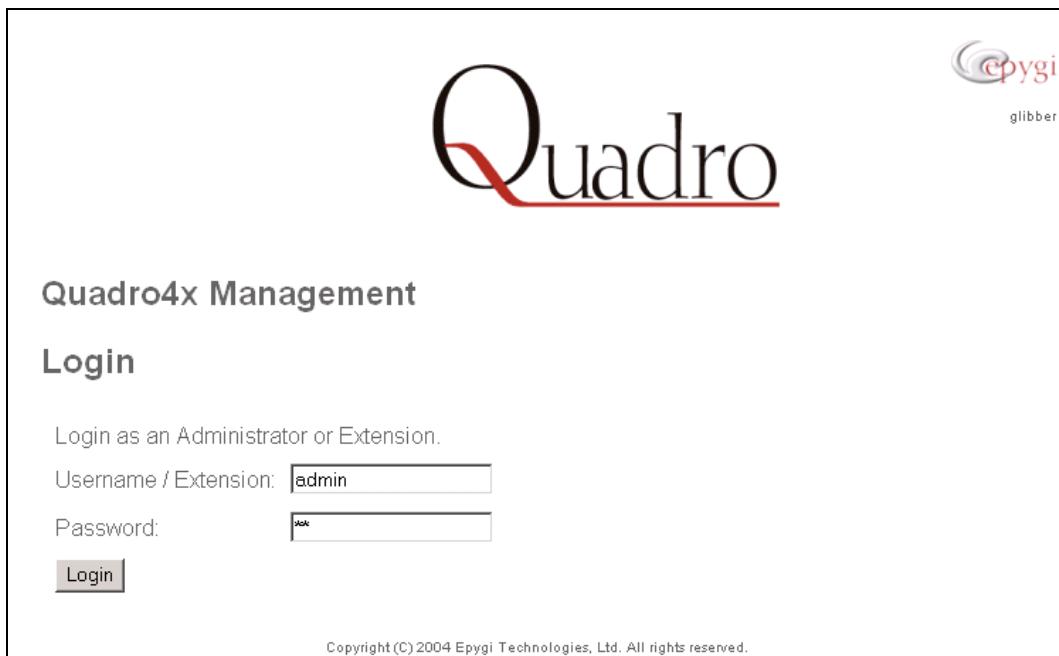


Figura 13: Pantalla de acceso de la PBX IP Quadro

Luego de obtener el acceso a la central, a través del primer menú de administración se ingresó al ayudante de configuración del sistema. En este menú se configuraron los ajustes necesarios para que la central estuviera disponible en la red interna del SENIAT. Entre los parámetros asignados, se pueden mencionar:

dirección IP y máscara de subred y el código *9 para realizar llamadas hacia la red pública.

El segundo paso fue realizar los ajustes de interfaz WAN y conectividad con la red externa. Para ello se ingresó al “Configuration UpLink” y se especificó el tipo de conexión WAN. Entre las opciones de configuración UpLink disponibles estaban PPP e Ethernet; se seleccionó PPP (Point-to-Point Protocol).

Finalmente, se procedió a asignar extensiones telefónicas. A través del menú “Users” y luego con la opción “Extensions Management” del panel de administración, se crearon tres extensiones de dos dígitos para realizar y recibir las respectivas llamadas telefónicas:

- Extensión 11: Teléfono Analógico
- Extensión 31: Softphone
- Extensión 32: Teléfono IP SIP

Como se puede observar en la tabla 9 la columna SIP Address exhibe la dirección SIP completa de cada extensión. El formato de esta dirección es `username@sipserver:puerto`; como el puerto del servidor SIP no está especificado, se toma por defecto el puerto 5060. En el anexo III se encuentran todas las especificaciones o pasos que se siguieron para crear las extensiones.

Tabla 9: Panel de Creación de Extensiones

Users				
Extensions Management Receptionist Management Extensions Directory				
Extensions Management				
Add Edit Delete Select all Inverse Selection				
<u>Extension</u>	<u>Display Name</u>	<u>Attached</u>	<u>SIP Address</u>	<u>Codecs</u>
<u>00</u>	Attendant		77099300@sip.epygi.com:5060	PCMU, ...
<u>11</u>	prueba 1	Line 1 (R)	77099311@sip.epygi.com:5060	G726-32, ...
<u>32</u>	Prueba SIP Phone	IP Line 2 (R)	77099332@sip.epygi.com:5060	G726-32, ...
<u>31</u>	Soft Phone	IP Line 1	77099331, Proxy:sip.epygi.com:5060	PCMU, ...

5.3.3 Escenarios de Pruebas

Fueron diversas las llamadas realizadas y recibidas a través de estas extensiones creadas para verificar la calidad de voz, en el Anexo III se puede observar el historial de llamadas y las características de las mismas proporcionadas a través de las estadísticas de la llamada de la central Epygi; sin embargo, es importante describir los diferentes escenarios de pruebas y analizar los resultados de algunas de ellas.

A continuación se explica cada uno de los escenarios propuestos, especificando además las características de las llamadas. Se detallan parámetros como: calidad de la llamada, codec del transmisor, codec del receptor, número de los paquetes y tamaño de los paquetes enviados y recibidos, número de paquetes perdidos, Jitter y retraso. Para definir la calidad de la llamada en cada prueba, se utilizó la siguiente leyenda como punto de referencia:

- **Excelente** - paquetes perdidos $< 1\%$ y rx_jitter < 20
- **Bueno** - paquetes perdidos $< 5\%$ y rx_jitter < 80
- **Satisfactorio** - paquetes perdidos $< 10\%$ y rx_jitter < 150
- **Malo** - paquetes perdidos $< 20\%$ y rx_jitter < 200
- **Muy malo** - paquetes perdidos $> 20\%$ o rx_jitter > 200

Estos parámetros son proporcionados por las estadísticas de RTP, pero se puede registrar solamente cuando por lo menos uno de los puntos finales de la llamada es localizado por Quadro. Es decir, no serán registrados cuando se utiliza la extensión remota o cuando las llamadas de un usuario externo se encaminan hacia un destino externo utilizando las reglas de encaminamiento de la central Quadro.

▪ **Escenario A: Llamadas telefónicas internas.**

Para esta prueba se utilizó sólo una PBX IP y los respectivos teléfonos IP, analógicos y PC para utilizar Softphone.



Figura 14. Escenario de Interconexión Interno a Interno

Por ser llamadas internas, sólo se marca el número de la extensión con la que se desea establecer comunicación; al establecerse la comunicación, no se utiliza ningún codec para comprimir la voz, sólo se digitaliza a través de G.711; por tanto, la calidad de la llamada es excelente. El media gateway incluido en la central hace posible la comunicación de los teléfonos IP y Softphone con el teléfono analógico y viceversa. En la tabla 10, se observan las estadísticas de las diferentes llamadas realizadas.

Tabla 10. Estadísticas de Llamadas Escenario A

<u>Call Start Time</u>	<u>Call Duration</u>	<u>Calling Phone</u>	<u>Called Phone</u>	<u>Network Details</u>
29-May-2006 17:20:18	2 min 27 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	Codec: G711
29-May-2006 17:19:26	41 sec	"Prueba SIP Phone" 32	"Soft Phone" 31	Codec: G711a
29-May-2006 17:18:02	11 sec	"prueba 1" 11	"Soft Phone" 31	Codec: G711a
29-May-2006 17:17:36	13 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	Codec: G711a

▪ **Escenario B: Llamadas Telefónicas Internas hacia la red pública y viceversa**



Figura 15. Escenario de Interconexión hacia la red pública

El proceso para realizar las llamadas telefónicas hacia la red pública, se realiza marcando *9 para indicarle a la central que se usará la ruta FXO y luego el número telefónico de destino. De igual forma el media gateway cumple la función de comunicar el mundo IP que hablan los teléfonos y el servidor de llamadas con el mundo de telefonía tradicional que hablan los operadores públicos y los terminales analógicos. En la siguiente tabla se muestran los resultados de algunas de las llamadas realizadas.

Tabla 11. Estadísticas de Llamadas Escenario B

Call Start Time	Call Duration	Calling Phone	Called Phone	Network Details ▲
04-Jun-2006 22:09:03	1 min 5 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-95769968	Codec: G.729a Quality: 5 (very bad)
02-Jun-2006 17:17:26	6 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	Codec: G.723.1, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:26:40	40 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-904166360649	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
07-Jun-2006 12:51:59	46 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-904122127562	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 17:04:32	51 sec	PSTN1-?	"Soft Phone" 31	Codec: G729a, N/A
29-May-2006 17:20:18	1 min 30 sec	"prueba 1" 11	PSTN1-904164195374	Codec: G729a, Quality: 2 (good)
29-May-2006 17:30:15	1 min 10 sec	PSTN1-?	"prueba 1" 11	Codec: G726-32, Quality: 1 (excellent)

A través de la tabla 11 se puede verificar que la mayoría de las comunicaciones fueron exitosas y según lo apreciado por los interlocutores involucrados en las pruebas, durante la comunicación no se presentó ningún retraso o eco perceptible al oído humano.

A continuación se muestran más detalles de algunas comunicaciones establecidas para comparar el tamaño de los paquetes utilizados por los diferentes codecs.

Tabla 12. Estadísticas RTP

Quality: 5 (very bad)			
RX Codec:	PCMU	TX Codec:	PCMU
Received Packets:	4	Transmitted Packets:	644
Received Packet Size:	160	Transmitted Packet Size:	160
RX Lost Packets:	0		
RX Jitter:	21480		
RX Maximum Delay:	45892 ms		
Quality: 1 (excellent)			
RX Codec:	G726-32	TX Codec:	G726-32
Received Packets:	941	Transmitted Packets:	823
Received Packet Size:	80	Transmitted Packet Size:	80
RX Lost Packets:	0		
RX Jitter:	1		
RX Maximum Delay:	2 ms		
Quality: 1 (excellent)			

RX Codec:	G729a	TX Codec:	G729a
Received Packets:	2259	Transmitted Packets:	286
Received Packet Size:	20	Transmitted Packet Size:	20
RX Lost Packets:	0		
RX Jitter:	2		
RX Maximum Delay:	5 ms		

Para establecer una comunicación de voz IP, ambos socios tienen que utilizar el mismo codec. Durante el establecimiento de la línea de comunicación, se negocia este codec. Si el transmisor no encuentra un codec apropiado, la comunicación no puede ocurrir. Es por ello que durante la configuración de las extensiones se activaron todos los codecs contenidos en la central para asegurar el establecimiento de las comunicaciones. Como se puede observar, en la tabla 11 se muestran los codecs asociados a cada llamada establecida,

Si comparamos en la tabla 11 (Estadísticas de llamadas del escenario B), las dos llamadas que están clasificadas por excelente, una se realizó con el codec G729a y la otra con el G726-32. Ahora bien, si observamos la tabla 12 (Estadísticas de RTP) se verifica que el tamaño de los paquetes transmitidos para cada uno de los codificadores es diferente, siendo menor para G.729A el cual, pertenece a los tres estándares más óptimos publicados por la UIT para VoIP.

- **Escenario C: Llamadas SIP Interno a Interno (Entre sedes)**

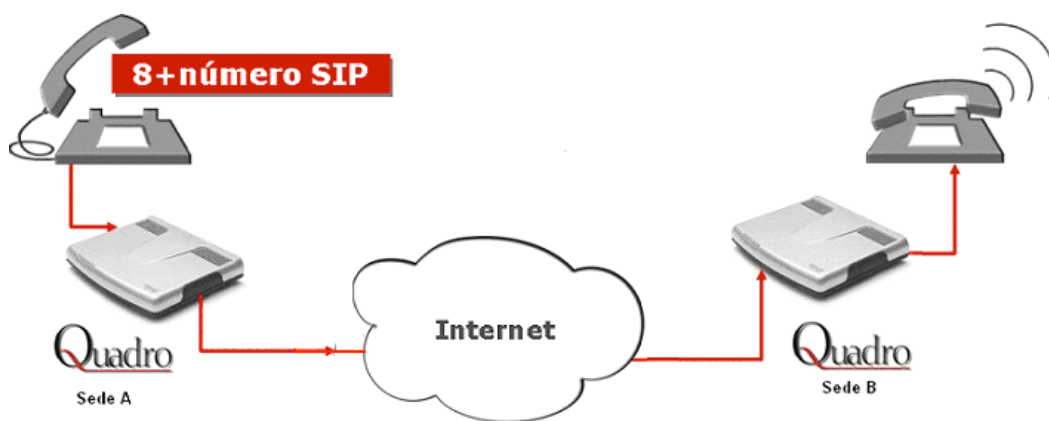


Figura 16. Llamadas SIP Interno a Interno

Con este escenario se programaron las llamadas entre sedes para que fueran realizadas a través de internet. Para ello, como se indica en el esquema de la figura 16, es necesario que exista una central telefónica en cada una de las sedes. En el caso particular de esta prueba se utilizó como sede B la oficina del proveedor de servicio CLA direct, debido a la limitación de la cantidad de centrales facilitadas para las pruebas.

Al configurar la central se definió la ruta de las llamadas internas con un código en particular para cada sede por no tener un sistema de numeración cerrado. Para llamar a la sede B se definió *8.

En la tabla 13 se muestran las estadísticas de las llamadas realizadas entre sedes. Para establecer cada una de estas llamadas se utilizó un servidor SIP Proxy.

El proceso de comunicación es el siguiente: el usuario sede A manda una petición de INVITE que es aceptada por el servidor Proxy del cliente. En el servidor se identifica la localización utilizando las direcciones y los servicios de localización proporcionados. Luego se emite una petición INVITE a la dirección de la localización devuelta (Sede B). En este momento el agente de llamadas de la sede B alerta al usuario y devuelve una indicación de éxito al servidor Proxy (ACK); y del servidor proxy se la envía al usuario de la sede A. En la sede A se confirma la recepción emitiendo una petición ACK OK que es transmitida por el Proxy o enviada directamente a la sede B. En este momento se establece la conexión.

Tabla 13. Estadísticas de las llamadas escenario C

<u>Call Start Time</u>	<u>Call Duration</u>	<u>Calling Phone</u>	<u>Called Phone</u>	<u>Network Details</u>
23-May-2006 15:03:50	56 sec	11	222@quadrocc.dyndns.org:5060	Codec: G726-32, Quality: 4 (bad)
23-May-2006 15:01:02	2 min 32 sec	"Leonardo Montilla" <30486222@sip.epygi.com>	11	Codec: G723.1, Quality: 2 (good)
23-May-2006 15:00:20	1 min 31 sec	11	122@quadrocc.dyndns.org:5060	Codec: G726-32, Quality: 2 (good)
08-May-2006 14:17:21	2 min 27 sec	11	222@quadrocc.dyndns.org:5060	Codec: G723.1, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 11:56:22	14 sec	"Prueba SIP Phone" 32	212@quadrocc.dyndns.org:5060	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)

El formato de direcciones de cada una de las comunicaciones establecidas quedó registrado en la tabla de estadísticas de la llamada; es decir, en las casilla Called

Phone y Calling Phone se indica la dirección que identifica a cada uno de los usuarios.

A través de las diferentes pruebas, se pudo comprobar que una solución híbrida cumple satisfactoriamente con todos los requerimientos del SENIAT en cuanto a interoperabilidad, calidad de servicio, funcionabilidad y utilización de los recursos existentes, como fax, teléfonos analógicos, entre otros.

5.4 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ASOCIADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Dada la factibilidad técnica de la implantación de telefonía IP, y el buen funcionamiento de las pruebas realizadas, se decidió iniciar un proceso de licitación para adquirir los equipos y componentes asociados a la tecnología de telefonía IP. A partir de las características técnicas definidas y dimensionamiento del sistema, fue necesario desarrollar un manual técnico especificando los requerimientos y características de los equipos y las condiciones del SENIAT para la adquisición de los mismos. Algunas de estas características técnicas son aclaradas en el punto 5.1.1, sin embargo en el documento de licitación LG-06-GGI-16 fueron ampliadas y especificadas con mayor profundidad incluyendo más funcionalidades tanto de los equipos terminales como de las PBX-IP.

Luego de las preguntas aclaratorias, realizadas durante el proceso de licitación, y a pesar de la decisión de implantar una solución híbrida, se concedió a los proveedores de servicio, la posibilidad de ofertar una solución netamente IP siempre y cuando se cumplan con todas las especificaciones técnicas del manual de licitación LG-06-GGI-16; es decir debe cumplir con todas las funcionalidades propuestas en el pliego y los teléfonos IP ofertados deben tener las características allí especificadas.

Esta aclaratoria se realizó en la sesión de preguntas, ya que de permitir propuestas de teléfonos IP que no cumplieran mínimo con 2 puertos 10/100 Ethernet switch (para tarjeta Ethernet PC / LAN), se generarían costos adicionales a la inversión debido a la cantidad de switch que se tendrían que instalar para poder conectar dichos terminales. De igual forma se debía incluir en la oferta presentada un adaptador para el uso de los fax.

La evaluación de las propuestas técnicas y económicas, tienen como objeto establecer una comparación válida entre todas las empresas que reunieron las condiciones establecidas por el institución, para la adquisición e instalación de 38 centrales telefónicas y los componentes asociados para las Sedes, Sectores y Aduanas del SENIAT.

Al llamado de licitación acudieron más de veinte empresas, pero luego de las preguntas aclaratorias sólo seis manifestaron su voluntad de participación en el proceso, presentado sus propuestas tanto técnicas como económicas para la respectiva evaluación.

En función a ello, se evaluó, analizó y comparó cada propuesta recibida en acto público, revisando posteriormente en detalle el contenido de las mismas, en atención al precio total ofertado, la calidad de los productos ofrecidos y el lapso de entrega respectivo.

El análisis se realizó a través de una matriz (anexo IV), que permite identificar el cumplimiento o no de cada uno de los puntos señalados en el manual técnico. A partir del levantamiento de información contenido en la matriz, se realizó un informe puntualizando las empresas que cumplen 100% con las especificaciones técnicas y legales para obtener la Buena Pro del proyecto. El comité de licitación procede a aplicar los métodos de evaluación técnico-económica para determinar la mejor propuesta.

En la evaluación técnica, se determinó que efectivamente la inversión de una solución netamente IP es considerablemente elevada comparada con las soluciones híbridas; sin embargo sólo una de las dos propuestas con soluciones netamente IP cumple con todas las especificaciones técnicas y entra dentro de la evaluación económica. De igual forma se evaluó una propuesta basada en software, pero no cumplía con las especificaciones técnicas ni con algunas condiciones establecidas por la institución para la adquisición de los equipos.

Para realizar la evaluación económica, se toma en cuenta el informe entregado con las empresas que cumplen con el 100% de las especificaciones. En la evaluación económica, se toma en cuenta el costo total por la adquisición de los equipos y componentes, que cumplieron substancialmente con los requerimientos técnicos exigidos. Este parámetro incluye los costos de los equipos, instalación y adiestramiento de personal. La evaluación se rige por la siguiente fórmula:

$$EE= 100*\text{Menor precio total ofertado} / \text{Precio total ofertado} \quad (6)$$

Donde:

EE= Evaluación económica

Otro parámetro de evaluación es el tiempo de entrega de los equipos, que según el manual de licitación debe ser de 60 días después de la obtención de las divisas y se rige por la siguiente fórmula:

$$ETE = 100* \text{Tiempo de entrega establecido} / \text{Tiempo de entrega ofertado} \quad (7)$$

Donde:

ETE = Evaluación del Tiempo de Entrega

La evaluación Económica Total será igual a:

$$EET = 70\% EE + 30\% ETE$$

A partir de esta evaluación se otorga la Buena Pro del proyecto a la empresa con mayor puntaje.

Es importante destacar, que la evaluación económica es analizada por el comité de licitación; sin embargo de acuerdo con la evaluación técnica realizada sólo tres empresas de las seis que concursaron cumplieron 100% con las especificaciones técnicas y los requisitos necesarios. Las propuestas rechazadas en el análisis técnico no cumplían a cabalidad con las especificaciones del contrato de mantenimiento o aspectos técnicos indispensables en la solución propuesta.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

Una de las razones para implantar telefonía IP en las instalaciones del SENIAT, son los altos costos por servicios de telefonía pagados mensualmente a los principales proveedores de servicio del país.

Actualmente, los costos por llamadas nacionales y celulares han ido aumentando progresivamente; por lo tanto, se hace indispensable tomar medidas al respecto. Una manera es administrando las extensiones de los usuarios para controlar tanto las llamadas a celulares como las nacionales.

A través de las facturas digitales de CANTV, se pudo conocer los gastos mensuales por servicios de telefonía que son cancelados por la institución. Si se observa el gráfico 2, los gastos por llamadas nacionales parecen insignificantes en comparación con las llamadas a celulares y los gastos por servicios básicos, donde se incluyen los gastos de voz y datos; sin embargo, si analizamos detenidamente los ahorros que producen un control por llamadas nacionales y celulares son altamente impactantes en el presupuesto.

Mensualmente el SENIAT paga un promedio de 50 millones de bolívars por concepto de llamadas nacionales y 215 millones de bolívars por llamadas a celulares. Lo que significa que si se implanta un sistema de telefonía IP, se pueden reducir los costos por llamadas nacionales en un 98% y administrando cada extensión las llamadas a celulares estarían más controladas, lo que produciría una reducción de costos hasta de un 70%.

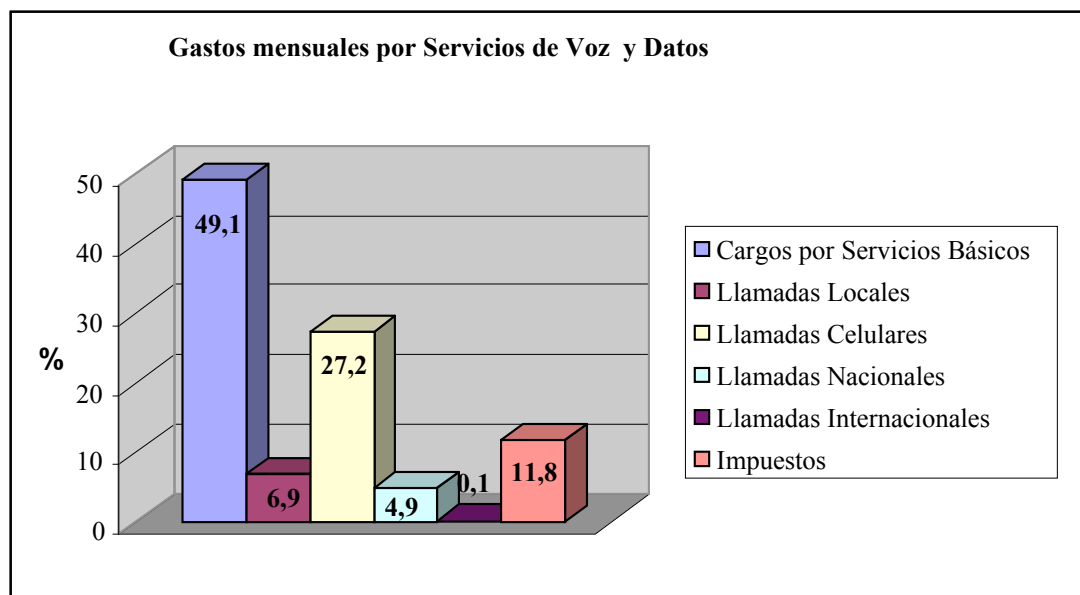


Gráfico 2. Porcentajes de gastos mensuales por servicios de voz y datos del SENIAT

Esta reducción en los gastos, trae como consecuencia ahorros mensuales de hasta 203 millones de bolívars, lo que se convertiría anualmente en un promedio de 2.436 millones de bolívars en ahorro sólo por llamadas telefónicas.

Tomando en cuenta, la ampliación del ancho de banda en las sedes, se generarían costos adicionales en la renta básica; este aumento estaría por el orden de los 50 millones de bolívars mensuales. Por lo tanto, el ahorro total mensual sería aproximadamente de 153 millones de bolívars.

Es importante reconocer, que los ahorros y beneficios obtenidos con la implantación de esta tecnología justificarían realizar la inversión en el proyecto de Telefonía IP.

Por razones de confidencialidad con la institución y las empresas que presentaron las propuestas, no es posible especificar los montos ofertados por cada una de ellas; sin embargo, para iniciar el proceso de adquisición de los equipos y componentes asociados, se realizó una primera proyección a partir de los presupuestos solicitados a algunos proveedores, mencionados en el capítulo IV,

antes de realizar el llamado a licitación. En esta proyección se determinó que la inversión a realizar estaría alrededor de 2.700 millones de bolívares.

Realizando una inversión alrededor de este monto, y con los ahorros calculados de 153 millones de bolívares mensuales, se produciría un retorno de la inversión en aproximadamente 18 meses.

CONCLUSIONES

El estudio presentado en este trabajo de grado permite concluir sobre varios aspectos relacionados con la tecnología de Telefonía IP. El hecho de utilizar las redes existentes de datos para la transmisión de voz, produce un impacto favorable en el ámbito tecnológico, económico y a nivel de usuario, ya que, permite utilizar tecnología de punta para obtener comunicaciones efectivas entre todas las sedes del SENIAT a nivel nacional, permitiendo así que los usuarios finales tengan mayores facilidades y herramientas que optimicen sus funciones diarias dentro de la Institución.

La red actual del SENIAT, es una plataforma convergente que puede emplear tecnología IP como medio de transporte de servicios de voz y permite una conexión eficiente con las redes públicas; para de esta manera garantizar disponibilidad del sistema en todo momento.

Los criterios definidos para el estudio de factibilidad, son los más importantes dentro de la solución de telefonía planteada en este proyecto y están fuertemente ligados. De los cuatro criterios planteados, la calidad de servicio, la interoperabilidad y el dimensionamiento resultaron satisfactorios. En cuanto al ancho de banda, luego de realizar el dimensionamiento del sistema, se determinó que los porcentajes de utilización para el uso de la voz sobrepasan en la mayoría de los casos el 40% de la capacidad actual de los enlaces; sin embargo, es totalmente factible la implementación dado que estos enlaces pueden ser aumentados en capacidad.

La arquitectura de la red definida, es la que más se adapta a las necesidades del SENIAT y a la estructura de la red actual, porque permite interconectar todas las sedes a nivel nacional sin congestionamiento de tráfico, debido a la ubicación de un gateway por región. Una solución de arquitectura centralizada colocando un

gateway de gran capacidad, congestionaría la red, y degradaría la calidad de servicio prestado.

La elección de las características técnicas de las centrales IP y del protocolo de comunicación a utilizar es un punto importante dentro de la planificación y diseño de la arquitectura de red, ya que la interoperabilidad del sistema es un indicador de factibilidad determinante. A través del protocolo de comunicación SIP es totalmente factible la interoperabilidad entre la plataforma existente en el SENIAT y las centrales telefónicas IP, debido a que las centrales Hipath, aunque en la actualidad sólo soportan H.323, pueden ser migradas al protocolo SIP permitiendo una señalización más simple, modular y escalable que con el protocolo H.323.

La adaptación tecnológica que exige este nuevo servicio, depende de una buena planificación y un buen diseño en cuanto a red se refiere. El dimensionamiento de la red es un parámetro determinante para garantizar calidad de servicio y disponibilidad de la red; ya que la calidad de la voz depende en gran medida, de la capacidad de los enlaces de comunicación, los codecs de voz utilizados y de las políticas de calidad de servicio implementadas en la red de datos.

Una de las formas más económicas de determinar el buen funcionamiento de la Telefonía IP dentro de la red existente, es mediante demostraciones previas a la implementación del sistema, de manera tal, que se permita experimentar en tiempo real tanto las funcionalidades como las características de voz e interoperabilidad de las centrales IP con la plataforma existente.

Por medio de las pruebas realizadas, se observó el comportamiento de la calidad de voz y las funcionalidades de una central telefónica IP, comprobándose que no existen pérdidas en el recorrido de los paquetes, y que el retardo de los mismos está dentro de los rangos permitidos para que las llamadas realizadas sean consideradas de buena calidad. Además, se determinó que una solución híbrida

puede satisfacer todas las necesidades actuales de la Institución y generar dentro de todas las soluciones, el menor impacto técnico y económico.

Dentro del impacto que representa el implementar esta tecnología se debe resaltar la relación Costo – Beneficio que genera la telefonía IP. Con la inversión realizada en este proyecto, se obtendría el máximo beneficio para el mayor número de funcionarios del SENIAT y generaría ahorros económicos a la Institución que permiten recuperar la inversión en un plazo no mayor a dieciocho meses, permitiendo además mejorar la calidad y confiabilidad de los servicios de comunicaciones e implementar tecnología de punta.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos representan una evidencia de la factibilidad de la implementación de telefonía IP en el SENIAT; por consiguiente, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un aumento en la capacidad de los enlaces de comunicaciones, para permitir mayor flexibilidad y evitar el posible congestionamiento de la red. El respectivo aumento debe ser planificado tomando en cuenta la prioridad en aquellas sedes donde se deban reservar recursos de anchos de banda mayor al 40% del ancho de banda actual, utilizando compresión con G.723.1 a 12 Kbps por canal. En el anexo III.5 se encuentran los valores sugeridos para cada una de las sedes.
2. Instalar en la red Switches que soporten Power Over Ethernet (PoE), ya que, mediante implementaciones UPS en combinación con Power Over Ethernet, se pueden eliminar riesgos de fallas de alimentación en los teléfonos IP e incrementar al máximo la disponibilidad del servicio.
3. Para el uso eficiente de los recursos por parte de los funcionarios del SENIAT, se recomienda realizar una campaña informativa del manejo de los equipos terminales como teléfonos IP y Softphone, y de las ventajas de la mensajería unificada. De esta manera, se facilitará la adaptación a los nuevos recursos ofrecidos sin contratiempos.
4. Realizar un estudio económico para implementar la tecnología de Voz sobre WiFi, en los galpones de las Aduanas, puntos de control y alcabalas, y de esta manera dar un servicio más eficiente y controlado a los funcionarios y militares encargados, permitiendo así ahorrar costos por uso indebido de los recursos ofrecidos para llevar a cabo las labores diarias programadas por la institución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Audin, Gary. “Voice over IP (VoIP) basic for IT Technicians”. – **EN:** [http:// www.webtutorials.com](http://www.webtutorials.com). – White paper, (2006), p.p 2-6.
- [2] Davidson, Jonathan; Peters, James. “Fundamentos de Voz sobre IP”, (Libro). – Cisco Press. Capítulo 7, p.p 148-158.
- [3] Andrews S., Tanenbaum. “Los Protocolos TCP/IP en redes de computadoras”, (Libro). – Prentice- Hall, 1996.
- [4] Rodriguez, Adolfo; Gatrell, Jhon. “TCP/IP Tutorials and Technical Overview”, (Libro). – IBM corporation, 7ma ed. 2001, p.p 45-229
- [5] Mendillo, Vincenzo. “Práctica sobre Tráfico Telefónico y Voz sobre IP”, **EN:** Gestión de Redes CD #1. Guías de prácticas, Octubre 2002, p.p 6-9.
- [6] Davidson, Jonathan; Peters, James. “Fundamentos de Voz sobre IP”, (Libro). – Cisco Press. Capítulo 8, p.p 161-181.
- [7] Davidson, Jonathan; Peters, James. “Fundamentos de Voz sobre IP”, (Libro). – Cisco Press. Capítulo 9, p.p 183-218
- [8] Davidson, Jonathan; Peters, James. “Fundamentos de Voz sobre IP”, (Libro). – Cisco Press. Capítulo 10, p.p 123-237.
- [9] Roder R., Susana. “Diseño e implementación de un punto neutro para Voz IP”, (Tesis). – Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2005, p.p 8-27

BIBLIOGRAFÍAS

Davidson, Jonathan; Peters, James. Fundamentos de Voz sobre IP, Cisco Press.1998.

Tanenbaum, Andrews S. Redes de Computadoras, Prentice Hall, 1996.

Rodriguez, Adolfo; Gatrell, Jhon. TCP/IP Tutorials and Technical Overview, IBM corporation, 7ma ed. 2001.

DOUSKALIS, B. IP telephony: the integration of robust VoIP services, New Jersey: Prentice Hall PTR, 2000.

Tim, Kelly. VoIP for Dummies, Canadá: Editorial Manager, 2005.

Grupo de Expertos sobre Telefonía IP del UIT-D, Informe Esencial sobre Telefonía IP, Suiza Ginebra, 2005.

Revista Redes de Telecomunicaciones Ciencia y Tecnología para Venezuela, N° 30, año 5 (marzo 2006), 50 p.

Vieira G., Alberto. Implementación de una red de PABX's interconectadas sobre VoIP contando además con un sistema de tarificación centralizado sobre IP/ Vieira Gomes, Alberto (Tesis). - - Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2003

Rodera R., Susana. Diseño e implementación de un punto neutro para Voz IP, (Tesis). – Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2005.

Redes de datos y comunicaciones de sistemas abiertos
<<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com07/index.html>>
[Consulta: Junio 2006]

Redes basadas en IP, redes multiprotocolo y su interconexión
<<http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com13/index.html>>
[Consulta: Junio 2006]

Audin, Gary. Voice over IP (VoIP) basic for IT Technicians <<http://www.webtutorials.com>.> White paper, (2006) [Consulta: Julio 2006]

The SIP specification (includes overview, structure, and glossary of SIP-related terms) <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>> [Consulta: Mayo 2006]

Security in SIP-Based Networks. Cisco White Paper
<http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk701/technologies_white_paper09186a00800ae41c.shtml> [Consulta: 2006].

Miller, Marck A. Protocols for de VoIP and Converged Network.
<www.webtutorials.com.> White paper, Vol 2. [Consulta: Agosto 2005].

Building a Foundation for SIP with Avaya Intelligent Communications Solutions.
<www.webtutorials.com> White paper. [Consulta: Julio 2006]

Mendillo, Vincenzo. Práctica sobre Tráfico Telefónico y Voz sobre IP, Gestión de Redes CD #1. 2002

APÉNDICE

1.1 Protocolo de Internet (IP)

El protocolo de Internet IP es un protocolo sin conexión que reside en la capa 3 (capa de red), lo que significa que no hay ningún mecanismo de fiabilidad, control del flujo, secuenciación o reconocimiento. Otros protocolos como el TCP, se pueden alojar en la parte superior del IP (Capa 4, sesión) y pueden agregar control del flujo, secuenciación y otras características [2].

Dada la posición de IP en el modelo de referencia OSI, no tiene que tratar con problemas de enlaces de datos comunes como Ethernet, el Modo de Transferencia Asíncrona (ATM), Frame Relay y Token Ring, o con cuestiones físicas como la Red Óptica Síncrona (SONET, Synchronous Optical Network), el cobre y la fibra óptica. Esto hace que IP sea virtualmente ubicuo.

Se puede dirigir un paquete IP de tres maneras generales: a través de mecanismos de unidifusión, multidifusión o difusión. Estos mecanismos proporcionan los medios para que cada paquete IP sea etiquetado con una dirección de destino, haciéndolo cada una de ellos de una manera única:

- La unidifusión es muy simple porque sólo identifica una dirección específica y únicamente ese nodo envía el paquete a las capas superiores del modelo de referencia OSI. Los paquetes de unidifusión permiten que dos estaciones se comuniquen una con otra con independencia de su ubicación física.
- Los paquetes de difusión son enviados a todos los usuarios de una sub red local. Las difusiones pueden atravesar puentes y switches, pero no son pasadas a través de routers a menos que estén configurados especialmente para hacerlo.

- Los paquetes de multidifusión utilizan una gama especial de direcciones que permite a un grupo de usuarios que se encuentra en subredes diferentes recibir el mismo flujo. Esto permite que el remitente envíe sólo un paquete que podrán recibir distintos “host” dispares. Los paquetes de multidifusión permiten aplicaciones como videoconferencia, que tienen un transmisor y múltiples receptores. [2]

Independientemente del tipo de paquete IP que se utilice, siempre se necesita direccionar la capa de enlace de datos.

1.1.1 Direcciones IP (IPv4) [2] [3]

La dirección de capa de red descansa en la capa 3 del modelo OSI. Esto permite que un grupo de computadoras reciba direcciones lógicas similares. Este número es asignado de tal forma que se consigue una gran eficiencia al encaminar paquetes, ya que codifica la información de la red a la que está conectado, además de la identificación del *host* en concreto.

Cada dirección internet tiene una longitud fija de 32 bits. Los bits de las direcciones IP de todos los host de una red determinada comparten un prefijo común. Conceptualmente, cada dirección IP es una pareja formada por identidad de red-identidad de host, donde la identidad de red identifica a la red, e identidad de host, a un host determinado dentro de esa red.

Para que exista una flexibilidad en la asignación de direcciones, existen tres formatos básicos de representación de direcciones. La elección de uno de estos formatos dependerá del tamaño de la red. Además de los tres formatos básicos, existe uno para *multicasting*, usado para envío de mensajes a un grupo de hosts, y otro reservado para futuro uso llamado red marciana.

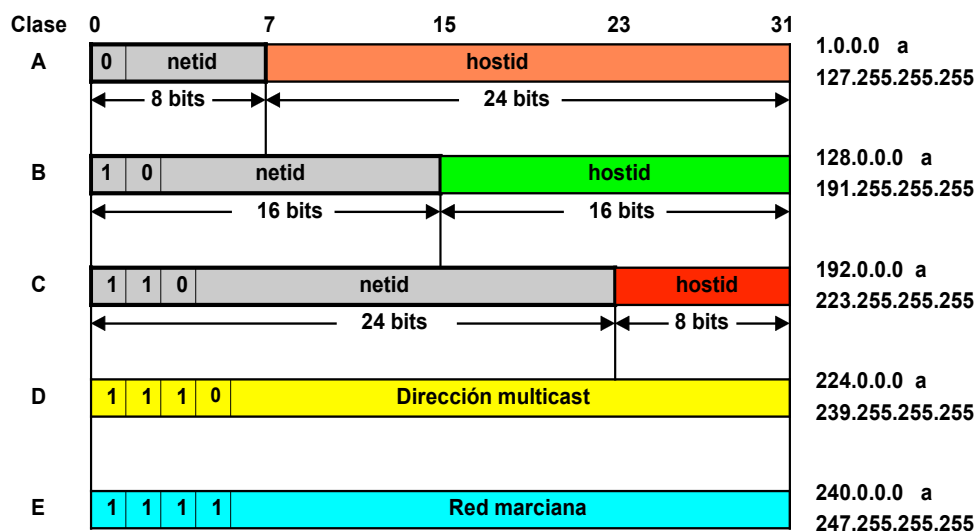


Figura 17 Estructura de los diferentes formatos de direcciones IP

Vemos que los primeros bits identifican la clase de dirección IP, que va seguido de un prefijo de identificación de red, y seguido de un identificador de host. La clase D se usa para transmitir un mismo mensaje a un grupo de hosts determinado.

La clase A se usa para grandes redes que tengan más de 2^{16} (65536) hosts. La clase B se usa para redes de tamaño intermedio, entre 2^8 (256) y 2^{16} hosts. Finalmente, la clase C corresponde a redes con menos de 256 hosts. [3]

El cuarto tipo, el D, se dedica a tareas de multicasting. En las direcciones de clase D, los cuatro bits más altos están definidos por 1,1,1 y 0.

Las direcciones de clase E están reservadas para utilización futura.

Subred: Las redes IP también se pueden dividir en pequeñas unidades llamadas subredes. Las subredes proporcionan una flexibilidad adicional a los administradores de la red.

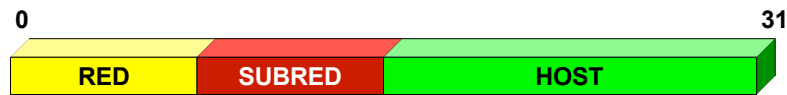


Figura 18. Subredes

Máscara de subred: Es una dirección de 32 bits que se utiliza para indicar los bits de una dirección IP que se están utilizando para la dirección de la red, incluyendo la subred, y que parte es la correspondiente al host.

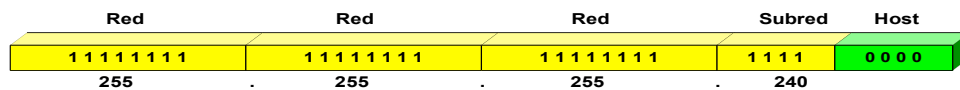


Figura 19. Mascara de subred

1.2. Protocolos de Enrutamiento [2] [3] [4]

Los protocolos de enrutamiento se encargan de intercambiar la información usada para construir las tablas de enrutamiento. Manejan complejas situaciones de enrutamiento más rápido de lo que un administrador del sistema podría hacerlo.

Los protocolos de enrutamiento no sólo están diseñados para cambiar a una ruta de respaldo cuando la ruta primaria se vuelve inoperante sino que ellos también evalúan y deciden cual es la mejor ruta para un destino. Se pueden dividir en dos grupos generales: protocolos de enrutamiento interior y exterior.

- Protocolos entre Gateways exteriores (EGP): utilizados para intercambiar información de enrutamiento entre diferentes sistemas autónomos en donde cada enrutador es responsable de la información de su propio sistema.

- Protocolos entre gateways interiores (IGP): son usados para intercambiar información de enrutamiento entre enrutadores dentro de un sistema autónomo. Todos los IGP cumplen la misma función: determinar la ruta óptima de destino, para lo cual utilizan diferentes algoritmos. Entre éstos se pueden definir dos: Protocolos de Vector de Distancia y Protocolos de Estado de Enlace. El enrutamiento por vector de distancia se preocupa por el número de saltos (routers), mientras que el enrutamiento por estado de enlace se preocupa principalmente del estado de la interfaz que el router soporta.

2.2.3 Mecanismos de Transporte IP

TCP y el protocolo de datagrama de usuario (UDP, User Datagram Protocol) tienen funciones que pueden utilizar varias aplicaciones. Por ejemplo si la fiabilidad es más importante que el retraso, se puede utilizar TCP/IP para garantizar la entrega de paquetes. Sin embargo, UDP/IP no utiliza retransmisión de paquetes. Esto puede disminuir la fiabilidad, pero en algunos casos una última retransmisión no es de utilidad. El protocolo UDP y RTP son explicados en el marco teórico, a continuación se explica el protocolo TCP [3] [4]

2.2.3.1 TCP (Transmission Control Protocol)

Es un protocolo orientado a la conexión. Todas las conexiones TCP son dúplex integral y punto a punto. Dúplex integral significa que el tráfico puede ir en ambos sentidos al mismo tiempo. Punto a punto significa que cada conexión tiene exactamente dos puntos terminales. TCP no reconoce la multitransmisión ni la difusión. Mueve los datos en una corriente de bytes continua no estructurada donde los bytes se identifican mediante números de secuencia de 32 bits. Se usan los números de secuencia tanto para los acuses de recibo como para el mecanismo de ventana, que utilizan campos de cabecera de 32 bits distintos.

Para maximizar el rendimiento o tasa de transferencia, TCP permite que cada estación envíe múltiples paquetes antes de que llegue un acuse de recibo. Cuando el remitente ha recibido un acuse de recibo para un paquete saliente, el remitente desliza la ventana de paquetes por las corrientes de bytes y envía otros paquetes. Este mecanismo de control de flujo se conoce como “sliding Windows” (ventana deslizante), que es un protocolo básico usado por las entidades TCP. Cuando un transmisor envía un segmento, también inicia un temporizador. Cuando llega el segmento al destino, la entidad TCP receptora devuelve un segmento (con datos, si existen, de otro modo sin ellos) que contiene un número de acuse de recibo igual al siguiente número de secuencia que espera recibir. Si el temporizador del transmisor expira antes de la recepción del acuse de recibo, el transmisor envía de nuevo el segmento.

TCP puede soportar numerosas conversaciones de capa superior simultáneas. Los números de puertos de una cabecera TCP identifican una conversación de capa superior.

En la figura 20 se muestra el formato de un segmento TCP. Cada segmento comienza con una cabecera de formato fijo de 20 bytes. La cabecera fija puede ir seguida de opciones de cabecera. Tras las opciones, si las hay, pueden continuar hasta $65,535 - 20 - 20 = 65,515$ bytes de datos, donde los primeros 20 se requieren a la cabecera IP y los segundos a la cabecera TCP. Los segmentos sin datos son legales y se usan por lo común para acuses de recibo y mensajes de control.

Los campos de puerto de origen y puerto de destino identifican los puntos terminales locales de la conexión. La dirección de un puerto más la dirección IP de su host forman un socket único de 48 bits. Los números de socket de origen y de destino en conjunto identifican la conexión.

El campo *número de secuencia* (SN) es análogo al *fragment offset* en IP y contiene la posición de los datos dentro del flujo. Cuando empieza la transmisión de datos, SN no se pone en 0, sino con un valor inicial pseudoaleatorio llamado ISN (*Initial Sequence Number*), a fin de evitar problema con paquetes de

conexiones previas que todavía estén vagando por la red. Se usa un esquema basado en reloj, con un pulso de reloj cada 4 μ seg. Por seguridad adicional, al caerse un host, no podrá reiniciarse durante el tiempo de vida máximo de paquete (120 seg).

El campo *número de acuse de recibo* (AN) desempeña la función de confirmar la recepción de datos. AN especifica el siguiente byte que se espera, no el último byte correctamente recibido, de manera que si se ha recibido correctamente hasta 1000, se envía AN = 1001. Tanto SN como AN tienen 32 bits de longitud porque cada byte de datos está numerado en un flujo TCP.

La longitud de cabecera TCP indica la cantidad de palabras de 32 bits contenidas en la cabecera TCP. Esta información es necesaria porque el campo de opciones es de longitud variable, por lo que la cabecera también. Técnicamente, este campo en realidad indica el comienzo de los datos en el segmento, medido en palabras de 32 bits, pero ese número es simplemente la longitud de la cabecera en palabras, por lo que el efecto es el mismo.

Dentro de la señalización de VoIP, TCP se utiliza para asegurar la fiabilidad de la configuración de una llamada. Debido a la manera de operar de TCP, actualmente no es posible utilizarlo como mecanismo para transportar la voz en una llamada VoIP.

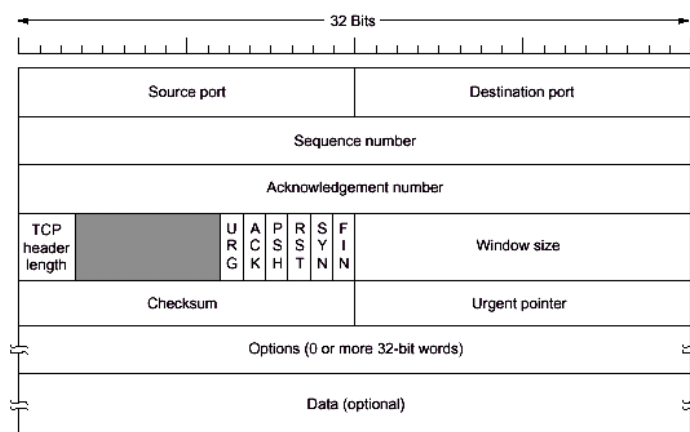


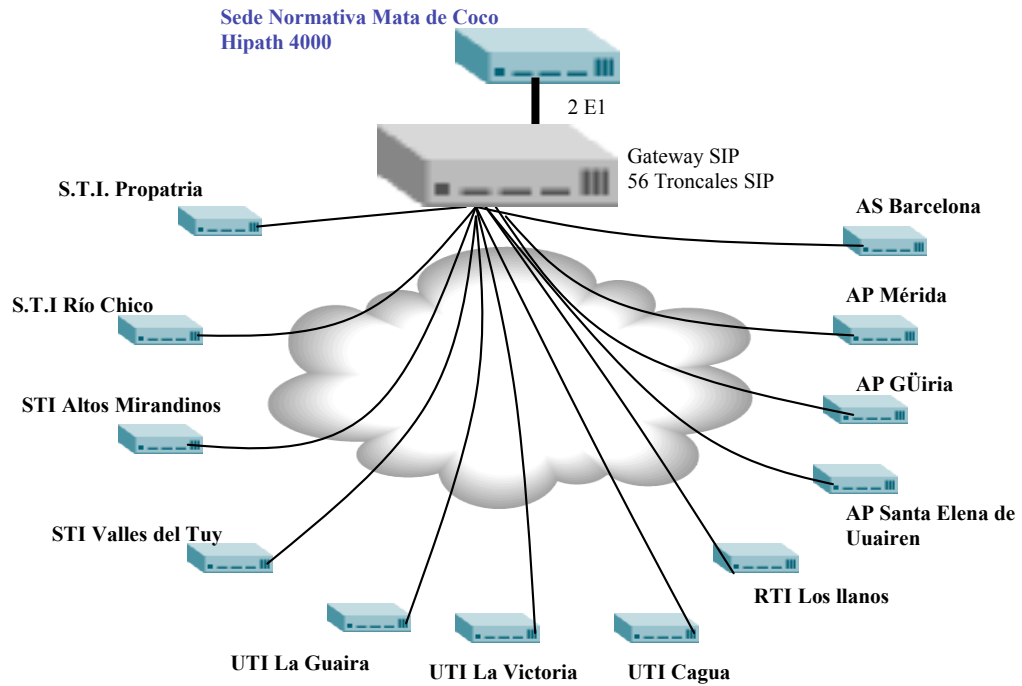
Figura 20. Cabecera TCP

ANEXOS

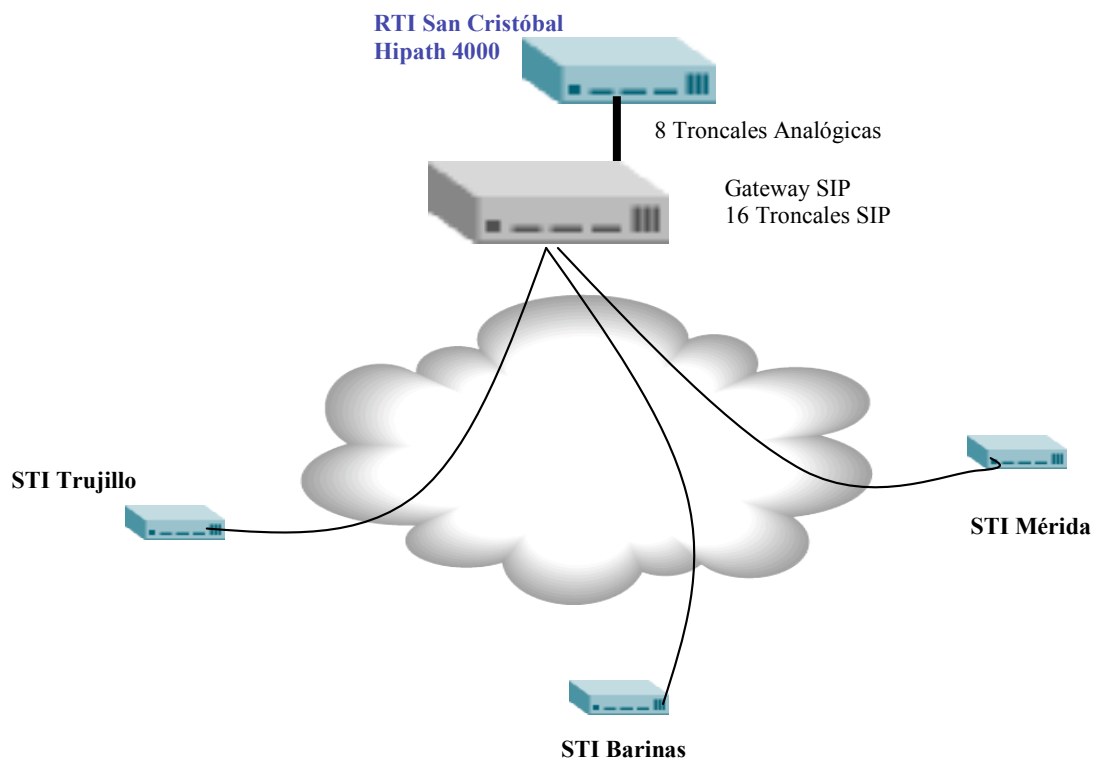
ANEXO I

Arquitectura de Interconexión de las 38 sedes con los nodos principales

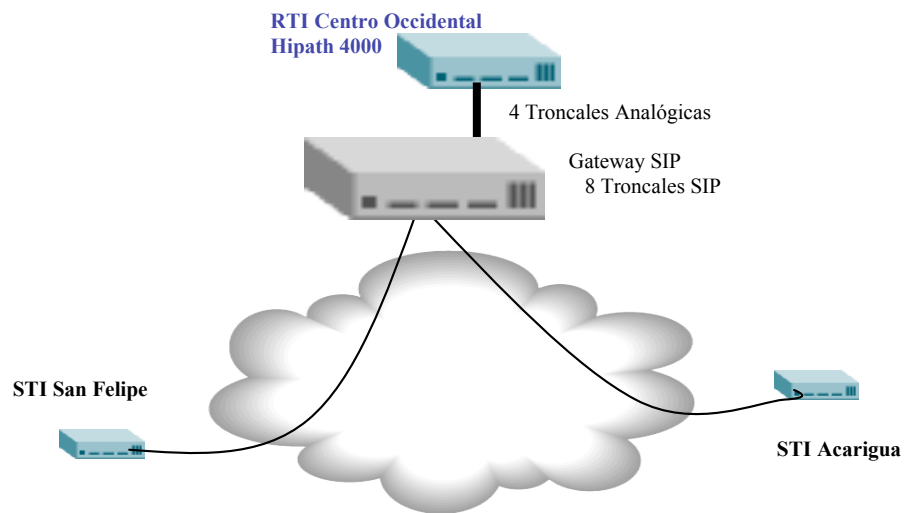
Interconexión con la Sede Normativa Mata de Coco



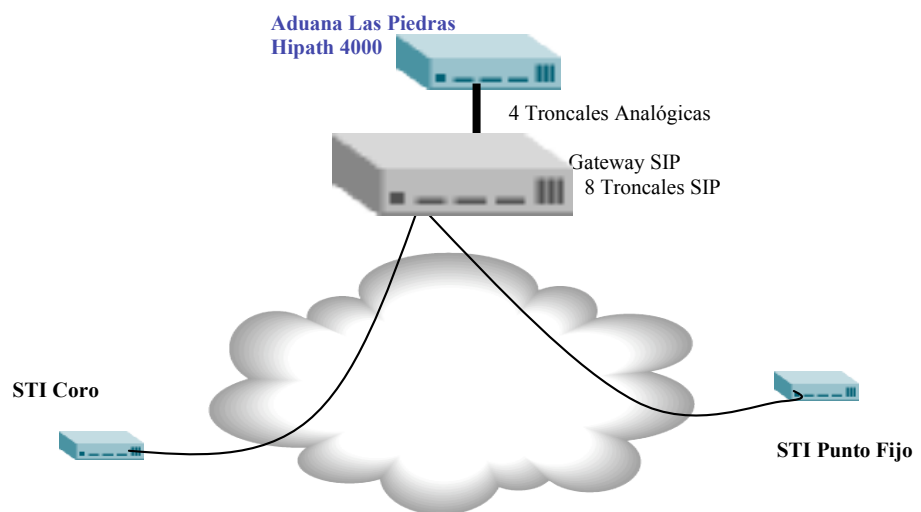
Interconexión con la Región Los Andes



Interconexión con la Región Centro Occidental

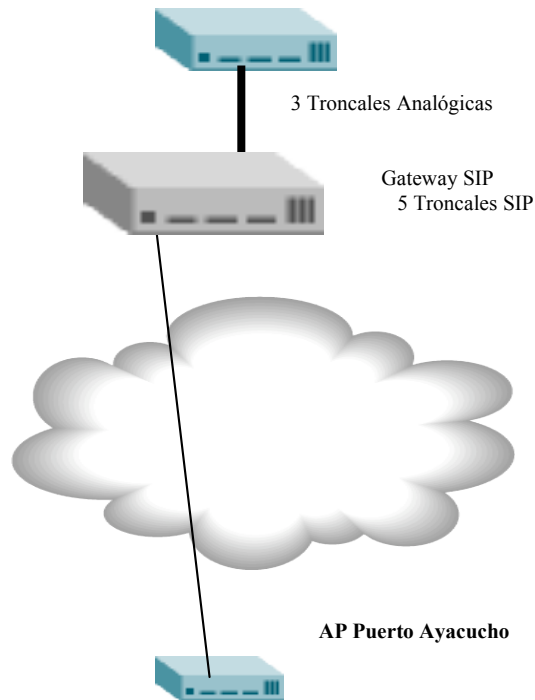


Interconexión con la Aduana Principal Las Piedras



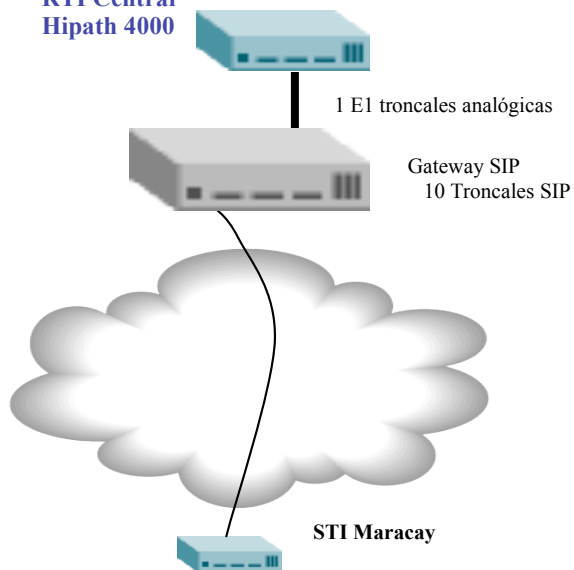
Interconexión con la Región Guayana

RTI Ciudad Bolívar
Hipath 4000

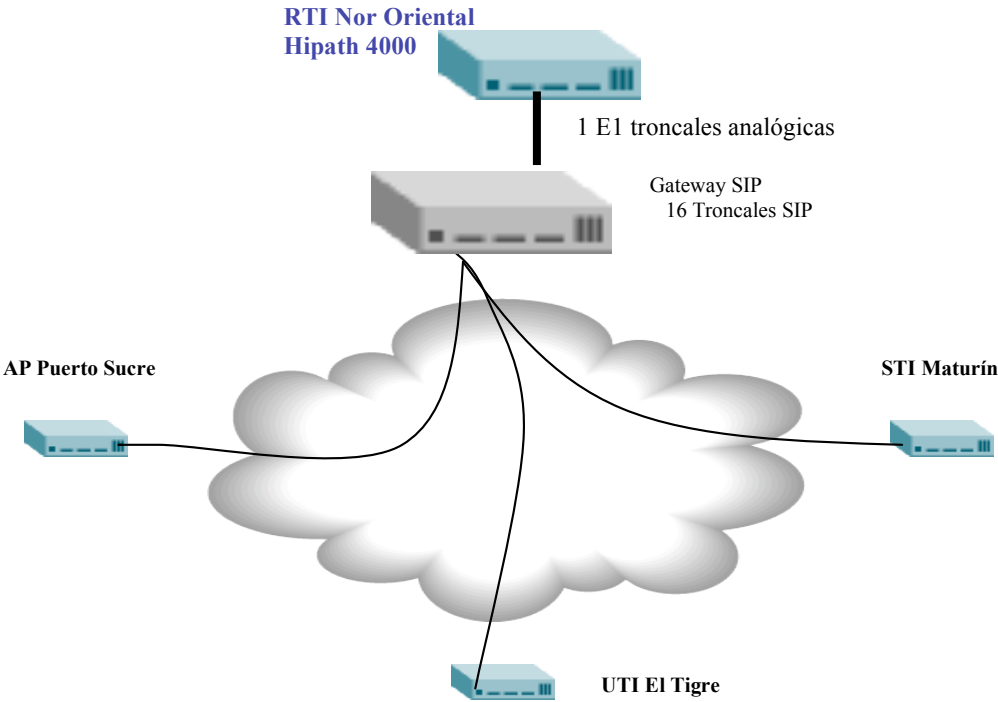


Interconexión con la Región Central

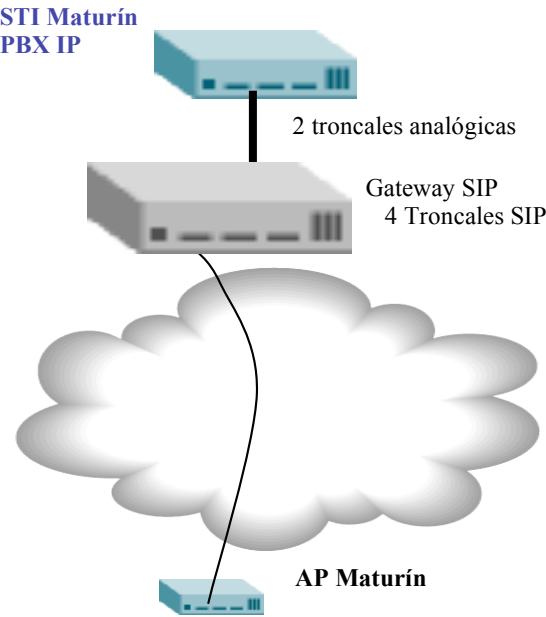
RTI Central
Hipath 4000



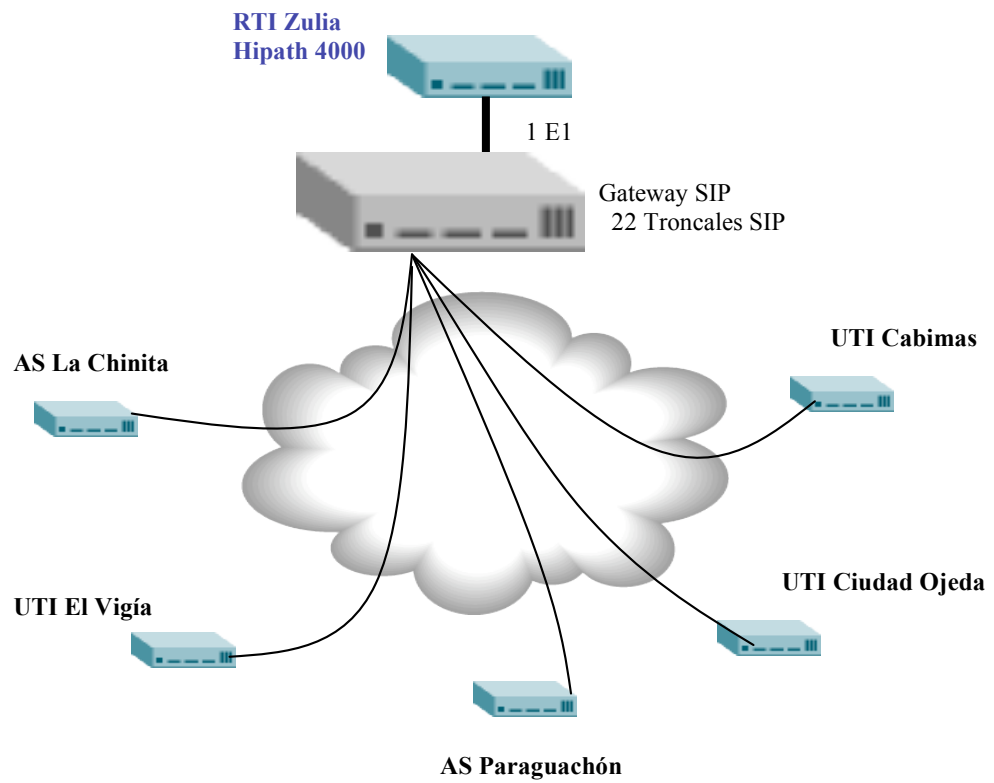
Interconexión con la Región Nor Oriental



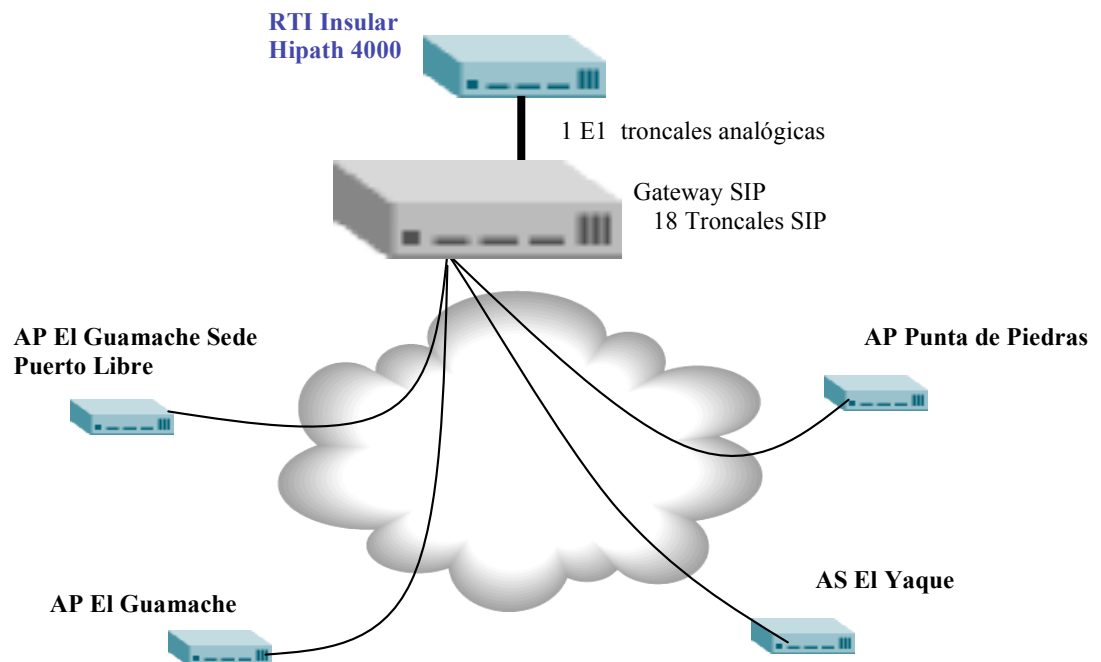
Interconexión con el Sector Maturín



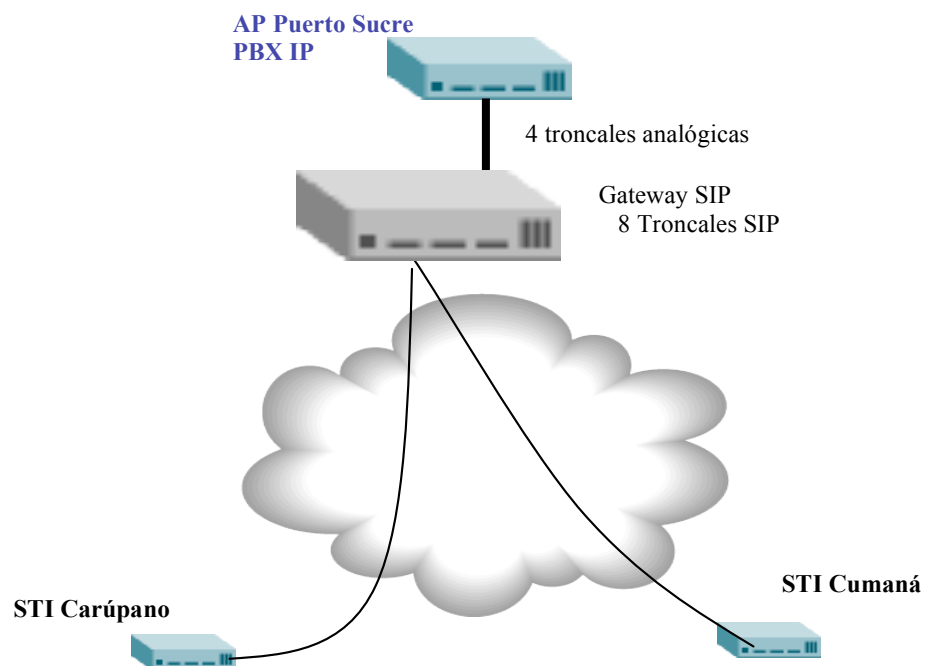
Interconexión con Región Zuliana



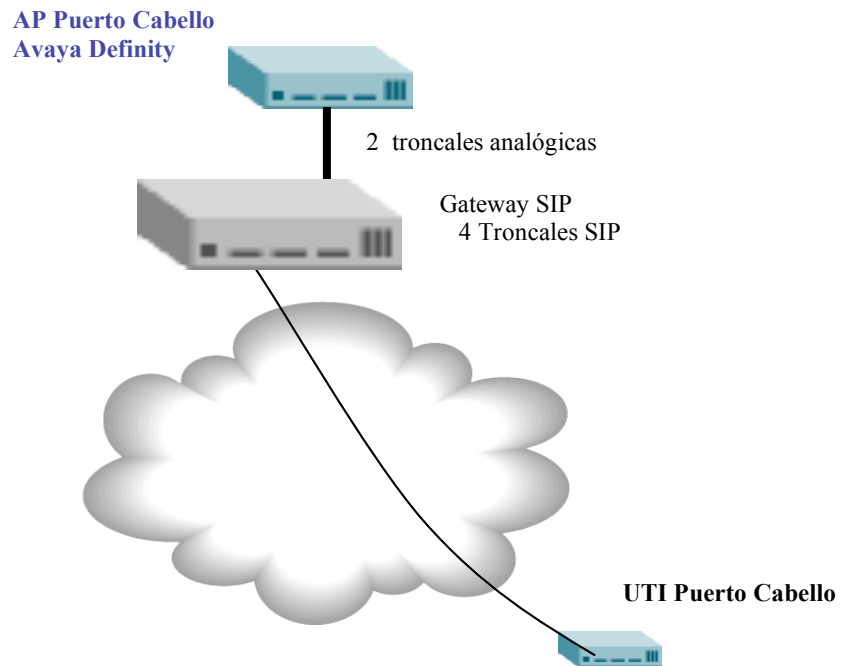
Interconexión con Región Insular



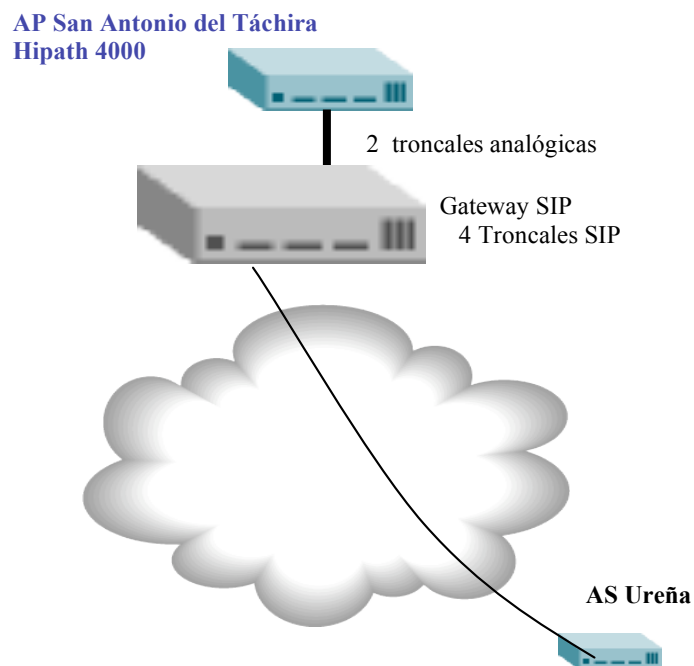
Interconexión con Aduana Principal Puerto Sucre



Interconexión con Aduana Principal Puerto Cabello



Interconexión con Aduana San Antonio del Táchira

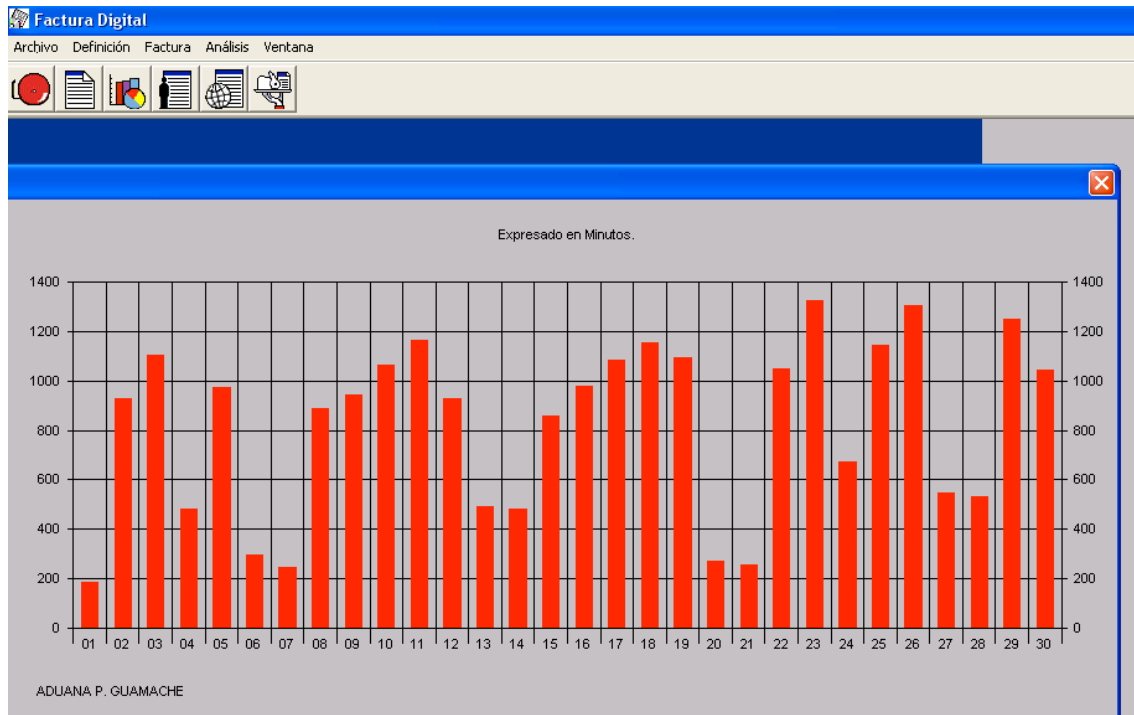


ANEXO II

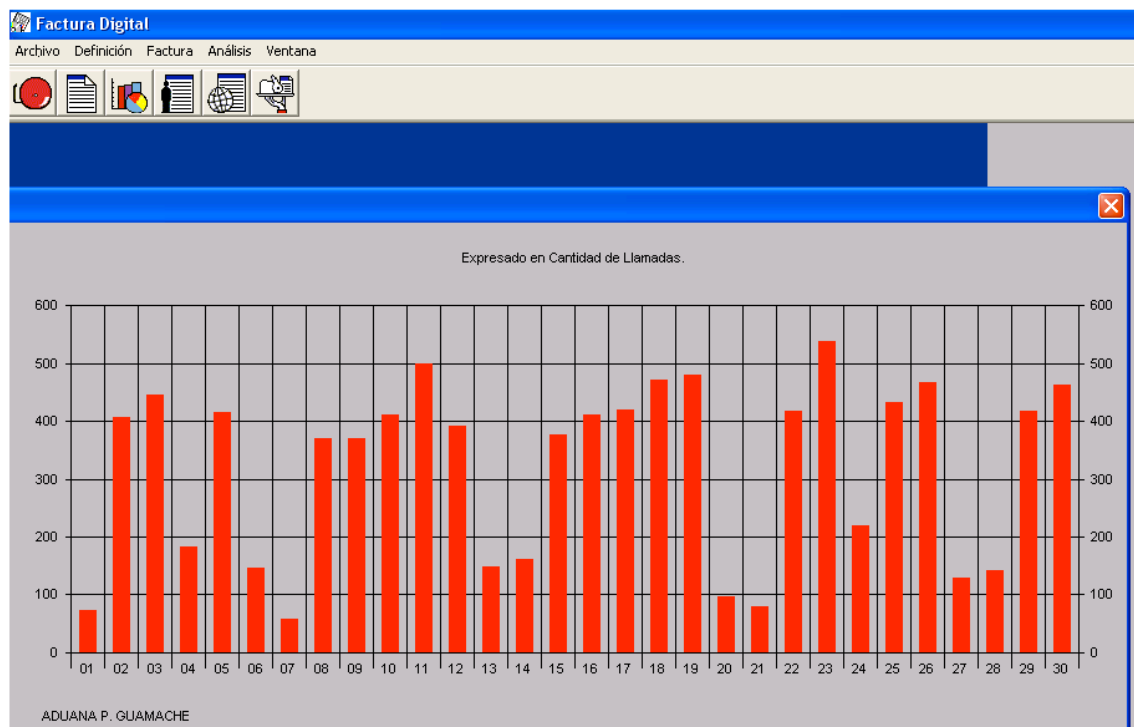
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Se muestran los recursos de hardware y Software requeridos y los cálculos de Ingeniería de Tráfico realizados para el dimensionamiento de troncales

ANEXO II.1 Estadísticas de llamadas para el cálculo de Tráfico



Minutos Totales del día



Cantidad de llamadas al día

Anexo II.2 Cálculo de Troncales

SECTOR / UNIDAD O ADUANA	Nro de Llamadas al día	Duración de llamadas (seg)	Cálculos de Erlang	Cantidad de Troncales
SECTOR PROPATRIA	246	180	4,83	10
SECTOR RIO CHICO	209	151,8	3,52	8
SECTOR ALTOS MIRANDINOS	431	154,2	7,39	13
SECTOR VALLES DEL TUY	349	220	8,53	15
UNIDAD DE LA GUAIRA	249	154,2	4,26	9
SECTOR MARACAY	2856	154,2	48,93	60
UNIDAD LA VICTORIA	288	154,2	4,93	10
UNIDAD PUERTO CABELLO	176	180	3,52	8
UNIDAD DE CAGUA	309	210	7,2	13
RTI LOS LLANOS	709	271,2	21,35	30
SECTOR TRUJILLO	286	210	6,69	13
SECTOR BARINAS	360	180	7,2	13
SECTOR MERIDA	448	180	8,95	15
UNIDAD EL TIGRE	249	180	4,97	10
SECTOR MATURIN	253	180	5,06	10
SECTOR CUMANA	316	180	6,32	12
SECTOR CARUPANO	176	180	3,51	8
UNIDAD CABIMAS	358	180	7,16	13
UNIDAD CIUDAD OJEDA	347	180	6,95	13
UNIDAD EL VIGIA	164	180	3,28	8
SECTOR CORO	149	180	2,99	8
SECTOR PUNTO FIJO	178	180	3,56	8
SECTOR ACARIGUA	181	180	3,62	8
SECTOR SAN FELIPE	154	180	3,08	8
A.P. SANTA ELENA DE UAIREN	447	180	8,93	15
A.P. PUERTO SUCRE	460	210	10,73	18
A. S. PARAGUACHON	336	180	6,73	13
A.P. EL GUAMACHE	427	154,2	7,308	13
A.P. EL GUAMACHE SEDE PUERTO LIBRE	352	180	7,04	13
A. S. EL YAQUE	176	180	3,52	8
A.P. GUIRIA	247	180	4,95	10
A.P. PUERTO AYACUCHO	349	180	6,99	13
A.P. MERIDA	361	180	7,22	13
A. S. BARCELONA	180	180	3,6	8
A.P. MATURIN	152	180	3,04	8
A. S. LA CHINITA	181	180	3,62	8
A. S. UREÑA	149	180	2,97	8
A.P. PUNTA DE PIEDRAS	161	180	3,21	8

Nota: Los cálculos de Erlang se determinaron por las ecuaciones presentadas en el capítulo V referentes al dimensionamiento del sistema y utilizando un grado de servicio del 2 %

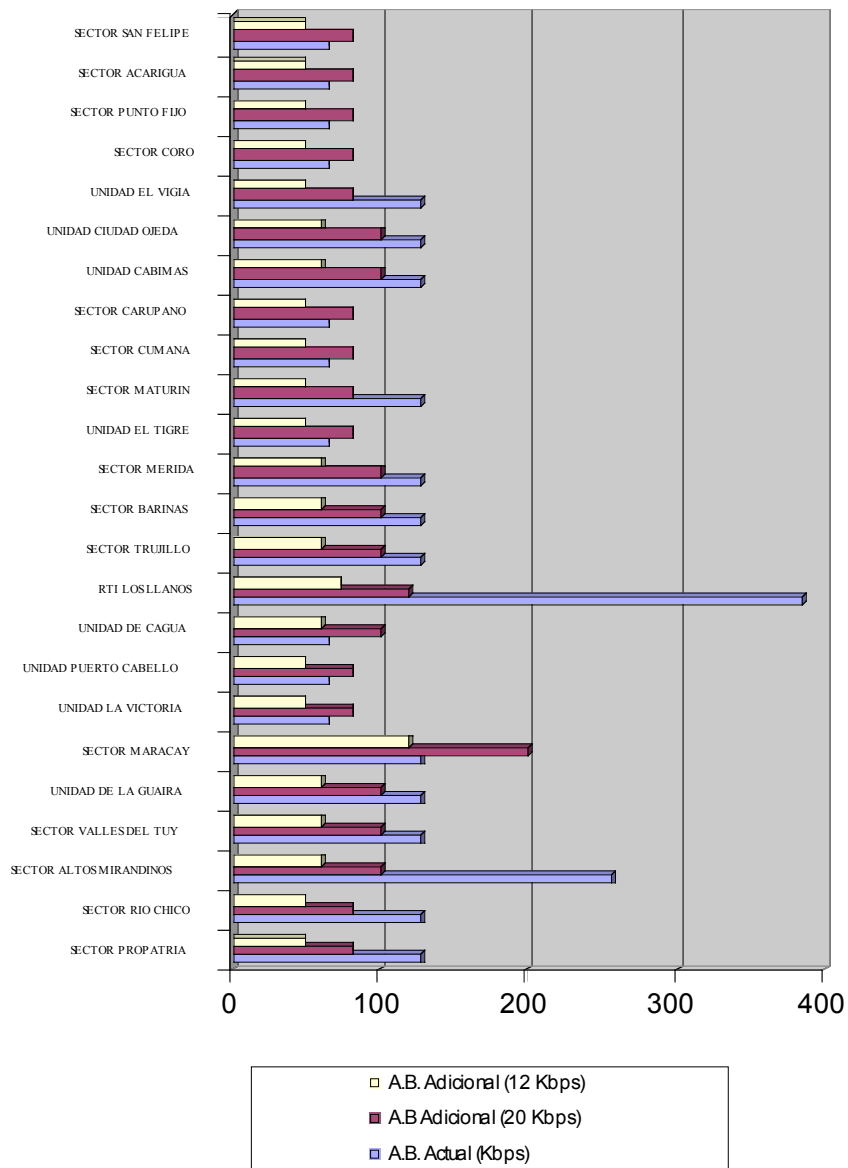
Anexo II.3 Capacidades del Gateway SIP

SEDE	TRONCALES SIP	TRONCALES ANALÓGICAS
Normativa Mata de Coco	56	2 E1
R.T.I San Cristóbal	16	8
R.T.I Centro Occidental	8	4
A.P. Las Piedras	8	4
R.T.I Ciudad Bolívar	5	3
R.T.I Central	10	1 E1
R.T.I Nor Oriental	16	1 E1
S.T.I Maturín	4	2
R.T.I Zuliana	18	1 E1
R.T.I Insular	18	1 E1
A.P. Puerto Sucre	8	4
A.P. Puerto Cabello	4	2
A.P. San Antonio del Táchira	4	2

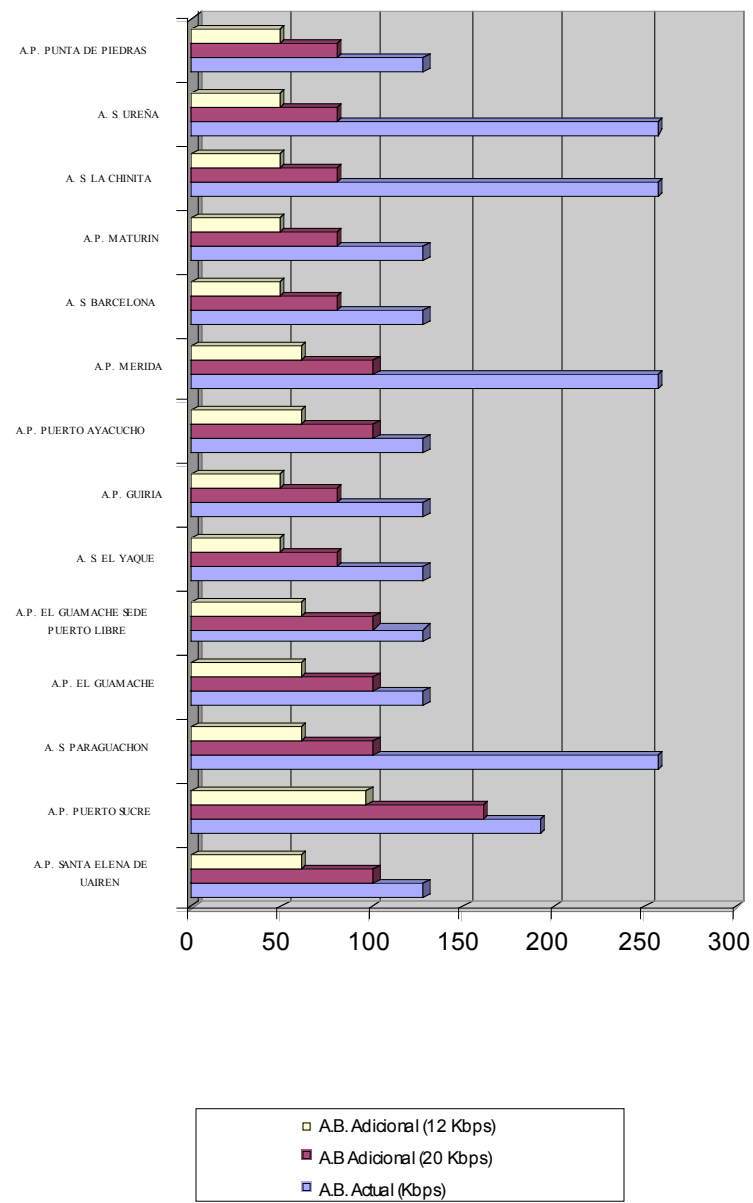
Anexo II.4 Porcentajes de utilización del Ancho de Banda para VoIP

SECTOR / UNIDAD / ADUANA	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)	A.B PARA VoIP (12 Kbps) (Kbps)	% de Utilización de A.B para VoIP
Sector Propatria	128	48	37.5
Sector Río Chico	128	48	37.5
Sector Altos Mirandinos	256	60	23.43
Sector Valles del Tuy	128	60	46.87
Unidad de la Guaira	128	60	46.87
Sector Maracay	128	120	93.75
Unidad la Victoria	64	48	75
Unidad Puerto Cabello	64	48	75
Unidad de Cagua	64	60	93.75
RTI Los Llanos	384	72	18.75
Sector Trujillo	128	60	46.87
Sector Barinas	128	60	46.87
Sector Mérida	128	60	46.87
Unidad el Vigía	64	48	75
Unidad El Tigre	128	48	37.5
Sector Maturín	64	48	75
Sector Cumaná	64	48	75
Sector Carúpano	128	60	46.87
Unidad Cabimas	128	60	46.87
Unidad Ciudad Ojeda	128	48	37.5
Sector Coro	64	48	75
Sector Punto Fijo	64	48	75
Sector Acarigua	64	48	75
Sector San Felipe	64	48	75
A.P. Santa Elena de Uairén	128	60	46.87
A.P. Puerto Sucre	192	96	50
A.S. Paraguachón	256	60	23.43
A.P. El Guamache	128	60	46.87
A.P. El Guamache sede Puerto Libre	128	60	46.87
A.S. El Yaque	128	48	37.5
A.P. Guiria	128	48	37.5
A.P. Puerto Ayacucho	128	60	46.87
A.P. Mérida	256	60	23.43
A. S. Barcelona	128	48	37.5
A.P. Maturín	128	48	37.5
A. S. La Chinita	256	48	18.75
A. S. Ureña	256	48	18.75
A.P. Punta de Piedras	128	48	37.5

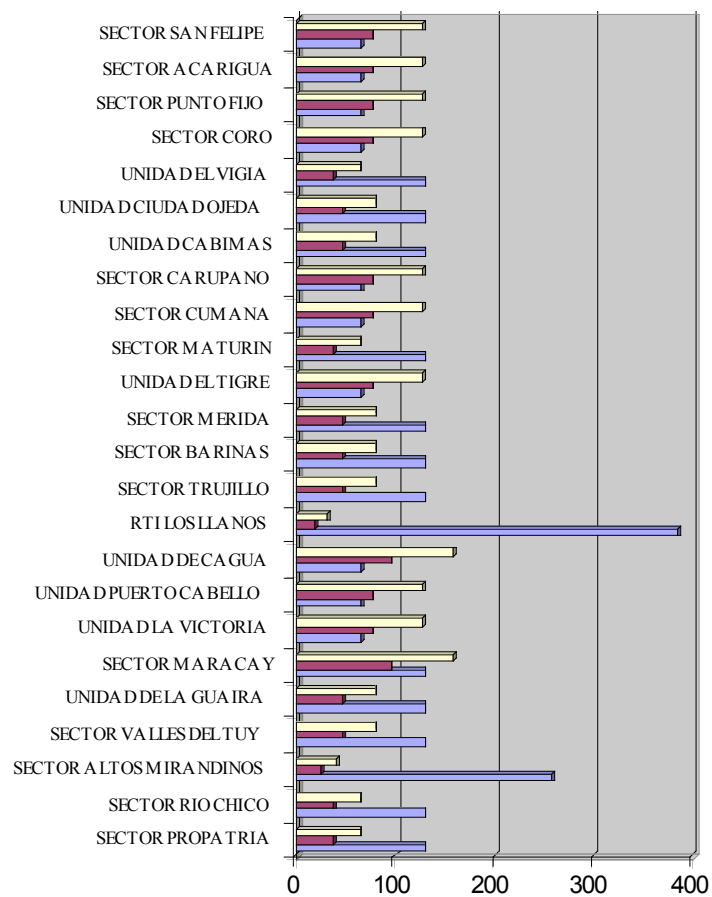
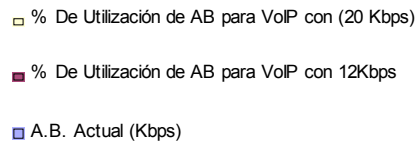
Comparación entre el Ancho de Banda Actual y el Adicional para VoIP en los Sectores y Unidades de Tributos Internos



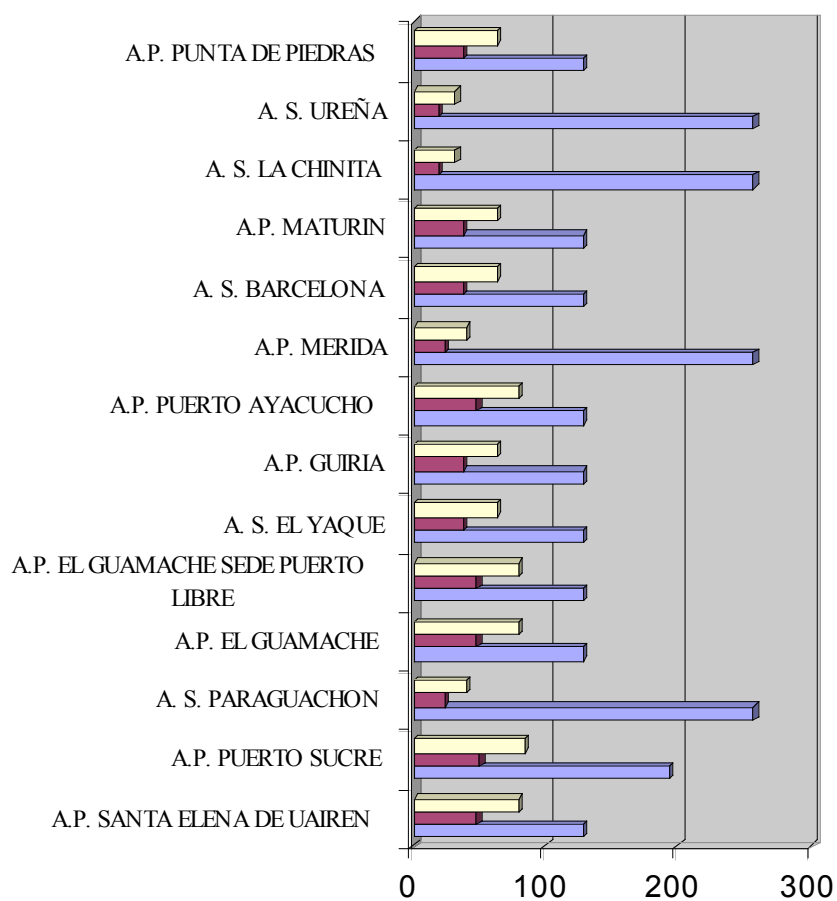
**Comparación entre el Ancho de Banda Actual y el
Adicional para VoIP las Aduanas**



Comparación de Porcentajes de Utilización en Sectores y Unidades



Comparación de Porcentajes de Utilización en Las Aduanas



■ % De Utilización de AB para VoIP con (20 Kbps)
■ % De Utilización de AB para VoIP con 12Kbps
■ A.B. Actual (Kbps)

Anexo II.5 Aumento de Ancho de Banda Sugerido

SECTOR / UNIDAD / ADUANA	ANCHO DE BANDA ACTUAL (Kbps)	ANCHO DE BANDA SUGERIDO
Sector Propatria	128	256
Sector Río Chico	128	256
Sector Altos Mirandinos	256	384
Sector Valles del Tuy	128	384
Unidad de la Guaira	128	384
Sector Maracay	128	1024
Unidad la Victoria	64	256
Unidad Puerto Cabello	64	256
Unidad de Cagua	64	384
RTI Los Llanos	384	384
Sector Trujillo	128	384
Sector Barinas	128	384
Sector Mérida	128	384
Unidad el Vigía	64	192
Unidad El Tigre	128	256
Sector Maturín	64	256
Sector Cumaná	64	256
Sector Carúpano	128	256
Unidad Cabimas	128	256
Unidad Ciudad Ojeda	128	256
Sector Coro	64	192
Sector Punto Fijo	64	192
Sector Acarigua	64	192
Sector San Felipe	64	192
A.P. Santa Elena de Uairén	128	256
A.P. Puerto Sucre	192	384
A.S. Paraguachón	256	256
A.P. El Guamache	128	256
A.P. El Guamache sede Puerto Libre	128	256
A.S. El Yaque	128	256
A.P. Guiría	128	192
A.P. Puerto Ayacucho	128	256
A.P. Mérida	256	256
A. S. Barcelona	128	192
A.P. Maturín	128	192
A. S. La Chinita	256	256
A. S. Ureña	256	256
A.P. Punta de Piedras	128	192

Anexo II.6 Dimensionamiento de Hardware y Software

SECTOR / UNIDAD / ADUANA	Modem para administración Remota	Software de administración	Troncales IP SIP	Troncales Analógicas ó Els	Circuito de música en espera	Soporte para mensajería unificadas	Extensiones analógicas	Extensiones IP SIP	Aparatos Telefónicos IP SIP	Aparatos telefónicos analógicos	Softphone SIP	Net buffer para Ring Master
Sector Propatria	1	1	4	6	1	1	32	10	8	15	2	1
Sector Río Chico	1	1	4	4	1	1	24	8	6	10	2	1
Sector Altos Mirandinos	1	1	5	8	1	1	48	16	10	20	6	1
Sector Valles del Tuy	1	1	5	10	1	1	72	16	12	30	4	1
Unidad de la Guaira	1	1	5	4	1	1	24	12	8	10	4	1
Sector Maracay	1	1	10	2E1	1	1	312	96	32	110	40	1
Unidad la Victoria	1	1	4	6	1	1	40	12	8	10	2	1
Unidad Puerto Cabello	1	1	4	4	1	1	24	12	8	10	2	1
Unidad de Cagua	1	1	5	8	1	1	48	16	8	20	2	1
RTI Los Llanos	1	1	6	1E1	1	1	144	40	24	50	12	1
Sector Trujillo	1	1	5	8	1	1	48	16	12	10	4	1
Sector Barinas	1	1	5	8	1	1	48	16	12	12	4	1
Sector Mérida	1	1	5	10	1	1	72	16	12	30	4	1
Unidad el Vigía	1	1	4	6	1	1	32	8	6	30	2	1
Unidad El Tigre	1	1	4	6	1	1	40	12	8	30	4	1
Sector Maturín	1	1	4	8	1	1	40	12	8	30	4	1
Sector Cumaná	1	1	4	4	1	1	56	16	8	48	4	1
Sector Carúpano	1	1	5	8	1	1	24	8	6	20	2	1
Unidad Cabimas	1	1	5	8	1	1	48	16	10	35	4	1
Unidad Ciudad Ojeda	1	1	4	4	1	1	56	16	10	40	4	1
Sector Coro	1	1	4	4	1	1	24	8	6	20	2	1
Sector Punto Fijo	1	1	4	4	1	1	24	8	6	20	2	1
Sector Acarigua	1	1	4	4	1	1	24	8	6	20	2	1
Sector San Felipe	1	1	4	4	1	1	24	8	6	18	2	1
A.P. Santa Elena de Uairén	1	1	5	10	1	1	72	16	12	16	4	1
A.P. Puerto Sucre	1	1	8	10	1	1	72	24	12	22	8	1
A.S. Paraguachón	1	1	5	8	1	1	56	16	10	40	6	1
A.P. El Guamache	1	1	5	8	1	1	48	16	12	45	4	1
A.P. El Guamache sede P.L	1	1	5	8	1	1	48	16	8	48	8	1
A.S. El Yaque	1	1	4	4	1	1	24	8	6	15	2	1
A.P. Guiría	1	1	4	6	1	1	32	16	12	20	4	1
A.P. Mérida	1	1	5	8	1	1	48	16	12	30	4	1
A.P. Puerto Ayacucho	1	1	5	8	1	1	48	16	12	35	4	1
A. S. Barcelona	1	1	4	4	1	1	48	12	10	20	2	1
A.P. Maturín	1	1	4	4	1	1	24	12	8	20	3	1
A. S. La Chinita	1	1	4	4	1	1	24	12	8	22	4	1
A. S. Ureña	1	1	4	4	1	1	24	12	8	24	4	1
A.P. Punta de Piedras	1	1	4	4	1	1	24	8	6	15	2	1

ANEXO III

PRUEBAS REALIZADAS

CREACIÓN DE EXTENSIONES

Account Settings

Extension: 32

Display Name:

User Permissions

User Password Protection for:

☐ Incoming Calls

☐ Outgoing Calls

☐ Enable SIP Remote Extension Settings

Extensions Management - Edit Entry

General Settings

[SIP Settings](#)

[SIP Advanced Settings](#)

[Remote Settings](#)

[Call Queue Settings](#)

[Voice Mailbox Settings](#)

General Settings - 11

Display Name

Password

Confirm Password

Attached Line ▼

☐ Allow Call Relay

☐ Use for Call Park

☐ External Call Policy

Percentage of System Memory ▼ %

Voice Mail Settings

Extension: 32

Maximal mail message duration (min) 5

- Send end of greeting message
- Ask password before granting local access to mail box
- Ask password before granting remote access to mail box
- Send welcome message
- Play Voice Mail help
- Automatically play messages
- Send mails count information message
- Send date/time information message
- Send beep at the end of message
- Send new voice messages via e-mail
- E-mail address pdiaz@seniat.gov.ve

Remove Voice Mail On Send

Send new voice message notifications via SMS

Mobile number

More notification options >>>

Voice Mail Indication

Lamp indication

Tone indication

Ringing indication

Ring duration (sec) 0.2

Silence duration (min) 10

Enable ZeroOut

Redirect call type PBX

Redirect address 00

Enable Fax Redirection

Redirect to extension 11

Enable Out Of Office

ESTADÍSTICAS DE LLAMADAS

Call Statistics - Successful Calls

[Successful Calls](#) [Missed Calls](#) [Nonsuccessful Calls](#) [Statistics Settings](#)

Number of Records	Total Duration	Maximum Duration	Average Duration	Minimum Duration
39	22 min 18 sec	2 min 27 sec	34 sec	1 sec

Filter

Call Start Time	Call Duration	Calling Phone	Called Phone	Network Details ▲
04-Jun-2006 22:09:03	1 min 5 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-5769968	Codec: PCMU, Quality: 5 (very bad)
02-Jun-2006 17:00:57	43 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4614	Codec: PCMU, Quality: 4 (bad)
04-Jun-2006 00:40:11	29 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4614	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 17:17:26	6 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 17:09:34	42 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-904166206158	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 17:03:07	1 min 4 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4712	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 17:02:14	24 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4716	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 17:01:53	8 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4630	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:26:40	40 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-904166360649	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:12:15	33 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-4656	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:11:52	9 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-4635	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:11:22	24 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-4656	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
02-Jun-2006 12:11:05	5 sec	"Soft Phone" 31	PSTN1-4635	Codec: PCMU, Quality: 3 (satisfactory)
07-Jun-2006 12:51:59	46 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-04122127562	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 16:54:53	28 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4614	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 15:09:32	52 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4635	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 12:21:10	6 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4712	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 11:56:22	14 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4712	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 11:55:02	1 min 3 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4708	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 11:54:27	9 sec	"Prueba SIP Phone" 32	PSTN1-4712	Codec: G729a, Quality: 1 (excellent)
02-Jun-2006 11:54:27	46 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP	Codec: G729a, N/A

02-Jun-2006 17:13:44	42 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	<u>Codec: G729a, N/A</u>
02-Jun-2006 17:10:52	50 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	<u>Codec: G729a, N/A</u>
02-Jun-2006 17:04:32	51 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	<u>Codec: G729a, N/A</u>
02-Jun-2006 16:55:54	1 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	<u>Codec: G726-32, Quality: 1 (excellent)</u>
02-Jun-2006 16:53:47	19 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	<u>Codec: G726-32, Quality: 1 (excellent)</u>
02-Jun-2006 12:37:35	51 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	
02-Jun-2006 12:20:18	47 sec	PSTN1-?	"Prueba SIP Phone" 32	
02-Jun-2006 12:13:10	8 sec	"Prueba SIP Phone" 32	"Soft Phone" 31	
02-Jun-2006 12:10:09	50 sec	PSTN1-?(00)	13	
02-Jun-2006 12:08:38	48 sec	PSTN1-?	"Attendant" 00	
02-Jun-2006 12:07:33	48 sec	PSTN1-?	"Attendant" 00	
02-Jun-2006 11:57:00	48 sec	PSTN1-?	"Attendant" 00	
29-May- 2006 17:20:18	2 min 27 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	
29-May- 2006 17:19:26	41 sec	"Prueba SIP Phone" 32	"Soft Phone" 31	
29-May- 2006 17:18:02	11 sec	"prueba 1" 11	"Soft Phone" 31	
29-May- 2006 17:17:36	13 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	
29-May- 2006 17:09:49	1 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	
29-May- 2006 17:09:29	6 sec	"prueba 1" 11	"Prueba SIP Phone" 32	

ANEXO IV

MATRIZ DE EVALUACIÓN

MATRIZ DE EVALUACIÓN Y ESPECIFICACIONES TECNICAS

Licitación Central Telefónica IP

Item	Requerimiento SENIAT	Ofertado		Cumple	
		Si	No	Si	No
2. Arquitectura del Sistema					
2.1 Hardware	Ver MT P: 2.1 Ver MT Anexo A				
2.2 Software - Sistema Operativo de Software Libre	Ver MT P: 2.2				
2.3 Seguridad	Ver MT P: 2.3				
2.3.1 Acceso Controlado a la Plataforma de Gestión	Ver MT P: 2.3.1				
2.3.2 Acceso Remoto Seguro a través de PSTN	Ver MT P: 2.4.2				
2.3.3 Acceso Remoto a través de Internet o Intranet	Ver MT P: 2.3.3				
2.4 Comunicaciones IP	Ver MT P: 2.4				
2.4.1 Compatibilidad con terminales IP	Ver MT P: 2.4.1				
2.4.2 Calidad de Servicio	Ver MT P: 2.4.2				
2.4.3 DHCP del cliente	Ver MT P: 2.4.3				
2.4.4 Asignación de VLAN Automática	Ver MT P: 2.4.4				
2.4.5 Arquitectura Distribuida WAN	Ver MT P: 2.4.5				
2.4.5.1 Zona de Comunicaciones IP	Ver MT P: 2.4.5.1				
2.4.5.2 Disponibilidad del Sistema	Ver MT P: 2.4.5.2				
2.4.6 Compatibilidad con H323	Soportado				
2.4.6.1 Servidor Gatekeeper	Ver MT P: 2.4.6.1				
2.4.6.2 Pasarela H323	Ver MT P: 2.4.6.2				
2.4.7 Compatibilidad con SIP - Protocolo SIP RFC2327, RFC2679, RFC3261, RFC3262, RFC3264, RFC3515 y RFC3311.	Ver MT P: 2.4.7				
2.4.7.1 Compatibilidad del Terminal SIP	Ver MT P: 2.4.7.1				
2.4.7.2 Autenticación	Ver MT P: 2.5.7.2				
2.4.7.3 Comunicaciones SIP externas, Troncales SIP	Ver MT P: 2.4.7.3				
2.5 Compatibilidad XML WAP o JAVA	Ver MT P: 2.5				
2.6 Interfaces de Conectividad	Ver MT P: 2.6				
2.6.1 Redes Telefónicas Conmutadas Públicas	Ver MT P: 2.6.1				
2.6.2 Voz WAN	Ver MT P: 2.6.2				
2.6.3 Conectividad del Terminal	Ver MT P: 2.6.3				
3. Dimensionamiento del Sistema					
3.1 Capacidades					

3.1.1 Gateway SIP	Ver MT P: 3.1.1 Ver Anexo A				
3.1.2 Sedes Regionales	Ver MT P: 3.1.2 Ver ANEXO B				
3.2 Tráfico Telefónico	Soportado				
3.2.1 Tráfico Telefónico Normal	Ver MT P: 3.2.1				
3.2.2 Tráfico Telefónico Intenso	0.7 Erlangs				
3.3 Dimensionamiento para equipos Auxiliares	Ver MT P: 3.3				
3.3.1 Tráfico Telefónico Alto	0.7 Erlangs				
4. Fuentes de Alimentación					
4.1 Fuentes de Alimentación	Ver MT P: 4.1				
4.1.1 Baterías	Ver MT P: 4.1.1				
4.2 Arquitectura de Alimentación Distribuida	Ver MT P: 4.2				
5. Terminales Telefónicos					
5.1 General	Ver MT P: 5.1				
5.2 Terminales Analógicos	Ver MT P: 5.2				
5.3 Estaciones de Telefonía IP	Ver MT P: 5.4				
5.4 Consola de Operadoras	Soportado				
5.4.1 Descripción General	Ver MT P: 5.4.1				
5.4.2 Supervisión de la Estación en la Consola de Operadora	Ver MT P: 5.4.2				
5.4.3 Respuesta Manual o Automática	Ver MT P: 5.4.3				
5.4.4 Llamada por nombre a personas internas o externas	Ver MT P: 5.4.4				
5.4.5 Manos libres y escucha amplificada	Ver MT P: 5.4.5				
5.4.6 Niveles de Timbre	Ver MT P: 5.4.6				
5.4.7 Señalización DTMF	Ver MT P: 5.4.7				
5.4.8 Retirada de una operadora de un grupo de operadoras	Ver MT P: 5.4.8				
5.4.9 Retirada de la última operadora	Ver MT P: 5.4.9				
5.4.10 Múltiples posiciones de operadoras	Ver MT P: 5.4.10				
5.4.11 Cambio automático de las consolas de operadora	Ver MT P: 5.4.11				
5.4.12 Bloqueo de posición de operadora	Ver MT P: 5.4.12				
5.4.13 Grabación de conversaciones	Ver MT P: 5.4.13				
5.4.14 Acceso a los directorios	Ver MT P: 5.4.14				
5.4.15 Servicios de Gestión	Ver MT P: 5.4.15				
6. Directorios					
6.1 Directorios	Ver MT P: 6.1				
7. Características del Teléfono					
7.1 Visualización en varios idiomas en estaciones IP	Ver MT P: 7.1				
7.2 Funciones Básicas de Telefonía	Ver MT P: 7.2				
7.3 Funciones Complementarias de	Ver MT P: 7.3				

Telefonía					
7.3.1 Estaciones de teclas múltiples	Ver MT P: 7.3.1				
7.3.2 Estaciones de números múltiples	Ver MT P: 7.3.2				
7.3.3 Estaciones de números y teclas múltiples	Ver MT P: 7.3.3				
7.3.4 Filtrado (Jefe - secretaria)	Ver MT P: 7.3.4				
7.3.4.1 Servicios Generales	Ver MT P: 7.3.4.1				
7.3.4.2 Estación de filtrado de desbordamiento	Ver MT P: 7.3.4.2				
7.3.5 Bienvenida automática para llamadas DID de usuarios y operadoras	Ver MT P: 7.3.5				
7.3.5.1 Mensajes de bienvenida para llamadas de operadora directa (DID)	Ver MT P: 7.3.5.1				
7.3.5.2 Mensaje de bienvenida para llamadas de estación directa (DID)	Ver MT P: 7.3.5.2				
7.3.5.3 Mensaje de bienvenida para llamadas directas (DID) a una estación inactiva	Ver MT P: 7.3.5.3				
7.3.5.4 Mensaje de bienvenida para llamadas directas (DID) a una estación ocupada	Ver MT P: 7.3.5.4				
7.3.5.5 Llamada directa (DID) a una estación desviada	Ver MT P: 7.3.5.5				
7.3.6 Operadora Automática	Ver MT P: 7.3.6				
7.3.7 Música en Espera	Ver MT P: 7.3.7				
7.3.8 Marcación rápida	Ver MT P: 7.3.8				
7.3.9 Sustitución de Servicio	Ver MT P: 7.3.9				
7.3.10 Desvío Externo	Ver MT P: 7.3.10				
7.3.11 Registro de llamadas sin responder	Ver MT P: 7.3.11				
7.3.12 Acceso al sistema de selección directa, DISA	Ver MT P: 7.3.12				
7.3.13 Gestión remota del teléfono	Ver MT P: 7.3.13				
7.3.14 Desvío nocturno automático	Ver MT P: 7.3.14				
7.3.15 Programación de números y derechos de estación	Ver MT P: 7.3.15				
8. Plan de Numeración	Ver MT P: 8				
9. Administración del Sistema Administración Centralizada y no en consola					
9.1 Terminal Administrativo	Ver MT P: 9.1				
9.1.1 Conectividad	Ver MT P: 9.1.1				
9.1.2 Administración de la seguridad de acceso por módem	Ver MT P: 9.1.2				
9.1.3 Seguridad de acceso de administración	Ver MT P: 9.1.3				
9.1.4 Administración de dominios	Ver MT P: 9.1.4				
9.1.5 Administración del sistema	Ver MT P: 9.1.5				
9.1.6 Historial y recogida del tráfico	Ver MT P: 9.1.6				

9.1.7 Administración de costos de comunicación	Ver MT P: 9.1.7				
9.1.7.1 Características Generales	Ver MT P: 9.1.7.1				
9.1.7.2 Registros de detalles de llamadas para informes de costo	Ver MT P: 9.1.7.2				
9.1.8 Administración de las alarmas del sistema	Ver MT P: 9.1.8				
9.2 Topología	Ver MT P: 9.2				
9.3 Impresión de informes	Ver MT P: 9.3				
10. Mensajería de Voz	Ver MT P: 10				
10.1 Respuesta con marca de fechas	Ver MT P: 10.1				
10.2 Notificaciones Personalizables	Ver MT P: 10.2				
10.3 Desvío de llamadas al sistema de mensajería de voz por parte de un propietario de buzón	Ver MT P: 10.3				
10.4 Desbordamiento de llamadas internas	Ver MT P: 10.4				
10.5 Indicación de mensaje en espera	Ver MT P: 10.5				
10.6 Acceso o revisión de mensajes	Ver MT P: 10.6				
10.7 Seguridad de Acceso	Ver MT P: 10.7				
10.8 Tutorial	Ver MT P: 10.8				
10.9 Lista de Difusión	Ver MT P: 10.9				
10.10 Desvío de mensaje de voz	Ver MT P: 10.10				
10.11 Almacenamiento de mensajes	Ver MT P: 10.11				
10.12 Llamada por nombre	Ver MT P: 10.12				
10.13 Idiomas múltiples	Ver MT P: 10.13				
10.14 Operadora automática	Ver MT P: 10.14				
11. Comunicaciones Unificadas	Ver MT P: 11				
11.1 Módulo de mensajería unificada	Ver MT P: 11.1				
11.2 Módulo de Softphone	Ver MT P: 11.2				
11.3 Módulo de enrutamiento de llamadas	Ver MT P: 11.3				
11.4 Módulo de aplicaciones de colaboración	Ver MT P: 11.4				
12. Configuraciones para Multisitio	Ver MT P: 12				
12.1 Enlaces entre nodos o entre sitios	Ver MT P: 12.1				
12.2 Protocolos	Ver MT P: 12.2				
12.3 Servicios de telefonía de red	Ver MT P: 12.3				
12.4 Optimización de los costos de la Red	Ver MT P: 12.4				
12.5 Enrutamiento de llamadas de red entrantes	Ver MT P: 12.5				
12.6 Administración de los enlaces de salida durante uso intenso	Ver MT P: 12.6				
12.7 Administración Centralizada	Ver MT P: 12.7				
12.8 Requisitos Generales	Ver MT P: 12.8				
12.8.1 Requisitos de las aplicaciones	Ver MT P: 12.8.1				
12.8.2 Seguridad	Ver MT P: 12.8.2				
12.8.3 Arquitectura del Sistema	Ver MT P: 12.8.3				
12.9 Conexión en Red Heterogénea	Ver MT P: 12.9				
12.9.1 QSIG-BC-SS	Ver MT P: 12.9.1				
12.9.2 DPNSS	Ver MT P: 12.9.2				

13. Instalación					
13.1 Presentación de ofertas	Ver MT P: 13.1				
13.2 Materiales de instalación	Ver MT P: 13.2				
13.3 Personal de instalación	Ver MT P: 13.3				
13.4 Ubicación de equipos	Ver MT P: 13.4				
13.5 Alimentación de energía, tierra y aire acondicionado	Ver MT P: 13.5				
13.6 Fiscalización de obras	Ver MT P: 13.6				
13.7 Obras extras	Ver MT P:13.7				
14. Especificaciones de Entrenamiento					
14.1 Generalidades	Ver MT P: 14.1				
14.2 Nivel de los Estudiantes	Ver MT P: 14.2				
14.3 Número de Participantes	Ver MT P: 14.3				
14.4 Útiles de Entrenamiento	Ver MT P: 14.4				
14.5 Personal Necesario	Ver MT P: 14.5				
14.6 Organización del Curso	Ver MT P: 14.6				
14.7 Entrenamiento de Operadoras	Ver MT P: 14.7				
14.8 Entrenamiento de Operación de Teléfonos IP	Ver MT P: 14.8				
15. Especificaciones Manuales y Documentos					
15.1 Generalidades	Ver MT P: 15.1				
15.1.1 Documentación	Ver MT P: 15.1.1				
15.1.2 Requisitos generales	Ver MT P: 15.1.2				
15.1.3 Sistema de unidades	Ver MT P: 15.1.3				
15.1.4 Idioma	Ver MT P: 15.1.4				
15.1.5 Planos	Ver MT P: 15.1.5				
15.1.5.1 Generalidades	Ver MT P: 15.1.5.1				
15.1.5.2 Claridad	Ver MT P: 15.1.5.2				
15.1.5.3 Leyenda.	Ver MT P: 15.1.5.3				
15.1.5.4 Dimensiones.	Ver MT P: 15.1.5.4				
15.1.5.5 Detalles	Ver MT P: 15.1.5.5				
15.1.5.6 Referencias	Ver MT P: 15.1.5.6				
Cruzadas					
15.1.5.7 Cantidad	Ver MT P: 15.1.5.7				
15.1.5.8 Lista de Planos	Ver MT P: 15.1.5.8				
15.2 Información técnica	Ver MT P: 15.2				
15.2.1 Generalidades	Ver MT P: 15.2.1				
15.2.2 Presentación de manuales	Ver MT P: 15.2.2				
15.2.2 .1 Tipos de manuales	Ver MT P: 15.2.2.1				
15.2.2.2 Instrucciones para herramientas especiales	Ver MT P: 15.2.2.2				
15.3 Producción	Ver MT P: 15.3				
15.4 Cantidades	Ver MT P: 15.4				
16. Especificaciones de Asesoría y Operación y Administración					
16.1 Generalidades	Ver MT P: 16.1				
16.2 Programas de mantenimiento	Ver MT P: 16.2				

16.3 Actividades	Ver MT P: 16.3				
16.3.1 Actividades Operativas	Ver MT P: 16.3.1				
16.3.2 Mantenimiento - Plan de mantenimiento mayor a dos (2) años	Ver MT P: 16.3.2				
16.3.3 Disponibilidad de centro de atención al cliente	Ver MT P: 16.3.3				
17. Especificaciones de Repuestos e Instrumentos de Medición					
17.1 Repuestos	Ver MT P: 17.1				
17.2 Herramientas y accesorios de operación	Ver MT P: 17.2				
17.3 Instrumentos de medición	Ver MT P: 17.3				
17.4 Garantía de suministros	Ver MT P: 17.4				
18. Garantía de los Equipos					
18.1 Garantía extendida de las centrales telefónicas	Ver MT P: 18.1				
18.2 Garantía de Suministro Garantía en equipos y repuestos mayor a dos (2) años	Ver MT P: 18.2				
18.3 Recaudos a presentar por el Proveedor	Ver MT P: 18.3				
19. Experiencia del Proveedor	Ver MT P: 19				
20. Condiciones Generales para la Adquisición	Ver MT P: 20				
Observaciones:					

Nota: Para cualquier duda en los términos usados dentro del check list consultar el Manual Técnico de Especificaciones.

El renglón “cumple” es sólo para uso del SENIAT

Ver MT P: XX.X. Ver Manual Técnico punto XX.