

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACION DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA PLATAFORMA TELEFÓNICA ACTUAL HACIA TELEFONÍA IP EN LA RED DEL BCV

PROF. GUIA: Luis Fernández
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Javier Bastidas

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Quiroz M., Rafael A.
para optar al Título de Ingeniero Electricista

Caracas, 2006



Caracas, 10 de noviembre de 2006

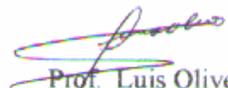
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Rafael M. Quiroz A., titulado:

“EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA PLATAFORMA TELEFÓNICA ACTUAL HACIA TELEFONÍA IP EN LA RED DEL BCV”

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 el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Carlos Fuenmayor
Jurado


Prof. Luis Fernández
Prof. Guía


Prof. Luis Olivero
Jurado



DEDICATORIA

En principio dedico este trabajo a mi Dios el creador, quien me ha dado las fuerzas y ha estado a mi lado en todos los “valles de sombra y de muerte” que he enfrentado a lo largo de mi vida y por supuesto en esta carrera, para siempre salir victorioso en gloria de su nombre.

A la memoria de la Profesora Mary Power quien en vida entregara todo lo mejor de su trabajo y dedicación a la Escuela de Ingeniería Eléctrica así como a la formación de muchos estudiantes que egresamos de está prestigiosa Escuela. Le pido a Dios mi padre la tenga en la gloria. Nunca la olvidaré profesora.

No solo este trabajo sino la carrera y todos mis logros, así como la vida misma, están dedicadas a la mujer que por su naturaleza femenina me dio la vida, pero que por su grandeza humana y cariño infinito me enseñó a enfrentar cada etapa de mi vida y a vivirla “a mi manera”. A ella debo todo lo que soy y lo que he logrado sin ella nada esto hubiese ocurrido, esto es para mi madre Cecilia Moreno.

A mis hermanos, Keyla, Dayron y Kelsy para su motivación a seguir en este hermoso y continuo camino de los estudios y el aprendizaje. Los quiero mucho.

A todas aquellas personas que tienen metas y que luchan cada día por cumplirlas. Para que no cesen en su lucha y se levanten con más fuerza para continuar cada vez que las adversidades los derriben.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

La agradezco a Dios mi padre por estar conmigo en todo momento demostrándome su amor infinito y bendiciéndome en cada momento para llevar una vida digna que me haga ser su fiel seguidor.

Para mi madre Cecilia Moreno infinitas gracias por hacer de este el logro de los dos con su continuo apoyo, cariño, dedicación, afecto...y muchas más. Por enseñarme todo lo que necesitaba saber en este camino de la vida, por cuidarme en la enfermedad y ayudarme en las complicadas decisiones que me presentaba el destino.

A mi padre José Rafael Quiroz quien con sus conocimientos y sabiduría ha contribuido a mi formación como hombre. También por su ayuda para la obtención de la pasantía que permitió la elaboración del proyecto de este trabajo especial de grado.

A Mis pequeños hermanos: Kelsy y Dayron Quiroz y Keyla Clark, sobretodo a esta última por su ayuda en la elaboración y corrección del presente trabajo. Ellos con su juventud también me enseñaron a disfrutar la vida por eso los quiero mucho.

Un agradecimiento especial merece el destino que me puso en este camino de la ingeniería y en muchas otras situaciones que he sabido manejar.

A mi amigo Juan Pablo Sánchez por su ayuda para mi ingreso a la UCV y sus enseñanzas al comienzo del camino, las cuales fueron de gran utilidad para enfrentar el gran reto que representó la carrera de Ingeniería Eléctrica.

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica quienes forman parte fundamental en mi formación como ingeniero, así como a todo el personal obrero y administrativo que hace posible el funcionamiento de esta casa de estudios.

Agradezco especialmente al fútbol y a la música, los cuales se convirtieron en vías de escape que me ayudaron a mantener la cordura en los duros momentos vividos durante la carrera; demostrándome que siempre estarán ahí cada vez que los necesite para brindarme alegrías y emociones que no encontraré en ninguna otra parte.

A mis amigos y compañeros de carrera Austin Martínez, Daniel Leguizamo, Víctor Contreras, Oswaldo Denis y Ricardo Aldana quienes haciendo lo que saben hacer me impulsaron en la recta final de este largo camino. Ellos compartieron conmigo los buenos y malos momentos de mi vida demostrándome en uno muy específico que puedo contar ellos así como ellos pueden contar conmigo.

A Karina Guzmán Valerio quien estuvo a mi lado apoyándome en parte de la carrera y contribuyendo de algún modo a mi formación personal. Ella de una forma muy particular fue quien me dio el principal impulso, en un momento determinado, para conseguir esta meta de ser Ingeniero. Y siempre la recordaré como una mujer muy especial a la que amé con todo mi corazón.

A todos los compañeros de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y de la facultad con los que pude compartir momentos de celebración y de tristeza durante estos años.

Finalmente a todo el personal del Departamento de Telemática del BCV: Joel Mantilla, a mi tutor Javier Bastidas, Miguel A. Lanz, Oliver Hernández, Mario Caravalló, Axel Díaz, Aisa Nadal, Anaem Caro, Pompeyo Silvestre y Cielo Tovar por su atención y apoyo durante mi permanencia en el banco. A los compañeros de soporte IBM: Miguel Cedeño, Ernesto González, Alexis Cedeño y Luis Torres por solventar mis dudas en los momentos más indicados de la elaboración del trabajo.

Quiroz M. Rafael A.

**EVALUACION DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACION
PARCIAL DE LA PLATAFORMA TELEFONICA ACTUAL HACIA
TELEFONIA IP EN LA RED DEL BCV**

Profesor Guía: Luis Fernández. Tutor Industrial: Ing. Javier Bastidas. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Banco Central de Venezuela, trabajo de grado 2006. 99 h + anexos.

Palabras claves: Telefonía IP, redes convergentes, servicios diferenciados, implementación, migración, VoIP, capacidad, calidad de servicio.

Resumen. Se analizan las características presentes en los equipos de la red institucional del Banco Central de Venezuela con el fin de determinar el soporte de ciertos estándares necesarios para la implementación de telefonía IP. Del mismo se analiza el funcionamiento lógico de la red y el porcentaje de utilización en los enlaces de la misma para estimar el impacto que produce en la actual plataforma el futuro cambio debido al nuevo tráfico de voz y otras señales necesarias para el funcionamiento de la telefonía IP. Obtenida toda esta información se analizará la tecnología VoIP y sus arquitecturas para el suministro de servicios telefónicos, con el fin de proponer un modelo que sea soportado por la plataforma de equipos actual de la red LAN para la implementación del servicio en las principales gerencias de la institución.

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	vi
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE GRAFICOS	xiv
INDICE DE ANEXOS.....	xvi
LISTA DE ACRONIMOS	xii
LISTA DE SIGLAS	xx
LISTA DE ABREVIATURAS	xxi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivo General	7

1.3.1	Objetivos específicos	7
1.4	Metodología.....	8
1.4.1	Estudios preliminares	8
1.4.2	Información de la red actual del banco.....	8
1.4.3	Análisis del funcionamiento de la plataforma actual.....	9
1.4.4	Desarrollo del modelo	9
CAPITULO II		10
LAS REDES Y SUS PROTOCOLOS		10
2.1	Redes LAN	10
2.2	Elementos de una red LAN	11
2.2.1	Estaciones de trabajo	11
2.2.2	Servidores	11
2.2.3	Tarjeta de interfaz de red	11
2.2.4	Cableado	12
2.2.5	Equipos de conectividad.....	12
2.2.5.1	Hubs o concentradores.....	12
2.2.5.2	Bridges	12
2.2.5.3	Routers	12
2.2.5.4	Gateways.....	12
2.3	Topologías de redes.....	13
2.4	Arquitectura de redes.....	14
2.5	Redes Ethernet.....	14
2.5.1	Formato de trama Ethernet.....	16
2.6	Redes VLAN	18
2.7	Protocolos de red.....	20
2.7.1	STP (Spanning Tree Protocol).....	20
2.7.2	HSRP (Hot Stanby Router Protocol)	22
2.7.3	VTP (Virtual Trunking Protocol)	23
2.7.4	EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).....	23

2.8 Suite TCP/IP.....	24
CAPITULO III.....	29
VoIP Y TELEFONIA IP.....	29
3.1 VoIP (Voice over IP).....	29
3.1.1 Ventajas de VoIP.....	30
3.1.1.1 Reducción de costos en llamadas de larga distancia.....	30
3.1.1.2 Más llamadas con menos ancho de banda.....	30
3.1.1.3 Mejores servicios corporativos.....	31
3.1.1.4 Uso eficiente de IP.....	31
3.2 Telefonía IP.....	32
3.2.1 Voz Digital.....	33
3.2.2 Muestreo, cuantificación y codificación.....	34
3.3 Criterios a tomar en cuenta para la telefonía IP.....	40
3.3.1 Retardo de paquetización.....	40
3.3.2 Retardo diferencial (jitter).....	40
3.3.3 Alta velocidad de voz.....	40
3.3.4 Una tasa constante para la voz.....	41
3.3.5 Reenvío de paquetes con error.....	41
3.4 Alternativas a utilizar en telefonía IP.....	42
3.4.1 Tamaño de los paquetes.....	42
3.4.2 Prioridad de paquetes.....	42
3.4.3 Compresión de la voz.....	42
3.4.4 Supresión de silencios.....	43
3.4.5 RTP (Real Time Protocol).....	44
3.4.6 El Jitter Buffer.....	44
3.5 Calidad de servicio (QoS).....	45
3.5.1 Modelo IntServ.....	46
3.5.2 Modelo DiffServ.....	46
3.5.3 IEEE 802.1p.....	49

3.5.4 IEEE 802.1Q.....	50
3.5.5 IEEE 802.3af	50
3.5.5.1 Equipo suministrador de energía (PSE).....	52
3.5.5.2 Equipo alimentado	52
3.6 Estándares para VoIP	53
3.6.1 H.323	53
3.6.1.1 Arquitectura de H.323.....	54
3.6.2 SIP (Session Initiation Protocol)	56
3.6.2.1 Arquitectura SIP.....	57
3.6.3 Relación entre SIP y H.323	58
 CAPITULO IV.....	 59
INFORMACIÓN DE LA RED ETHERNET CONMUTADA DEL BANCO CENTRAL DE VENEZUELA	 59
4.1 Plataforma física de la red	59
4.1.1 Equipos utilizados en la red institucional	62
4.1.1.1 Switches de piso.....	62
4.1.1.2 Switches core	66
4.1.2 Descripción detallada de los cuartos de cableado de la torre financiera ..	69
4.2 Funcionamiento de la red LAN del BCV.....	71
 CAPITULO V	 73
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA IP.....	 73
5.1 Monitoreo de la red LAN del BCV	73
5.1.1 Monitoreo edificio Sede	75
5.1.2 Monitoreo edificio Edoval.....	77
5.1.3 Monitoreo torre financiera.....	78
5.2 Análisis de los resultados del monitoreo de la red LAN.....	84

5.2.1 Resultados del edificio Sede.....	84
5.2.2 Resultados del edificio Edoval	86
5.2.3 Resultados de la torre financiera	87
5.3 Análisis de la plataforma actual de servicios de datos	89
5.3.1 Soporte de los estándares 802.1p/Q.....	90
5.3.2 802.3af (Power over Ethernet).....	90
 CAPITULO VI.....	 91
IMPACTO TECNOLÓGICO Y PROPUESTA DEL MODELO.....	91
 6.1 Impacto tecnológico de la nueva plataforma.....	 91
6.1.1 Señalización.....	91
6.1.2 Transmisión de la voz.....	91
6.2 Planteamiento del modelo par implementación	92
 CONCLUSIONES	 95
 RECOMENDACIONES	 97
 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	 98
 BIBLIOGRAFIA	 99

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Características del chasis de la serie 4500	64
Tabla 4.2 Número de puertos según el tipo para los modelos de la serie 4500	65
Tabla 4.3 Principales características de la serie 6500	69
Tabla 4.4 Puertos libres por switch de piso.....	70
Tabla 5.1 Conexiones del switch CORE NO con los cuartos de cableado	74
Tabla 5.2 Conexiones del switch CORE SE con los cuartos de cableado	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Transmisión de broadcast en redes Ethernet	16
Figura 2.2 Encapsulamiento de datos en capas del modelo OSI.....	16
Figura 2.3 Formato de la trama Ethernet	18
Figura 2.4 Protocolos TCP/IP y servicios.....	25
Figura 2.5 Formato de la cabecera IP.....	26
Figura 3.1 Relación entre velocidad, calidad y retardo para las diferentes codificaciones.....	37
Figura 3.2 Jitter Buffer usado en telefonía IP	45
Figura 3.3 Contenido del DSCP en el campo TOS.....	47
Figura 3.4 Arquitectura DiffServ	48
Figura 3.5 Conjunto de protocolos dentro de H.323.....	55
Figura 3.6 Funciones básicas de H.323.....	56
Figura 3.7 Arquitectura de SIP	58
Figura 4.1 Distribución física de la red institucional	60
Figura 4.2 Estructura física del cableado de la red	61
Figura 4.3 Conexión lógica de los usuarios y los servicios	72
Figura 6.1 Esquema par la implementación de telefonía IP.....	92

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 5.1 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO- PB sede (consola de seguridad).....	75
Gráfico 5.2 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-PB sede	76
Gráfico 5.3 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Mezzanina sede	76
Gráfico 5.4 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 1 sede	76
Gráfico 5.5 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 2 sede	77
Gráfico 5.6 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 3 sede	77
Gráfico 5.7 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 2 Edoval	77
Gráfico 5.8 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 5 Edoval	78
Gráfico 5.9 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 8 Edoval	78
Gráfico 5.10 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Sotano 2	78
Gráfico 5.11 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 1	79
Gráfico 5.12 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 2	79
Gráfico 5.13 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 7a	79
Gráfico 5.14 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 7b	80
Gráfico 5.15 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 7a	80
Gráfico 5.16 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 7b	80
Gráfico 5.17 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 13a	81
Gráfico 5.18 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 13b	81
Gráfico 5.19 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 12a	81
Gráfico 5.20 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-piso 12b	82
Gráfico 5.21 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 17b	82
Gráfico 5.22 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 17a	82
Gráfico 5.23 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 17b	83
Gráfico 5.24 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 17a	83
Gráfico 5.25 Porcentaje de utilización del enlace CORE NO-Piso 22	83
Gráfico 5.26 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 22	84

Gráfico 5.27 Porcentaje de utilización del enlace CORE SE-Piso 1 MN.....	84
Gráfico 5.28 Aplicaciones más activas par la VLAN 29	85
Gráfico 5.29 Aplicaciones más activas par la VLAN 30	85
Gráfico 5.30 Aplicaciones más activas par la VLAN 32	86
Gráfico 5.31 Aplicaciones más activas par la VLAN 47	86
Gráfico 5.32 Aplicaciones más activas par la VLAN 48	87
Gráfico 5.33 Aplicaciones más activas par la VLAN 19	88
Gráfico 5.34 Aplicaciones más activas par la VLAN 17	88
Gráfico 5.35 Aplicaciones más activas par la VLAN 16	89

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Imágenes de los equipos de la red LAN del BCV.....	100
Anexo 2. Diagrama de conexiones de los equipos en la red.....	106
Anexo 3. Imagen del switch CORE suministrada por el CiscoWorks.....	107

LISTA DE ACRONIMOS

ADPCM: Adapative Diferential Pulse Coded Modulation
AMI: Alternate Mark Inversion
ARP: Adress Resolution Protocol
ATM: Asynchronous Transfer Mode
BPDU: Bridge Protocol Data Unit
CNG: Confort Noise Generation
COPS: Common Open Poticy Service
CSMA/CD: Carrier Sense and Multiple Access with Collition Detection
CS-ACELP: Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction
DHCP: Dynamic Host Control Protocol
DM: Delta Modulation
DNS: Domain Name Server
DPCM: Digital Pulse Coded Modulation
DS-0: Digital Signal Level 0
DSCP: Differentiated Services Code Point
DTMF: Dual Tone Multiple Frecuency
EIGRP: Enhanced Internal Gateway Routing Protocol
FTP: File Transfer Protocol.
FXO: Foreign Exchange Office
FXS: Foreign Exchange Station
HSRP: Hot Standby Router Protocol
HTTP: HyperText Transfer Protocol
ICMP: Internet Control Message Protocol
IGRP: Internal Gateway Routing Protocol
IHL: Internet Header Lenght
IP: Internet Potrocol
LAN: Local Area Network

LD-ACELP: Low Delay Algebraic Code Excited Linear Prediction
MAC: Medium Access Control
MAN: Metropolitan Area Network
MCU: Multipoint Control Unit
MGCP: Media Gateway Control Protocol
MSFC: Multilayer Switch Feature Card
MOS: Mean Opinion Score
NAC: Network Admission Control
NAM: Network Analyzer Module
NIC: Network Interface Card
NOS: Network Operating System
OSI: Open System Interconnection
PAM: Pulse Amplitude Modulation
PBX: Private Branch Exchange
PCM: Pulse Coded Modulation
PDP: Policy Decision Point.
PEP: Policy Enforcement Point
PHB: Per Hop Behavior
PoE: Power over Ethernet
PSTN: Public Switched Telephone Network
RAS: Remote Access Server
RSVP: ReServation Protocol
RTP: Real Time Transport Protocol
RTCP: Real Time Control Protocol
SCCP: Skinny Client Control Protocol
SDP: Session Description Protocol
SIP: Session Initiation Protocol
SNMP: Simple Network Management Protocol
SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
STP: Spanning Tree Protocol

TCP: Transfer Control Protocol
UAC: User Agent Client
UAS: User Agent Server
UDP: User Datagram Protocol
UTP: Unshielded Twisted Pair
VAD: Voice Activation Detection
VLAN: Virtual Local Area Network
VoIP: Voice over Internet Protocol
VPN: Virtual Private Network
VTP: Virtual Trunking Protocol
WAN: Wide Area Network

LISTA DE SIGLAS

ANSI: American National Standards Institute

ARPA: Advanced Research Projects Agency

BCV: Banco Central de Venezuela

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF: Internet Engineering Task Force

ISO: International Standards Organization

UIT: Union Internacional de Telecomunicaciones

LISTA DE ABREVIATURAS

BA: Behavior Agreement
DiffServ: Differentiated Services
IntServ: Integrated Services
MF: Multiple Field
PC: Personal Computer
PD: Powered Device
PSE: Power Suply Equipment
QoS: Quality of Service
RRHH: Recursos Humanos
UAC: User Agent Client
UAS: User Agent Server

INTRODUCCION

A través de los tiempos, la telefonía ha jugado un papel importante en la comunicación a distancia permitiendo la transmisión de voz mediante el uso del par telefónico tradicional. Los avances en materia tecnológica han permitido un uso más eficiente de los medios de transmisión aumentando el número de los usuarios y disminuyendo los costos del servicio.

Por otro lado el acelerado desarrollo de las redes de datos, ha permitido la expansión del rango de las aplicaciones de éstas al usuario final, entre las cuales destaca una de las más recientes e innovadoras: la telefonía. Y es que la convergencia de servicios integrados (voz, video y datos) es una realidad a la que apuntan las plataformas en el futuro. Este tipo de soluciones están siendo implementadas a nivel internacional en grandes empresas y corporaciones produciendo beneficios de funcionamiento pero principalmente en la disminuyendo costos de mantenimiento.

No cualquier plataforma de red es apta para el tráfico de voz conjuntamente con los datos, es por ello que el departamento de Telemática del Banco Central de Venezuela realiza los estudios necesarios para determinar las capacidades de los equipos, instalados a principio de este año, que forman parte de la red LAN Ethernet conmutada para el manejo de paquetes de voz a través de la misma.

Este estudio conlleva primero que nada a un análisis de las redes LAN y todos aquellos protocolos de conmutación y enrutamiento que hacen posible su funcionamiento; esto permitirá un mejor conocimiento del caso particular que constituye la red institucional del banco, la cual se encarga entre otras de prestar servicios de transmisión de datos a cerca de 3000 equipos terminales (archivos, bases de datos, correo, mensajería instantánea, Internet) así como de proveer conexión a distintas instituciones bancarias.

Posteriormente se realiza un estudio de la tecnología VoIP y sus aplicaciones al campo de la telefonía IP; esto permite manejar información acerca de los requerimientos necesarios y las arquitecturas establecidas que hacen posible el establecimiento del servicio telefónico sobre la red de datos.

Una vez conocidos los requerimientos que necesitan los equipos de red para transportar paquetes de voz; se realiza un levantamiento físico de la plataforma con el fin de determinar la cantidad de equipos de conectividad (switches, routers) que están en funcionamiento actualmente. Tomando en cuenta el modelo de los mismos y las especificaciones suministradas por el fabricante se tiene suficiente información de las características técnicas y físicas para determinar las capacidades y bondades que poseen los equipos para el soporte de estándares necesarios en la transmisión de voz a través de la red LAN. Otro aspecto importante al momento de recabar información referente a la red institucional es el funcionamiento lógico de la misma que permite dividir la extensa LAN en segmentos más pequeños que facilitan la administración y el funcionamiento.

Si bien las características físicas, técnicas y lógicas son importantes para determinar capacidad de la red para el tráfico de voz; es aun más importante conocer el nivel de uso de los enlaces, así como la clase de tráfico que se maneja actualmente en los mismos. Esto se realiza a través de monitoreos que permiten observar gráficos de porcentajes de utilización y aplicaciones más utilizadas en los segmentos de red.

Conocidos los niveles de utilización de los enlaces en la red se cuenta con una base de información sólida para establecer los posibles efectos tecnológicos que causará la implementación del servicio telefónico sobre las aplicaciones que actualmente maneja la red LAN. Esto permite el planteamiento de un modelo para la primera fase de implementación de telefonía IP (gerencias más importantes del BCV) así como las sugerencias para la expansión del servicio a un mayor número de usuarios en otras áreas y departamentos de importancia para el funcionamiento del banco.

CAPITULO I

1.1 Antecedentes

Desde su creación, la telefonía ha pasado por diferentes procesos evolutivos de desarrollo que han permitido su expansión para estar al alcance de todas las poblaciones que lo necesiten. En sus inicios, este medio de comunicación a pesar de ser concebido para hacer posible una conversación entre dos personas que físicamente no estén cerca, no estaba disponible para todo el público. El teléfono se había creado como una herramienta de negocios para ciertas implementaciones en fábricas, empresas importantes, suplidoras, hospitales y gobierno entre otros; aparte de esto estaba el hecho de los altos costos del servicio que hacían imposible la adquisición de éste por parte de personas “comunes” en sus hogares. Entre 18 y 24\$ era el costo del servicio telefónico al año; dependiendo de la región ya que si era una zona menos poblada o quizás hasta rural eran costos mayores. Los servicios de llamada local eran muy costosos, mucho más los de larga distancia; por ejemplo, en 1927 una llamada desde New York a Londres durante 5 minutos tenía un costo de 75\$. Por estas razones solo 40% de los norteamericanos pudieron tener teléfono en su casa al iniciar la 2° Guerra Mundial en 1941. Al finalizar el conflicto la situación económica mejoró y los avances tecnológicos hicieron posible que más personas tuvieran acceso a la telefonía. Pero fue hasta mediados de los años 60 que la PSTN pasó de centrales de conmutación “paso a paso” a tecnología *crossbar*, que siendo también electromecánicas presentaron ventajas respecto a las anteriores. En principio debían realizar las funciones principales de señalización, control y conmutación. La señalización se realizaba con el uso de un troncal que se aprovechaba también para funciones que se aproximaban al control; luego estas fueron pasando a computadores que eran agregados a los switches para un mejor manejo de las llamadas, sobretodo las de larga distancia; ya que eran éstas las que reportaban las mayores ganancias para las empresas proveedoras de servicio y por lo tanto debían ser establecidas en un tiempo más corto. Fue así como durante la década de

los 60 el servicio de telefonía analógica se expandía a más ciudades mientras se daban a cabo las primeras investigaciones para digitalizar la voz. Ya entrada la década de los 70 los investigadores fueron diseñando técnicas para la transmisión de señalización por canal común asociado SS7 siendo esta una red de conmutación de paquetes dedicados exclusivamente a la señalización en la PSTN, tomando los números de destino como paquetes y enviándolos a través de la red para propósitos de tarificación y estado de la llamada entre otros.

Esto es lo que impulsa la transición de la conmutación de circuitos convencional a la emergente e innovadora conmutación de paquetes actual, desarrollada por los avances e investigaciones realizados en redes de datos como ARPANET. Es acá cuando las redes de datos comienzan a extender su campo de trabajo hacia las redes telefónicas, no significando esto que trabajaran juntas desde el principio, ya que para nadie es secreto que tanto los contenidos como los usos de las mismas son muy diferentes. Rápidamente, las redes de datos se hicieron más versátiles y necesarias, lo que originó un gran aumento del uso de las mismas. Protocolos como TCP/IP, X.25, Ethernet son solo algunos ejemplos de los constantes esfuerzos por desarrollar las redes de datos y su campo de aplicación. Compañías y empresas comenzaron a requerir redes para un mejor funcionamiento, de esta forma continuaron las investigaciones sobre las redes de datos hasta convertirse hoy en día una de las principales soluciones no solo para instituciones sino para los usuarios particulares quienes pueden observar otras personas a través de videoconferencia, ver imágenes por satélite, acceder a cualquier cantidad de contenidos (educativos, culturales, diversión) a través de enlaces web, compartir todo tipo de archivos entre otros.

Debido a todas estas ventajas de las redes de datos, las compañías, empresas e instituciones han procurado estar a la vanguardia con robustas plataformas que soportan aplicaciones internas para el funcionamiento de la empresa y externas para la comunicación a través de Internet; ésto garantiza un alto nivel de productividad y competitividad. Paralelamente a las redes LAN/WAN continúan siendo necesarias las redes de voz para la comunicación y es en este campo donde varias instituciones han recurrido al uso de centrales

telefónicas privadas PBX para administrar sus llamadas internas y hacia otras localidades. La instalación y sobretodo el mantenimiento de los equipos que suministran ambos servicios (voz y datos) requiere de gastos anuales fijos y variables en el caso de reparaciones no previstas. Es precisamente este aspecto económico, de suma importancia para las empresas, aunado al continuo desarrollo de la red de redes lo que impulsó las investigaciones para transmitir voz digital a través de los canales de datos.

Esta voz digital, ya implementada hace más de 40 años en las tramas E1 y T1 de telefonía PSTN, se convirtió en la pieza fundamental para que se desarrollaran tecnologías capaces de enviarla través de las redes de datos como un paquete IP más. Esto dio como resultado la emanación del estándar VoIP por parte de la UIT-T en el año de 1996. El mismo es un compendio de normas y especificaciones necesarias para la transmisión de voz utilizando el protocolo de Internet presente en las redes LAN, WAN y otras. A pesar de ésto VoIP no ha tenido un rápido impacto tecnológico en la sociedad a diferencia de otras aplicaciones de Internet como correo electrónico o mensajería instantánea. Las primeras aplicaciones fueron softwares que permitían conversaciones usando la red de datos. Una de las aplicaciones de VoIP es la telefonía IP, que no es más que la conexión de equipos terminales (teléfonos IP) en la red, como si fueran computadores personales, que se encargan de digitalizar y empaquetar la voz para mandarla a través de la red.

Debido a su alcance por los momentos, la telefonía IP surge como una solución para aquellas empresas que desean disminuir costos de mantenimiento de las centrales PBX así como de tarifas telefónicas. Es por eso que muchas instituciones han adoptado esta tecnología para integrar sus comunicaciones en una sola red de grandes capacidades.

1.2 Justificación

Como organismo de administración monetaria el Banco Central de Venezuela siempre ha estado a la vanguardia tecnológica en cuanto a redes se refiere desde finales de los años 80 cuando se instaló la red *token ring* que

cumplía las funciones básicas para ese momento suministrando conexión de 16Mbps *half duplex*, distribuyendo los servicios a través de elementos concentradores (hubs). Durante más de 10 años esta red dio soporte a las comunicaciones del Banco hasta que en 1998 comenzó la transición a *Fast Ethernet* ofreciendo velocidades de 100Mbps *half duplex*. Dicha transición tomó más de 2 años ya que en principio se implementó sólo en el directorio del banco como prueba; durante este tiempo ambas tecnologías coexistieron suministrando los servicios de transmisión de datos. Es en el año de 2001 cuando empieza la verdadera puesta en servicio de la red de datos Ethernet, funcionando en un medio dedicado que permitió el aumento de la cantidad de usuarios por red lógica (entre 150 y 200), distribuyendo los servicios a través de los conmutadores (switches) que soportan el transporte de la información de negocios, servidores internos y otros, que optimizaron en su momento las operaciones entre los diferentes departamentos que hacen posible el funcionamiento de la institución. Otro aspecto importante fue la implementación de las redes virtuales (VLAN's) permitiendo la organización de los usuarios para una gestión de red más efectiva.

Atendiendo a la creciente demanda tecnológica de servicios de datos en el nuevo milenio; a principios de este año, se llevó a cabo una nueva actualización en la red institucional del Banco llevándola a Giga Ethernet. Esto ha brindado un mayor apoyo a la plataforma de red y bases de datos sobre las cuales se apoyan las operaciones del banco. Los usuarios ahora están conectados a 10Mbps *full duplex* y en algunos casos a 100Mbps; los nuevos equipos ofrecen mayores capacidades de tráfico, de usuarios y propiedades de capa 3 aumentando la calidad de servicios de datos en el banco. Es así como surge la necesidad tecnológica de implementar telefonía IP sobre la red LAN del BCV, con el fin de ser pioneros en el área y como se dijo anteriormente ahorrar costos ya que en un futuro se manejarían voz y datos sobre la misma red.

A pesar de ser una gran iniciativa, la telefonía IP requiere un poco más de cuidado a la hora de su implementación; ya que a pesar de ser sencillamente voz en paquetes IP su tratamiento a través de la red debe ser distinto al de los demás paquetes. Esto evidentemente es debido a que la transmisión de voz se hace en

tiempo real y no pueden existir retrasos en la llegada de los paquetes porque esto afectaría la calidad de la llamada telefónica. Existen estándares y especificaciones emanados de organismos internacionales que regulan las normas a ser cumplidas para la transmisión de voz a través de Internet, con el fin de garantizar un desarrollo de la tecnología basado principalmente en la calidad del servicio suministrada a los usuarios.

El departamento de telemática es el encargado de la administración, gestión y monitoreo de la red LAN del Banco Central de Venezuela. Este departamento considera necesario un estudio en la plataforma actual de red de datos con el fin de obtener información que permita en un corto plazo la implementación parcial de telefonía IP utilizando los equipos ya existentes; en este caso esta primera fase se encargará de prestar servicios a las gerencias de mayor importancia dentro de la institución. Posteriormente, con esta primera experiencia se evaluarán los avances y se procederá a continuar con la expansión de la telefonía IP a una mayor cantidad de usuarios dentro de la red LAN del BCV.

1.3 Objetivo General

Evaluar la factibilidad para la implementación de telefonía IP en la red actual del Banco Central de Venezuela.

1.3.1 Objetivos específicos

Dicho objetivo será alcanzado a través del establecimiento y cumplimiento de varios objetivos específicos nombrados a continuación:

- Analizar sobre la tecnología VoIP haciendo especificidad en el campo de telefonía
- Recabar información de la red de datos actual del Banco Central de Venezuela
- Analizar las características de funcionamiento de la plataforma de servicios de Internet del Banco

- Evaluar el impacto tecnológico que tendría, sobre la plataforma instalada, un eventual cambio en la red de datos
- Proponer un modelo de implementación soportado por la red
- Realizar recomendaciones para la implementación de la plataforma

1.4 Metodología

El cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y por ende del objetivo general de este proyecto se dará a través de la realización de una metodología comprendida por las siguientes fases.

1.4.1 Estudios preliminares

Esto comprende un estudio teórico de las redes LAN, su funcionamiento y sus protocolos ya que sobre esta plataforma será implementada la telefonía IP. Además de investigar aspectos relacionados a VoIP como los estándares sobre los que se soporta esta tecnología, sus componentes básicos, arquitecturas de servicios y QoS entre otras. Con el fin de tener conocimientos sólidos que permitan al final del proyecto la propuesta de un modelo simplificado que pueda dar comunicaciones telefónicas a las gerencias más importantes de la institución.

1.4.2 Información de la red actual del banco

Esta parte comprende la revisión de la plataforma física así como la estructura lógica que permite el funcionamiento de la red de datos del Banco. Esta parte del proyecto se apoyará en la revisión de los manuales suministrados por el fabricante donde se especifican las características de los equipos así como también se consultarán documentos internos que contengan información de la red institucional.

1.4.3 Análisis del funcionamiento de la plataforma actual

En esta fase se utilizará la información ya obtenida, para el análisis de los equipos y sus capacidades respecto al manejo de prioridades con los paquetes de voz. Pero no solo la estructura física será analizada ya que el funcionamiento lógico forma parte fundamental de la óptima utilización de los medios físicos; es por ello que se realizarán algunos monitoreos de la red con el objetivo de observar la cantidad y clase de tráfico que circula a través de la misma.

1.4.4 Desarrollo del modelo

Se analizará el impacto tecnológico que generará la nueva red de telefonía IP sobre los servicios que actualmente presta la red LAN (Internet, banca electrónica, servidores de bases de datos, correo interno, archivos). Un punto importante en este análisis es el porcentaje de utilización que tienen los equipos de la red actual ya que la nueva plataforma telefónica requiere un ancho de banda para la transmisión. Se tomarán en cuenta tanto la disponibilidad de equipos físicos para la conexión de nuevos terminales como el de ancho de banda; con esta información se realizará el estudio de las modificaciones necesarias para la implementación en su primera etapa, y el planteamiento global de la plataforma futura considerando las opciones existentes en el mercado así como los requerimientos tecnológicos a largo plazo.

CAPITULO II

LAS REDES Y SUS PROTOCOLOS

2.1 Redes LAN

En principio, los computadores personales tenían una gran utilidad por sí solos, pero el incremento en la adquisición de estos por parte de las empresas para mejorar su competitividad y funcionamiento interno, produjo la necesidad de poner a todos los equipos en contacto haciendo posible la transmisión de datos entre estos y hacia otros periféricos como impresoras. Es acá donde surge el concepto de las redes de datos, donde dos o mas computadoras son conectadas a través de un medio físico (conductor) que permite a cualquier equipo perteneciente a la red compartir información (datos) con los demás integrantes sin importar la ubicación física de estos. Otro de sus objetivos consiste en proporcionar una alta fiabilidad, al contar con fuentes alternativas de suministro, es decir que todos los archivos podrían duplicarse en dos o tres máquinas, de tal manera que si una de ellas no se encuentra disponible, podría utilizarse una de las otras copias. Igualmente la presencia de varios CPU significa que si una de ellas deja de funcionar, las otras pueden ser capaces de encargarse de su trabajo, aunque su rendimiento en general sea menor [1]. Para el caso de este trabajo se hará énfasis en las redes de área local (LAN por sus siglas en ingles) dado que la red bajo estudio pertenece a esta clasificación particular.

Este tipo de redes, como su nombre lo indica se diseña para cubrir áreas limitadas cercanas a un kilómetro, como edificios de empresas, colegios, bancos, permitiendo a todos los equipos conectados compartir archivos así como el uso de una sola impresora para todos los integrantes de la red, lo cual representa un ahorro en costos ya que cada estación de trabajo no necesita su propia impresora del mismo modo se mejora la productividad y el desenvolvimiento del personal para un mejor funcionamiento de las instituciones.

2.2 Elementos de una red LAN

Para continuar con el estudio de las redes LAN se deben conocer sus componentes (hardware y software) y las funciones que cada uno desempeña en la arquitectura. Entre los equipos de hardware se encuentran las estaciones de trabajo o computadores personales, los servidores, tarjeta de interfaz de red; como ejemplo de software está el sistema operativo de red (Network Operating System, NOS).

2.2.1 Estaciones de trabajo

Cada computadora conectada a la red conserva la capacidad de funcionar de manera independiente, realizando sus propios procesos, Asimismo las computadoras se convierten en estaciones de trabajo en red, con acceso a la información y recursos contenidos en el servidor de archivos de la misma. A pesar de esto una estación de trabajo puede tener su propia información que no será compartida con las otras computadoras.

2.2.2 Servidores

Son aquellas computadoras capaces de compartir sus recursos con otras. Los recursos compartidos pueden incluir impresoras, unidades de disco, CD ROM, directorios en disco duro e incluso archivos individuales. Los tipos de servidores obtienen el nombre dependiendo del recurso que comparten. Entre otros se pueden nombrar: servidor de datos, servidor de archivos, servidor de archivos distribuido, servidores de archivos dedicados y no dedicados, servidor de terminales, servidor de impresoras servidor web y servidor de correo.

2.2.3 Tarjeta de interfaz de red

Para comunicarse con el resto de la red cada computador debe tener instalada una tarjeta de interfaz de red (Network interface Card NIC). Se les llama adaptadores de red o simplemente tarjetas de red. Esta en la mayoría de los casos se adapta en la ranura de expansión de la computadora, aunque algunas son unidades exteriores que se conectan al PC a través de un puerto serial o paralelo. La tarjeta interfaz obtiene información de la PC, la convierte al formato adecuado para ser enviada a través del cable a otra tarjeta de interfaz de la red local. Esta recibe la información y la traduce al formato de la otra computadora.

2.2.4 Cableado

La LAN debe tener por supuesto, un sistema de cableado que conecte las estaciones de trabajo individuales con los servidores de archivos y otros periféricos. Para esto existen varias posibilidades dependiendo de la velocidad a la que trabaje la red y otras características del funcionamiento de la red por lo tanto la decisión de elegir no debe ser un asunto trivial. Entre los conductores utilizados para la conexión de redes se pueden destacar el par trenzado, cable coaxial (10Base2, 10Base5) y por último el de mayor costo y capacidad de transmisión la fibra óptica.

2.2.5 Equipos de conectividad

Por lo general, para redes pequeñas, la longitud del cable no es limitante para su desempeño, pero en la actualidad se hacen necesarias mayores longitudes debido al crecimiento de las empresas y sus redes, debido a esto se crean dispositivos que extienden la longitud de red, donde cada uno tiene un propósito específico. Sin embargo muchos dispositivos incorporan las características de otros para aumentar la flexibilidad y el valor de estos en la red.

2.2.5.1 Hubs o concentradores

Son un punto central para nodos de red que estén dispuestos en forma de estrella como se verá más adelante.

2.2.5.2 Bridges

Un puente es un dispositivo que conecta dos LAN para crear lo que aparenta ser una sola LAN, estos trabajan a nivel de capa 2 del modelo OSI.

2.2.5.3 Routers

Los routers son similares a los puentes, solo que su nivel de operación es a nivel de capa 3. Requieren por lo general que cada red tenga el mismo sistema operativo, para poder conectar redes basadas en topologías lógicas distintas como Ethernet y Token Ring que se comentarán posteriormente.

2.2.5.4 Gateways

Son compuertas que permiten que los nodos de una red se comuniquen con tipos diferentes de red o con otros dispositivos. Un ejemplo práctico lo pueden constituir 2 redes conformadas por equipos de distintos fabricantes que se quieren conectar entre sí.

2.3 Topologías de redes

La manera en que están dispuestos los diferentes componentes de una red se conoce con el nombre de topología de la red. La topología idónea para una red concreta va a depender de diferentes factores, como el número de máquinas a interconectar, el tipo de acceso al medio físico que se desee, etc. [1].

Se pueden destacar tres aspectos diferentes a la hora de considerar una topología:

1. La topología física, que es la disposición real de las máquinas, dispositivos de red y cableado (los medios) en la red. Esta puede ser de bus, anillo estrella o estrella extendida.
2. La topología lógica, que es la forma en que las máquinas se comunican a través del medio físico, la ruta que toman los datos de la red entre los diferentes nodos de la misma. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast (Ethernet) y transmisión de *tokens* (Token Ring).
3. La topología matemática, mapas de nodos y enlaces, a menudo formando patrones.

La topología de broadcast simplemente significa que cada *host* envía sus datos hacia todos los demás *hosts* del medio de red. Las estaciones no siguen ningún orden para utilizar la red, sino que cada máquina accede a la red para transmitir datos en el momento en que lo necesita. Esta es la forma en que funciona Ethernet.

En cambio, la transmisión de *tokens* controla el acceso a la red al transmitir un *token* eléctrico de forma secuencial a cada *host*. Cuando un *host* recibe el *token* significa que puede enviar datos a través de la red. Si el *host* no tiene ningún dato para enviar, transmite el *token* hacia el siguiente *host* y el proceso se vuelve a repetir.

2.4 Arquitectura de redes

Las redes están compuestas por muchos componentes diferentes que pueden trabajar juntos para crear una red funcional. Los componentes comprenden las partes de hardware de la red; incluyen tarjetas adaptadoras de red, cables, conectores, concentradores y hasta la misma computadora. Estos equipos son fabricados generalmente por varias compañías. Es por ello que se hace necesaria la comunicación y el entendimiento entre los distintos fabricantes, en relación con la manera en que cada componente trabaja e interactúa con los demás elementos de la red. Por fortuna, se han creado estándares que definen la forma de conectar componentes de hardware en las redes y el protocolo o lenguaje para establecer comunicaciones a través de la red.

Los estándares más populares son Ethernet y Token Ring. Estos son respaldados por el IEEE, existe además un tercer estándar denominado ARCnet, que no es respaldado por este organismo pero si por el instituto nacional de estándares americanos (ANSI).

2.5. Redes Ethernet

Ethernet es la tecnología de red LAN más usada, resultando idóneas para aquellos casos en los que se necesita una red local que deba transportar tráfico esporádico y en ocasiones pesado a velocidades muy elevadas. Las redes Ethernet se implementan con una topología física de estrella y lógica de bus, y se caracterizan por su alto rendimiento a velocidades de 10-100 Mbps.

Los orígenes de Ethernet se remontan a los años 70 en la Universidad de Hawai donde se desarrolló el Método de *Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones, CSMA/CD (Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection)* como resultado de estudios para la implementación de un sistema de comunicaciones basado en la transmisión de datos por radio. Este método de transmisión de datos permite que todos los dispositivos puedan acceder al mismo medio, aunque sólo puede existir un único emisor en cada instante. Con ello todos los sistemas pueden actuar como

receptores de forma simultánea, pero la información debe ser transmitida por turnos [1].

En esta técnica antes de que un nodo envíe algún dato a través de una red Ethernet, primero escucha y se da cuenta si algún otro nodo está transfiriendo información. De no ser así, él transferirá la información a través de la red. Todos los nodos escucharán y el nodo seleccionado recibirá la información. En el caso de que dos nodos traten de enviar datos por la red al mismo tiempo, cada uno se dará cuenta de la colisión y esperará una cantidad de tiempo aleatoria antes de volver a hacer el envío. La topología lógica de bus Ethernet permite que cada nodo tome su turno en la transmisión de información a través de la red. De esta forma, la falla de un solo nodo no hace que falle la red completa. Aunque CSMA/CD es una forma rápida y eficiente para transmitir datos, una red con muchos usuarios podría llegar al punto de la saturación. Sin embargo, con una red diseñada de forma adecuada, la saturación no debe ser un inconveniente. Existen tres estándares de Ethernet 10Base5, 10Base2 y 10BaseT, que definen el tipo de cable de la red, las especificaciones de longitud y la topología física que debe utilizarse para conectar los nodos de la red.

Existen dos especificaciones diferentes para un mismo tipo de red, Ethernet y IEEE 802.3. Ambas son **redes de broadcast**, donde cada máquina puede ver todas las tramas, aunque no sea el destino final de las mismas. Cada máquina examina cada trama que circula por la red para determinar si está destinada a ella. De ser así, la trama pasa a las capas superiores para su adecuado procesamiento. En caso contrario, la trama es ignorada. Un ejemplo de esto se puede observar en la figura 2.4.

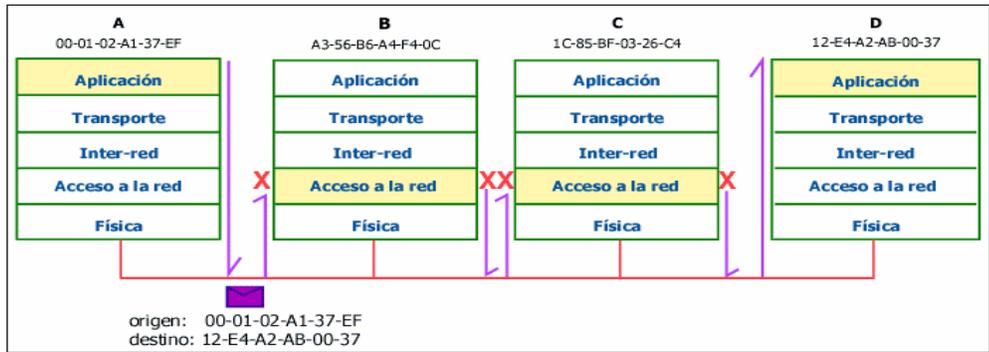


Figura 2.1. Transmisión de broadcast en redes Ethernet

Ethernet proporciona servicios correspondientes a las capas física y de enlace de datos del modelo de referencia OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física y la porción de acceso al canal de la capa de enlace de datos, pero no define ningún protocolo de Control de Enlace Lógico.

2.5.1 Formato de trama Ethernet

Si un computador A desea enviar datos a otro B, en primer término los datos a enviar se deben colocar en paquetes que se puedan administrar y rastrear, a través de un proceso denominado encapsulamiento. En éste, los datos generados en la capa de aplicación pasan a la capa de transporte, que los divide en segmentos, porciones de datos aptas para su transporte por la red, y luego van descendiendo por las sucesivas capas hasta llegar a los medios físicos. Conforme los datos van bajando por la pila de capas, paso a paso cada protocolo les va añadiendo una serie de cabeceras y datos adicionales; necesarios para poder ser enviados a su destino correctamente. Básicamente, el encapsulamiento rodea los datos con la información de protocolo necesaria antes de que se una al tráfico de la red, y consta básicamente de 5 pasos:

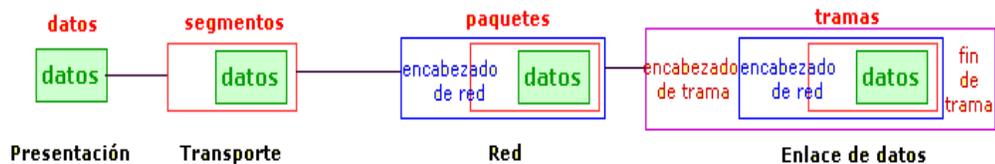


Figura 2.2. Encapsulamiento de datos en capas del modelo OSI

Crear los datos (capa de presentación)

Cuando un usuario envía un mensaje de correo electrónico, sus caracteres alfanuméricos se convierten en datos que pueden recorrer la red.

Empaquetar los datos para ser transportados de extremo a extremo (capa transporte).

Se dividen los datos en unidades de un tamaño que se pueda administrar (los segmentos), y se les asignan números de secuencia para asegurarse de que los *hosts* receptores vuelvan a unir los datos en el orden correcto. Luego los empaqueta para ser transportados por la red. Al utilizar segmentos, la función de transporte asegura que los *hosts* del mensaje en ambos extremos del sistema de correo electrónico se puedan comunicar de forma confiable.

Agregar la dirección de red al encabezado (capa de red)

El siguiente proceso se produce en la capa de red, que encapsula el segmento creando un paquete o datagrama, agregándole las direcciones lógicas de red de la máquina origen y de la máquina destino. Estas direcciones ayudan a los routers a enviar los paquetes a través de la red por una ruta seleccionada.

Agregar la dirección local al encabezado de enlace de datos (capa enlace de datos).

En la capa de enlace de datos continúa el encapsulamiento del paquete con la creación de una trama. Le agrega a la trama las direcciones MAC (número de la tarjeta de red, único para cada tarjeta) origen y destino. Luego, la capa de enlace de datos transmite los bits binarios de la trama a través de los medios de la capa física. Cada dispositivo en la ruta de red seleccionada requiere el entramado para poder conectarse al siguiente dispositivo.

Transmitir el tren de bits creado (Capa física).

Por último, el tren de bits originado se transmite a la red a través de los medios físicos (cableado, ondas, etc.). Una función de temporización permite que los dispositivos distingan estos bits a medida que se trasladan por el medio, que puede variar a lo largo de la ruta utilizada.

El resultado final es una serie de tramas, que son las que viajan de un host a otro. La forma de la trama obtenida se muestra en la figura 2.6.



Figura 2.3. Formato de la trama Ethernet

Entre los campos más importantes de la trama Ethernet están: el inicio de trama, las direcciones físicas de origen y destino, la longitud, los datos y la secuencia de verificación de trama FSC entre otros. Cuando un paquete es recibido por el destinatario adecuado, les retira la cabecera de Ethernet y el checksum de verificación de la trama, comprueba que los datos corresponden a un mensaje IP y entonces lo pasa a dicho protocolo para que lo procese. El tamaño máximo de los paquetes en las redes Ethernet es de 1500 bytes.

2.6 Redes VLAN

Las redes LAN, como ya se comentó, son redes donde todos los equipos terminales tienen acceso a las tramas enviadas a través de la red, es decir cualquier información que se transmita desde un equipo hacia otro genera mensajes de broadcast en todas las demás estaciones de trabajo de la LAN, ya que los mismos son enviados a través de todos los puertos del *hub* o del switch. Estos mensajes de broadcast son, en muchas ocasiones, tráfico innecesario que afecta a todas las computadoras que estén dentro del “dominio de broadcast” o LAN.

Para solventar dicha situación se crea el concepto de *Redes de Área Local Virtuales (VLANs)*, configuradas dentro de los switches, que dividen en

diferentes “dominios de broadcast” a un switch, con la finalidad de no afectar a todos los puertos del switch dentro de un solo dominio de broadcast, sino crear dominios más pequeños y aislar los efectos que pudieran tener los mensajes de broadcast a solamente algunos puertos, afectando de esta forma la menor cantidad de máquinas posibles.

Una Red de Área Local Virtual (VLAN) puede definirse como una serie de dispositivos conectados en red que a pesar de estar conectados en diferentes equipos de interconexión (hubs o switches), zonas geográficas distantes, diferentes pisos de un edificio e incluso distintos edificios, pertenecen a una misma Red de Área Local.

A través de los switches se configuran varios dominios de broadcast, aislando los dominios de colisión para cada puerto; además es recomendable asignar a cada VLAN un bloque de direcciones IP independiente uno de otro, así ya no se podrá configurar por parte del usuario cualquier dirección IP en su máquina y se evitará la repetición de direcciones IP en la LAN. En muchas ocasiones la asignación de direcciones IP no se realiza manualmente sino de manera automática a través de un equipo denominado servidor DHCP, el cual puede formar parte de un equipo como un *router*, o ser un equipo separado encargado exclusivamente de esa función.

Para el caso de la comunicación entre dos VLAN distintas, el estándar 802.1Q de la IEEE establece que se requiere dentro de la red LAN, un dispositivo capaz de entender los formatos con que están formadas las VLANs; este es un equipo de capa 3 mejor conocido como “router” o “enrutador” que es capaz de recibir y dirigir el tráfico entre dos VLAN distintas; aunque hoy en día esta función se implementa tanto en switches de capa 2 como capa 3 otorgando calidad de servicio por medio de la diferenciación del tráfico (voz, datos y video) [2].

2.7 Protocolos de red

Para que los paquetes de datos puedan viajar desde el origen hasta su destino a través de una red, es importante que todos los dispositivos de la red hablen el mismo lenguaje o protocolo. Un protocolo es una descripción formal de un conjunto de normas y convenciones que determinan el formato y la transmisión de los datos entre los diferentes dispositivos de una red.

Un protocolo define aspectos de suma importancia para la comunicación tales como el formato de los datos y el nivel de señal, la información de control para la coordinación y el manejo de errores y la sincronización de velocidades de secuenciación entre otros.

Para el funcionamiento de las redes en estudio existen protocolos importantes entre los cuales se pueden destacar: STP (Spanning Tree Protocol), VTP (Virtual Trunking Protocol), HSRP (Hot Standby Router Protocol) y por último EIGRP (Enhanced Internal Gateway Routing Protocol) usado a nivel de capa 3 para comunicación entre los routers, a continuación se explicarán con mas especificidad estos estándares para comunicaciones en redes LAN.

2.7.1 STP (*Spanning-Tree Protocol*)

El STP es un protocolo de administración de enlaces que provee rutas de redundancia a la vez que previene los indeseables lazos, para el correcto funcionamiento de la red Ethernet debe existir solo una trayectoria activa entre dos equipos terminales. En caso de existir varias trayectorias activas pueden existir lazos que originan la duplicación de los mensajes

Para proveer trayectos de redundancia, Este protocolo define un árbol que se expande a través de todos los switches de una red extendida [3]. Spanning-Tree obliga a ciertas trayectorias redundantes de datos permanecer en estado bloqueado (standby). Si algún segmento de red en el spanning se vuelve inalcanzable, el algoritmo spanning-tree reconfigura la topología spanning-tree y reestablece el enlace activando la trayectoria standby.

La operación del Protocolo spanning-tree es transparente para las estaciones terminales, las cuales ignoran si están conectadas a un segmento de LAN sencilla o a una LAN conmutada de múltiples segmentos.

El protocolo Spanning-Tree trabaja con un switch raíz que sirve como vía principal para la transmisión de datos entre dos estaciones terminales, a su vez programa la redundancia a través de un switch secundario conocido como designado, que para evitar lazos de información, permanece bloqueado mientras el root switch esté en funcionamiento, cuando este caiga automáticamente el secundario se pondrá en modo activo manteniendo así el enlace de datos.

Todos los switches en una LAN extendida que participan en el protocolo Spanning-Tree reúnen información sobre los otros switches de la red a través del intercambio de mensajes de datos. Estos mensajes son unidades de datos del protocolo puente (BPDUs) [3]. Este intercambio de mensajes conlleva a la elección de un único switch raíz (root switch) y un switch designado para cada segmento de red LAN, así como la eliminación de lazos colocando los puertos redundantes del switch en backup. Dichos mensajes también se transmiten como resultado de acciones del STP como: la escogencia de los puertos incluidos en el STP, la selección de un switch como switch raíz, el cálculo de la distancia más corta hacia el root switch para cada uno de los demás switches y la elección del switch designado.

Los puertos incluidos en el STP solo pueden tomar uno de 5 estados posibles asignados por el protocolo luego de calculadas las rutas y realizados los programas de transmisión de datos desde los switches hasta el root switch. Cualquier puerto que sea activado sin tomar en cuenta el programa puede producir lazos de información por lo tanto, para garantizar un correcto funcionamiento de la red se deben incluir todos los puertos en el dominio de spanning tree.

Los puertos “nuevos” deben esperar por la nueva información de la topología de la red para poder empezar a enviar tramas a través de la misma, es decir, el programa recalcula todas las nuevas rutas, incluyendo el puerto nuevo, y redimensiona la red; este proceso no tarda más de 15 segundos. Los puertos

incluidos en el spanning-tree pueden estar en alguno de los cinco estados siguientes: bloqueado, escuchando, aprendiendo, enviando o deshabilitado. A través del software de gestión de la red, el administrador de la LAN puede cambiar los puertos a cualquiera de los cinco estados mencionados.

Al encender los switches todos los puertos deben pasar por los estados de bloqueado, escuchando, aprendiendo y enviando en este mismo orden. De cualquiera de estos estados el puerto puede deshabilitarse. Una vez deshabilitado el puerto solo puede pasar a estado de bloqueo y de allí a otro estado que el administrador considere siguiendo el orden descrito.

2.7.2 HSRP (*Hot Standby Router Protocol*)

HSRP proporciona redundancia entre VLANs que poseen dos o más routers, permitiendo la recuperación de las conexiones ante la eventual caída del designado como router activo mediante la activación del “standby” router. Este protocolo funciona entre estos dos routers que comparten la misma dirección MAC e IP, esto significa que dos dispositivos físicos (routers) son “vistos” como uno solo por todas las estaciones terminales, para las cuales es indiferente cual de los dos es el que funciona de manera activa.

La dirección IP correspondiente al “router virtual” estará configurada en todos los equipos terminales como vía por defecto o “default gateway”, es decir todos los equipos de trabajo envían los datos a esa dirección que físicamente corresponde al router activo y este se encarga, por supuesto, de enviarlos a su destino ya sea en la misma VLAN o en otra. Un aspecto importante en estos casos es el manejo de carga en cuanto a tareas de routing se refiere, esto es distribuir de manera uniforme el número de VLANs entre el total de routers pertenecientes al HSRP, lo cual evita delegar todo el tráfico en un solo router (activo). Esto se hace colocando un router en modo activo para algunas VLANs y standby para las restantes, el otro router se configura de manera complementaria para atender las VLANs para las cuales el primer router está en standby.

2.7.3 VTP (VLAN Trunk Protocol)

El VTP es un protocolo que simplifica la administración y gestión de las VLANs, cuando se agrega una VLAN sus datos son distribuidos a través de todo el dominio VTP, evitando la configuración de esta en cada uno de los equipos de la red. Para la conexión de nuevas VLANs u otros esté protocolo utiliza el envío de los paquetes VTP, estos también permiten registrar los cambios hechos a cada VLAN.

VTP permite a todos los switches bajo su dominio tener conocimiento de todas las VLANs existentes. Como opciones adicionales, este protocolo permite configurar una palabra clave “password”, que será la misma para todos los switches. Este password VTP es traducido por un algoritmo en una palabra de 16 byte que es agregada en los paquetes VTP. Además cuenta con otra característica llamada pruning que evita el innecesario tráfico de broadcast que circula por todas las VLANs.

2.7.4 EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

Este protocolo de capa 3 surge como una mejora de su antecesor IGRP y permite a todos los routers pertenecientes al dominio de la red tener conocimiento de una porción de la tabla de enrutamiento de esta, basada en la perspectiva que cada uno tenga de la misma. La mejora que este protocolo introduce es el agregado de métricas necesarias para el cálculo de la mejor vía para los datos entre un destino y otro, estas son: ancho de banda del canal, distancia en saltos, costo, retardo en tiempo y la seguridad del enlace, este programa toma en cuenta estos parámetros para determinar cual es el mejor camino a través de la red. Mediante de este protocolo el router sabe cuando otro homólogo muy cercano esta deshabilitado y procede a recalcular todas las rutas de nuevo.

2.8 Suite TCP/IP

Un breve estudio de protocolos para redes no estaría completo sin incluir la suite TCP/IP. Durante la década de los 60 los desarrollos de Internet y Ethernet ocurrían al mismo tiempo es por ello que durante un tiempo estas dos tecnologías fueron relacionadas. Como antes se mencionó Ethernet provee mecanismos de capa 2 que atienden distintos requerimientos de las capas superiores 3 y 4 para la comunicación dentro de una red LAN. Del otro lado TCP/IP es un conjunto de protocolos de red que proveen servicios en las capas de enlace y red del modelo de referencia OSI para el intercambio de datos entre LANs, transformando las direcciones IP en direcciones físicas (MAC) usadas por Ethernet; por lo tanto los paquetes TCP/IP pueden ser manejados a través de la trama Ethernet.

Los orígenes de TCP/IP son el resultado de investigaciones llevadas a cabo por la Agencia de proyectos de investigación avanzada (ARPA) perteneciente al departamento de defensa del gobierno de los Estados Unidos, dichas investigaciones y prácticas dieron como resultado ARPANET, una primera aproximación de lo que hoy se conoce como la red de redes Internet. El desarrollo de esta red trajo como resultado la creación de tres protocolos específicos para la transmisión de información: Transfer Control Protocol (TCP), Internet Protocol (IP) y User Datagram Protocol (UDP). UDP y TCP son protocolos de capa de transporte, el primero trabaja sin asegurarse que los paquetes enviados lleguen sin errores o que simplemente lleguen, por esto requiere en gran medida de las capas superiores. El segundo establece, antes de la transmisión de datos, una conexión para intercambio de informaciones de control como error o estado del enlace, garantizando así un mecanismo de transporte ordenado y libre de errores para el intercambio de información entre dos equipos terminales.

El protocolo IP fue desarrollado para la capa 3 en modo no orientado a la conexión para “enrutar” entre las redes, además puede fragmentar y reensamblar paquetes que viajen entre redes de distintas capacidades.

Tanto TCP como IP manejan distintas aplicaciones que se encuentran en las tres capas superiores del modelo OSI, para el caso del transporte (capa 4) de

esas aplicaciones, este es compartido por TCP y UDP. Como ya se comentó TCP es un protocolo orientado a la conexión usado para aplicaciones que necesiten seguridad en el envío de sus datos, mientras que UDP se utiliza para el transporte de datos que no requieren operaciones de señalización y control, es decir los datos se transmiten sin detección y corrección de errores. Por otro lado existen aplicaciones que utilizan ambos protocolos para la transmisión de sus mensajes, tal es el caso de la telefonía IP, donde la información del control de llamadas debe ser transportada sin errores a través de TCP y la codificación de la voz es enviada vía UDP, ya que esta no puede ser retransmitida en caso de errores debido a los retardos que esto generaría en el receptor.

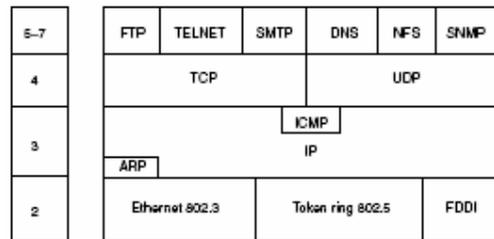


Figura 2.4. Protocolos TCP/IP y servicios

Como se observa en la figura 2.7. IP capa tres es el transporte común para TCP y UDP. IP representa un servicio no orientado a la conexión que como mecanismo no garantiza la entrega de mensajes ya que puede sufrir de retardos por colas de paquetes y otros problemas que traen como consecuencia la pérdida de datos, es por ello que soporta las labores de señalización, corrección de errores y reenvío de paquetes en las capas superiores del modelo OSI. IP provee servicios de gateway orientados a datagramas entre redes; esta labor de la capa de red es importante sobre todo cuando las capacidades para flujo de datos entre las redes son diferentes. IP se encarga de fragmentar o reducir los datagramas en unidades cuya medida sea aceptable para la red de menor capacidad. Como una alternativa para evitar la fragmentación de los paquetes, estos se transmiten en la medida más pequeña (576 bytes) y en caso de necesitar fragmentación en el camino esta será realizada por IP en el router donde llegue el paquete, donde será dividido en datagramas más pequeños aptos para ser transmitidos hasta el destino final, donde

IP será responsable de ordenar los mensajes en la secuencia correcta para la óptima regeneración del datagrama inicial.

Formato de la cabecera IP

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Versión				IHL				Tipo de servicio								Longitud total															
Identificación												flag				número del fragmento															
Tiempo de vida						Protocolo						Suma de la cabecera																			
Dirección fuente																															
Dirección destino																															
Opciones														Padding																	

Figura 2.5. Formato de la cabecera IP

IP es el núcleo de Internet. Provee el servicio de intercambio de datagramas entre equipos terminales y routers o entre los mismos routers. En la figura anterior se observan todos los campos de la cabecera IP:

Versión: Especifica con 4 bits la versión del protocolo que es usada, actualmente IPv4 y algunas implementaciones de IPv6 en estudio.

IHL (Internet header length): Contiene la longitud de la cabecera expresada como el número de palabras de 32 bits que la conforman.

Tipo de servicio: Este campo indica como debe ser manejado el datagrama, 3 de sus ocho bits son usados para indicar el nivel de prioridad o importancia asignada por el equipo de origen, así este campo provee mecanismos de prioridad para el “enrutamiento” IP de los datagramas.

Longitud total: Especifica el número total de octetos del datagrama, con 16 bits se pueden tener un máximo de 65.535 octetos.

Identificación: Este campo es usado para la recombinación requerida luego de la fragmentación.

Flag (bandera) : Indica la posibilidad de fragmentar el datagrama o no a través del primer bit, el segundo bit indicará si este es el último fragmento o si aún faltan más para formar el datagrama, el tercer bit no se usa.

Número del fragmento: Indica el orden de los fragmentos a ser utilizados por IP para la reconstrucción de los datagramas originales.

Tiempo de vida: Como su nombre lo dice, indica el tiempo máximo de vida que puede tener un datagrama que circula en la red, las unidades están en segundos y cada nodo o router por donde el paquete pase debe reducir su tiempo de vida al menos en un segundo.

Protocolo: Un campo de ocho bits indica el protocolo de capa superior usado para crear el mensaje transportado en el datagrama.

Suma de la cabecera: Se encarga de la protección de la cabecera.

Dirección de origen y destino: Corresponden a las direcciones IP del equipo de donde fue enviado el datagrama y del equipo elegido como destino final del mismo respectivamente.

Opciones: Contiene diferentes características que pueden ser elegidas; el camino que debe tomar el datagrama a través de la red puede ser indicado en este campo, mas no necesita ser usado obligatoriamente.

Padding: se utiliza como relleno, agregando ceros en este campo se garantiza que el encabezado IP siempre sea un múltiplo de 32 bits.

Para culminar esta breve introducción a la suite TCP/IP es importante hablar de ICMP y ARP ambos no considerados oficialmente como protocolos de capa 3, ya que a esta capa pertenecen todos aquellos protocolos de enrutamiento como RIP, IGRP y EIGRP. Sin embargo ICMP Y ARP son protocolos que necesitan cabeceras IP en sus mensajes para el transporte de paquetes, es por ello que tiene sentido su ubicación en la capa de red. ICMP provee un mecanismo para los mensajes de control en la comunicaciones y reporte de errores entre el gateway y

el equipo Terminal; sus mensajes como se mencionó tienen adjunta la cabecera IP. Por su parte ARP funciona como protocolo gestor de Internet a Ethernet, es decir toma las direcciones IP y las convierte en direcciones físicas aptas para el transporte dentro de una red; esto lo logra a través de mensajes de broadcast donde se envía la dirección IP a donde va el paquete, el equipo con esa dirección (destinatario) reconoce su IP e introduce su dirección MAC en el mensaje y lo devuelve al router. Este guarda la IP y la MAC en su memoria para futuros mensajes que sean enviados a ese mismo equipo y forma la trama con la dirección física adecuada para la entrega del datagrama.

CAPITULO III

VoIP Y TELEFONIA IP

3.1 VoIP (Voice over IP)

Como ya se ha comentado en el presente trabajo, el desarrollo en las investigaciones de Internet trajo como consecuencia la evolución de la red de redes, la cual como su nombre lo indica, fue concebida en la década de los 60 para interconectar redes, y desde entonces se han descubierto muchas más utilidades que satisfacen necesidades creadas por el hombre para mejorar su calidad de vida. La otrora ARPANET fomentó la búsqueda de estándares que hicieran posible las comunicaciones entre redes garantizando el envío, transporte y recepción de la información; uno de los más importantes, más que un estándar, es el modelo de interconexión de sistemas abiertos mejor conocido como OSI (Open Systems Interconnection) desarrollado por la Organización Internacional de Estandarización ISO en el año de 1984. Otras organizaciones a nivel internacional como el IEEE y la UIT también se han encargado de fijar las normas para el óptimo funcionamiento de las comunicaciones entre redes. Es precisamente la UIT quien en el año de 1996 apoyándose en el protocolo que dio origen a Internet (IP) establece los parámetros para la transmisión de voz a través de la red de redes con el estándar VoIP (voz sobre IP). Dicho estándar proporciona a los diversos fabricantes una serie de normas con el fin de que puedan evolucionar en conjunto.

A raíz de la creación de este estándar se realizan investigaciones para que todos los dispositivos que trabajen con VoIP cumplan los parámetros exigidos en cuanto a compatibilidad de los equipos con las redes, velocidades de transmisión de la voz, diferencias entre tráfico de voz y datos, además de calidad de servicio. Para ello existen diferentes estándares y protocolos que definen aspectos más específicos con respecto a la transmisión de voz; entre ellos están: H.323, G.711, H.225, 802.1pq, SIP (Session Initiation Protocol), SDP (Session Description

Protocol), RTP (Real- Time Transport Protocol), RTCP (Real-Time Control Protocol), estos dos últimos definidos por la IETF.

3.1.1 Ventajas de VoIP

Muchas de las ventajas que ofrece VoIP aplican principalmente al campo empresarial, por los momentos, para luego adaptarse con esta experiencia a los usuarios residenciales en un futuro. Las empresas e instituciones toman sus decisiones en gran parte por la incidencia que éstas tengan en su presupuesto. Es por ello que las siguientes ventajas de VoIP tienen mucha relación con esto.

3.1.1.1 Reducción de costos en llamadas de larga distancia

Para las grandes empresas distribuidas a nivel nacional es necesaria una comunicación constante entre las sedes con el objeto de mantener un control del funcionamiento; esto sin duda alguna representa un gasto anual en llamadas de larga distancia que se suma a los gastos de red LAN/WAN. En este punto es evidente que ésta se convierte en la principal ventaja que VoIP ofrece a las grandes compañías. Esto se traduce en llamadas al 30% del valor actual utilizando la PSTN o a un valor de cero si todas las sedes están conectadas a través de la misma red WAN.

3.1.1.2 Más llamadas con menos ancho de banda

Las tradicionales técnicas de digitalización de la voz requieren de 64 kbps para un funcionamiento apropiado. Como resultado de éstas se obtiene lo que se conoce como voz PCM (Pulse Coded Modulation) debido a la modulación utilizada. Esta voz ocupa por completo el ancho de banda del canal durante toda la conversación, inclusive si la persona no habla algunos ruidos de fondo son también digitalizados y enviados. En los años 60, cuando se empezaron los estudios de digitalización de voz 64kbps fue la velocidad considerada para la transmisión de voz con excelente calidad. Pero al desarrollarse nuevas técnicas para digitalizar la voz se comprobó que se puede transmitir voz de buena calidad a velocidades inferiores a 64kbps, usualmente a 8kbps como se discutirá

posteriormente. Al aplicar estas técnicas se dice que se realiza una compresión de la voz, y es exactamente eso lo que ocurre ya que solo se digitaliza la voz mientras habla la persona. La supresión del silencio es una característica muy importante de estas nuevas técnicas de digitalización a 8 kbps sobre las cuales se apoya VoIP. Esta supresión de los silencios aunada al decremento en la velocidad garantiza una menor ocupación del ancho de banda del enlace.

Las compañías telefónicas soportan sus enlaces sobre canales de voz de 64kbps; estos canales generalmente llamados DS-0 (Digital Signal level 0) se usan para conectar las centrales telefónicas privadas. Considerando esto un enlace DS-0 puede soportar una sola llamada de voz PCM a 64kbps en un instante determinado de tiempo. A diferencia del anterior con la codificación de la voz a 8kbps la empresa puede incrementar su capacidad para tráfico de voz en 8 veces.

3.1.1.3 Mejores servicios corporativos

Servicios corporativos son aquellos que le dan un valor agregado a las llamadas comunes de voz como llamada en espera, teleconferencia, identificador de llamadas, servicio de contestadora, correo de voz entre otros. Actualmente estos y otros servicios son suministrados por las centrales de conmutación privada PBX (Private Branch Exchange) y en algunos casos residenciales por las compañías telefónicas. En el caso de las redes LAN esta función es desempeñada por otros dispositivos que se comentarán posteriormente y que permiten entre otras direccionar las llamadas entre los equipos terminales, asignar de forma automática un número telefónico a una dirección IP además de todos los servicios antes mencionados.

3.1.1.4 Uso eficiente de IP

Los protocolos de red tienen una larga historia, evidentemente IP, precursor de Internet, mucho más. En principio los fabricantes diseñaban los protocolos solo para funcionamiento de sus equipos; esto produjo una serie de problemas a la hora de adquirir equipos de distintos fabricantes, en especial los routers, ya que estos dispositivos debían ser capaces de entender todos los

protocolos existentes en el mercado. En respuesta a esto surgen los protocolos y estándares abiertos como TCP, IEEE 802.3 (Ethernet) entre otros que están disponibles para todas las fuentes. Volviendo a IP, este es un protocolo asociado a Internet y al Web que permite que todas las redes hablen un mismo idioma, pudiéndose comunicar entre si haciendo que los routers y gateways pertenezcan a un solo protocolo. El desarrollo de IP ha permitido adaptarlo a otros usos aparte de datos como Web sites con contenidos de texto, audio y video, haciendo que las empresas puedan vender sus productos (telemarketing) y dar asistencia técnica vía Web. En fin se abre un mundo de posibilidades entre las empresas y sus clientes a través de los servidores, con IP suministrando cada vez más servicios para suplir las crecientes necesidades de tecnología que existen en el mundo.

3.2 Telefonía IP

Desde sus comienzos la telefonía ha evolucionado prestando más servicios a un mayor número de personas. Basta recordar que en los inicios, este tipo de comunicación no era accesible a todos los habitantes de una región o país y los pocos usuarios que existían (1930) pagaban un precio muy alto por comunicarse (entre 18 y \$24 al año); en el caso de llamadas internacionales eran más altos los costos. Pero como toda tecnología la telefonía fue desarrollándose, pasando de las operadoras manuales, a la conmutación de circuitos (PSTN) y aumentando su infraestructura para estar cada vez más al alcance de todos y cumplir su objetivo principal que es comunicar a las personas que físicamente no estén cerca,. Por supuesto varias empresas pasaron a ser proveedoras de servicios de telefonía pública dándole a sus clientes mayores beneficios en búsqueda del dominio del mercado. Rápidamente estos proveedores pasaron también a ofrecer servicios de telefonía privada a empresas a través de centrales telefónicas. Con la transición de señales analógicas a digitales los enlaces aumentaron su capacidad en canales y su velocidad de transmisión se estableció en 64 kbps lo que se tradujo en mejores servicios a los usuarios tanto residenciales como institucionales. Es la transmisión de información digital la que predomina hasta los momentos en las

redes telefónicas y por supuesto en las de datos. Pero ¿qué pasaría si se pudieran prestar ambos servicios integrados usando solo la red de datos? Esta es la pregunta que responde VoIP, tecnología que básicamente consiste en la transmisión de voz, digitalmente codificada, a través de Internet hacia cualquier destino (PC o teléfono IP). La telefonía IP tiene capacidad para suministrar todos los servicios de los que antes se encargaba una central PBX con un uso más eficiente del ancho de banda del canal. Debido a los estándares de codificación utilizados actualmente por los fabricantes, esto se traduce en mayor capacidad para conversaciones. Apartando el hecho del mejor uso del canal de 64 kbps es importante destacar los beneficios económicos que presenta este tipo de soluciones en el caso de las llamadas de larga distancia para las empresas o instituciones con sucursales en distintos estados del país. Para comprender los beneficios de esta tecnología es importante empezar a estudiar los principios de codificación de la voz según los diferentes estándares existentes.

3.2.1 Voz digital

En principio como ya es conocido, la transmisión de la voz era de forma analógica y aunque se hicieron muchos esfuerzos no fue sino hasta mediados de los 60, con el desarrollo de los circuitos integrados de cierta complejidad que se desarrollaron los primeros digitalizadores de voz. Al principio, el digitalizar la voz no tenía grandes argumentos para que las compañías invirtieran en los equipos necesarios, pero los laboratorios Bell realizaron una lista de beneficios del manejo de señales digitales que todavía aplican en especial para el caso de VoIP:

- Más fácil de multiplexar.
- Señalización y control más sencillos.
- Capacidad para ser usadas por PC's y otros equipos.
- Las líneas poseen menos ruido.
- Se pueden proveer nuevos servicios.
- Las líneas son más tolerantes al ruido.
- Se puede realizar encriptación.

Para el tratamiento de las señales digitales se utiliza un dispositivo conocido como procesador digital de señales (DSP). Este se encarga de transformar la señal y hacerla apta para su transmisión y posterior tratamiento por parte de otros equipos como módems. Los DSP se usan para modular señales analógicas o digitales así como para amplificar y filtrar las componentes espectrales de las mismas; utilizan lógica digital para operar sobre las formas de onda digitalizadas. Al funcionar como un microprocesador, los DSPs poseen memoria y capacidad para “correr” diversas aplicaciones, por lo tanto pueden ser programados para realizar alguna tarea requerida, esta capacidad de programación es una de las mayores cualidades que hacen de este dispositivo muy versátil y adaptable para diversas aplicaciones como VoIP [4].

Entre las principales aplicaciones de los procesadores se encuentran la cancelación de los ecos producidos por el desacoplamiento entre las partes del enlace de telecomunicaciones; son usados en módems de alta velocidad y finalmente para implementar la velocidad de codificación de voz característica de VoIP. En muchos casos los DSPs operan a 64kbps con voz PCM como entrada produciendo voz a 8 kbps o a velocidades más bajas suprimiendo el silencio y colocando solo voz codificada en los paquetes IP.

3.2.2 Muestreo, cuantificación y codificación

Para convertir las señales de voz analógica a digital es necesario seguir estos tres pasos: primero se modula la señal analógica con un tren de pulsos de amplitud constante, donde la distancia entre cada pulso estará dada por la frecuencia de Nyquist ($f_n = 2 \cdot f_{max}$); a la salida de esta modulación se obtendrá una muestra PAM de la señal a la entrada. Es necesario recordar que el valor de Nyquist es la frecuencia de muestreo mínima que proporciona la información necesaria al receptor para reproducir la señal a la entrada. En el caso de la voz analógica este valor corresponde al doble del ancho de banda ocupado por la voz humana (4kHz).

Como paso siguiente al muestreo está la cuantificación de cada pulso PAM recibido; donde se toman los pulsos PAM analógicos y se le asigna un valor

en binario correspondiente a cada uno. Este proceso es el que transforma las muestras cuantificadas en verdaderas palabras digitales PCM (Modulación por pulsos codificados) aptas para ser enviadas a través de un enlace digital. Para codificar el total de muestras PAM es necesario establecer el número total de bits disponible, ya que este suministra el rango de valores digitales que puede tomar cualquier pulso. En este caso es evidente que mientras se cuente con más bits para la codificación se tendrá un mayor número de valores digitales posibles, lo cual se traduce en una aproximación digital más precisa de la señal analógica a la entrada.

Para la transmisión de señales de voz PCM, en telefonía se han usado 8 bits para la representación de muestras PAM que junto con la frecuencia de muestreo (8kHz) da una velocidad de transmisión igual a 64kbps por canal telefónico. Esta es la usada actualmente en la trama E1 de 30 canales usada actualmente por la PSTN a nivel nacional y en Sudamérica.

Como punto final de este proceso PCM está la codificación; este paso es el que produce las cadenas de 1s y 0s que serán transportadas a través de las redes LAN/WAN. Para esta operación son utilizadas una gran variedad de técnicas de codificación como la usada para trama T1 en EEUU (AMI), una mejora de esta que es B8ZS, y HDB3 que es usada en el resto del mundo para las tramas E-1 (2.048 Mbps), E-2 (8.448 Mbps) y E-3 (34.368 Mbps). HDB3 (high-density bipolar 3) es una codificación que presenta una violación a la regla AMI cuando son enviados mas de 3 ceros de forma consecutiva para evitar errores en el receptor. Todas estas tramas multiplexan muchos canales de voz juntos para la eficiencia en la transmisión y en cada uno de los casos la velocidad es de 64 Kbps.

Como ya se mencionó, una de las ventajas más importantes de la telefonía IP es la disminución de la velocidad para transmitir (8Kbps) debido a los estándares implementados para tal fin, por ello se darán a conocer las diferentes técnicas para codificación de voz propuestas para VoIP y telefonía IP. Entre los más conocidos están los recomendados por la UIT: G.711, G.728, G.729, G.723.1.

G.711: es uno de los más antiguos estándares para transformación de audio analógico en datos digitales, por lo tanto usa PCM como técnica de

modulación de la voz produciendo información digital a 64 kbps al igual que las compañías telefónicas tradicionales. Sin embargo los protocolos para VoIP definen otros tipos de codificación, a parte de éste, para su funcionamiento.

G.728: Es una especificación que codifica a una tasa de 16 kbps, usa un algoritmo lineal de predicción con código algebraico de bajo retardo (LD-ACELP).

G.729: Utiliza la estructura conjugada del algoritmo lineal de predicción con código algebraico (CS-ACELP) a una velocidad de 8 kbps. Una variante de este estándar es el G.729a, el cual es una versión de más reducida complejidad y de más rápida ejecución. Esta última versión ha sido la más aceptada e implementada por los fabricantes de gateways debido a su bajo retardo al aplicar los algoritmos (15 ms). Otra modificación de este estándar es el G.729b que provee las formas de implementar, aparte de la compresión de voz, la supresión del silencio, detección de activación de voz VAD y generación del ruido confortable CNG.

G.723.1: En este caso son especificadas dos velocidades (5.3 y 6.4 kbps), las cuales deben ser soportadas por todos los equipos que trabajen con este estándar ya que éste tiene la capacidad para conmutar de una a otra velocidad cada 30 ms si es necesario. Estas tasas de transmisión producen paquetes de 20 y 24 bytes respectivamente y establecen paquetes de 4 bytes para la supresión del silencio y la transmisión del “ruido confortable” cuando el emisor está callado. Comparado con el codec G.729, el G.723.1 procesa mejor las señales DTMF, lo que se traduce en una ventaja para la señalización dentro del canal.

Pese a que todas las técnicas difieren en sus modelos matemáticos, existen tres aspectos fundamentales que determinan qué tan conveniente es el uso de cualquiera de esos algoritmos de codificación en VoIP, estos son la velocidad de transmisión, la cantidad de retardo asociado al proceso y la calidad de audio percibida en la señal recibida.

A pesar de su importancia, la calidad de la voz, como característica, es muy difícil de medir, en este caso los ingenieros han tomado en cuenta dos criterios para tener una medida de la calidad, estos son: el retardo y la opinión media como usuario Mean Opinion Score (MOS) [4], la relación entre velocidad de los datos, retardo y MOS se muestra a continuación en la figura 3.1.

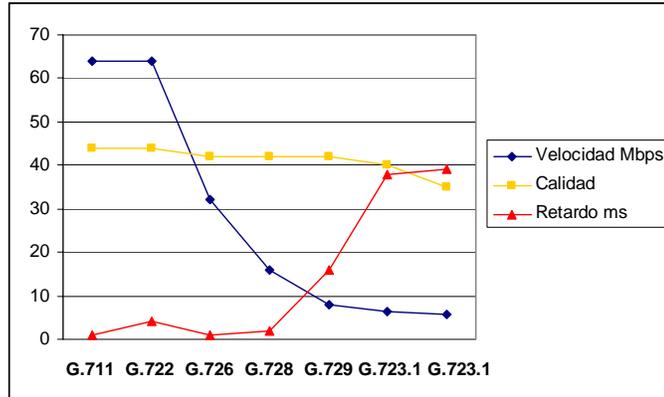


Figura 3.1. Relación entre velocidad, calidad y retardo para las diferentes codificaciones

Como se observa en la figura anterior, en líneas generales, la calidad varía muy poco entre los diferentes estándares, por lo tanto no es un factor determinante en el momento de elegir uno en específico. Caso contrario lo representa el retardo en la señal que es quizás el factor de mayor relevancia para la calidad de VoIP y es inversamente proporcional a la velocidad de datos según muestra la gráfica. Debido a esto es que la toma de decisión en la selección de los codecs se debe basar en la velocidad deseada, haciendo uso del ancho de banda disponible y suministrando el menor retardo posible. A simple vista pareciera fácil decidir por una gran velocidad que tenga poco retardo, pero los requerimientos y la disponibilidad de canales con esa velocidad juegan un papel importante a la hora del diseño. Evidentemente los fabricantes deben tener en cuenta los estándares de la UIT para la elaboración de equipos de compresión de audio ya que de lo contrario será incompatible con el resto de dispositivos existentes en el mercado.

Mucho tiempo ha pasado desde que PCM dio origen a la codificación de la voz, pero esta técnica está aun vigente debido a ciertas modificaciones que han contribuido a mejorar su eficiencia haciéndola apta para las nuevas normas

establecidas. Dos características importantes han permitido la evolución de PCM hacia otras modulaciones denominadas adaptativas: la supresión de pulsos redundantes y la predicción de la voz humana.

La manera más fácil de observar redundancias en la voz humana es examinando dos pulsos PAM consecutivos antes de que sean cuantificados y codificados, de forma tal que cuando se envíe la primera muestra esta se toma como referencia y luego al llegar la segunda solo se cuantifica y codifica la diferencia entre las dos, que evidentemente es un valor mucho más pequeño para cuantificar en vez de volver a cuantificar el valor completo del pulso. Esto presenta una ventaja fundamental y es que al momento de la codificación solo se tomará en cuenta la diferencia de amplitud existente entre las dos muestras ya que el resto es información conocida para el receptor, es decir redundante, por lo tanto se necesitan menos bits para ello. Existen dos formas de implementar esta técnica para remover redundancias: la modulación por código de pulso diferencial (DPCM) y la llamada modulación delta (DM). La primera, como ya se mencionó, codifica solo las diferencias entre las palabras PCM antes de que sean cuantificadas, la segunda se aplica directamente a la señal codificando todos los cambios de la misma pero de manera diferencial, es decir la información se obtiene de forma digital generando 1s en su cadena de bits si la onda aumenta su amplitud y ceros en caso de ocurrir lo contrario.

En sus comienzos estas técnicas enfrentaron problemas de calidad debido a los cambios abruptos que tenían algunas señales de voz y el rango máximo de medición permitido en cada uno de los casos, generando así ruido excesivo. Para solucionar este problema surgen las modulaciones adaptativas ADPCM y ADM como variante de las originales, como su nombre lo indica estas técnicas incrementan o disminuyen el tamaño de sus medidas (pasos), de la misma forma en que varía la amplitud de la señal fuente, adaptándose de esta forma a los posibles cambios de ésta. En este proceso, luego de observar tres muestras consecutivas que requieran la asignación de la máxima medida establecida se procede a incrementar el máximo por 1101 hasta el doble del valor presente, esto en el caso de DPCM. Así, estas técnicas adaptativas compensan los efectos de

ruido introducido, haciéndose las predilectas para las diferentes implementaciones de codificación de voz a 64kbps y más bajas.

A pesar de las variaciones que pueden tener las señales de voz, éstas ocurren en un rango limitado que muchas veces puede ser predecible, es decir la señal analógica de voz no siempre está compuesta por componentes de alta y/o baja frecuencia, cuando estas ocurren lo hacen con cierta periodicidad determinada por estudios de la voz. Estas características son las que hacen posible las operaciones de predicción de voz que llevan a cabo los codificadores más comúnmente usados en VoIP, llamados vocoders que son dispositivos especializados en digitalizar la voz asumiendo ciertas características particulares que esta posee. El término vocoder es para indicar que este método es de digitalización de la voz y no de cualquier forma de onda analógica arbitraria a diferencia de los codec.

Los vocoders de la fuente y del destino deben tener el mismo algoritmo de predicción que contiene las reglas que soportan la codificación predictiva; todo lo que necesita ser enviado entre la fuente y el destino es la diferencia entre la predicción de onda y la señal vista por el emisor. Hoy en día la escogencia de estos algoritmos de predicción se basa en varios aspectos como el sexo, la edad e inclusive el idioma que hablan las personas, por ejemplo las mujeres ocupan un mayor ancho de banda con su voz que los hombres, hay idiomas como el alemán donde se utilizan muchos sonidos de consonantes a diferencia del español. Existen una gran cantidad de vocoders y todos asumen que el lenguaje es producido por un sistema lineal que en este caso es la zona vocal humana. Este sistema lineal es periódicamente excitado por series de impulsos, determinados por intervalos establecidos para los sonidos vocales, los sonidos consonantes son excitados por una secuencia de ruido aleatoria [4]. Es por esto que muchas de las técnicas y estándares para la compresión de voz comentados anteriormente son conocidos como algoritmos de predicción lineal (LD-ACELP) (CS-ACELP).

Luego del proceso de codificación de voz se procede a tomar las muestras digitales (cadenas de 0s y 1s) para colocarlas en paquetes con formato

adecuado para la su transmisión a través de la red: LAN, WAN, MAN e Internet; para esto es necesario conocer ciertas características útiles para “empaquetar” de forma efectiva los datos.

3.3 CRITERIOS A TOMAR EN CUENTA PARA LA TELEFONIA IP

3.3.1 Retardo de paquetización

Cuando se toman muestras a 8 Khz, estas van siendo agrupadas para ser empaquetadas, ya que una sola no tiene la medida exacta de un paquete. Este tiempo que tardan esperando “en cola” es el denominado retardo de paquetización y será adicionado conforme aumente el tamaño de los paquetes a ser enviados. La máxima capacidad de un paquete IP es de 64 Kbytes, pero en muchas implementaciones se usan por lo general cerca de 570 bytes. Los grandes retardos entre terminales pueden necesitar de canceladores de eco, aún si las llamadas IP son sobre cortas distancias.

3.3.2 Retardo diferencial (jitter)

Este resulta cuando un paquete de voz sensible al retardo es dejado en cola tras un número variable de paquetes de datos. Esto ocurre en cada router a lo largo del enlace, es decir, el jitter (retado diferencial o variable) ocurre en repetidas ocasiones produciendo así la distorsión de la voz en varias formas.

3.3.3 La alta velocidad de voz

La velocidad de datos más comúnmente usada es 64kbps, sin embargo esta pasó a ser también la velocidad básica de los enlaces usados entre los routers IP. Estos paquetes de voz PCM a 64kbps, pueden forzar a los demás paquetes del enlace. Y esto no es tomado en cuenta por la cabecera del paquete IP, la cual debe ser ajustada pero no sobre enlaces de 64 kbps [4].

3.3.4 Una tasa constante para la voz

Las altas velocidades comentadas anteriormente se cumplen aun en periodos de silencio, sin embargo los paquetes pueden enviarse de manera más apropiada disminuyendo su capacidad, quizás eliminando los silencios que se presentan durante un 50% de la mayoría de las conversaciones (actualmente los periodos activos de voz están cercanos a 40% del total de bits en ambos sentidos). Pero en las llamadas es necesario algún sonido de fondo (confort noise) que permite a las personas saber que están siendo escuchadas o que la conexión está establecida. Por otro lado presenta una desventaja en la detección de la voz luego de un periodo de silencio.

3.3.5 Reenvío de paquetes con error

IP como protocolo de datos, no garantiza el reenvío de paquetes por sí mismo. Esta función, como es conocido, se soporta en la capa de transporte a través de TCP, el cual se encarga de la retransmisión de algunos segmentos no recibidos en el destino. Por lo tanto TCP pareciera ser la mejor elección para el transporte de VoIP, debido a su condición de protocolo orientado a la conexión. Sin embargo, es importante recordar que estos segmentos y paquetes contienen muestras de voz y no pueden ser reenviados ya que las conexiones de voz son en tiempo real. Los paquetes de voz perdidos simplemente causan espacios vacíos en la conversación, detalle que solucionan los integrantes de la llamada repitiendo la frase completa, hasta recibir la confirmación de la recepción de ésta por parte de la otra persona. El otro protocolo de capa de transporte UDP surge como una gran alternativa porque no reenvía los paquetes perdidos y es no orientado a la conexión.

3.4 ALTERNATIVAS A UTILIZAR EN TELEFONIA IP

Tomando en cuenta cada una de estas características se han diseñado estrategias de solución para la óptima construcción, envío y transporte de los paquetes de voz a través de Internet:

3.4.1 Tamaño de los paquetes

Una forma eficaz para combatir los retardos de “paquetización” es usar paquetes con menor contenido de muestras de voz. Hasta los momentos no existe una medida máxima o estándar para los paquetes, sin embargo este aspecto debe considerarse para la unificación de los criterios en torno a cual puede ser una medida común para todos los paquetes que contengan voz en la red.

3.4.2 Prioridad de paquetes

Una forma de asegurar calidad de servicio para VoIP es establecer prioridades que eliminen los retardos en este proceso de transmisión de la voz. Anteriormente no se hacía uso de este mecanismo para el envío de los paquetes, a pesar de que estos en su cabecera IP poseen un campo identificado como “tipo de servicio” el cual puede ser usado para asegurar las prioridades de los paquetes de VoIP, pero no ha sido usado de la forma correcta por los routers. Las prioridades en el tráfico de voz garantizan un tratamiento especial a los paquetes de esta categoría, de forma tal que estos no sean puestos en cola para ser enviados a su destino correspondiente por el router. La IEEE ha establecido dos recomendaciones en cuanto a calidad de servicio se refiere éstas son 802.1p y 802.1q que serán discutidas posteriormente junto con los modelos para calidad de servicio en redes IP.

3.4.3 Compresión de la voz

Como ya se ha comentado existen varios estándares para la digitalización que proporcionan una buena calidad de voz a velocidades inferiores de 64kbps; es este proceso al que se le denomina compresión de la voz, ya que permite reducir el ancho de banda a utilizar en la comunicación telefónica. Para la

implementación de esta técnica se pueden desarrollar dispositivos codificadores que trabajen a velocidades como 32, 16 y 8kbps, o tomar directamente la señal de voz a 64kbps como entrada de una segunda etapa de codificación donde la salida tendrá una menor velocidad. Este último no requiere el desarrollo de nuevos dispositivos.

3.4.4 Supresión de silencios

Esta es una de las características principales que aplican para VoIP como se vio anteriormente. A través de este proceso, se eliminan los periodos de silencio que ocurren dentro de una conversación telefónica principalmente cuando una de las partes está escuchando, entre las oraciones y palabras. La suma de todos estos periodos totaliza el 60% de la llamada telefónica.

Pero uno de los grandes problemas de la supresión de silencio es la llamada detección de la activación de la voz o voice activation detection VAD, el cual consiste en la capacidad para detectar con precisión el momento en que empieza a hablar la persona después de un periodo de silencio, y es que aparte de la voz también existen sonidos de fondo (ruidos) que no deben ser empaquetados y enviados con la voz. La clave está en detectar cuando el nivel de la voz sobrepase al del ruido de fondo lo que determinará el momento en que la persona empezará a hablar de nuevo.

Establecer el nivel de VAD necesario para la comunicación es importante, ya que un nivel muy bajo dejaría empaquetar muchos ruidos no deseados (carros, animales, equipos eléctricos) y por el contrario un nivel muy alto produciría cortes en la conversación lo que se traduce en una mala calidad ya que esta es en tiempo real. Junto con la compresión de voz, la supresión de silencios permite enviar los paquetes de voz sobre enlaces de 64kbps sin ningún otro tráfico de paquetes.

Para compensar la pérdida de sonido que produce la supresión del silencio se genera un bajo sonido de fondo (*comfort noise*), que permite al escucha distinguir entre el silencio normal a la espera de una respuesta y una falla en la

comunicación. Actualmente el *comfort noise* no es generado y enviado a través de la red, sino que es agregado en el paquete a través de un proceso denominado generación del ruido confortable (CNG). Existen varias formas de generar el *comfort noise*, la mas sencilla es colocando un chip en los teléfonos que genera una especie de ruido suave cuya variación con el silencio normal de una conversación sea imperceptible para el escucha. Otro método para la generación de este peculiar sonido consiste en tomar muestras de silencio, justo antes de que las personas comiencen a hablar, sin eliminarlas para luego colocarlas durante los periodos de silencio que normalmente ocurren en la conversación.

3.4.5 RTP (*Real-time Transport Protocol*)

El protocolo de transporte en tiempo real, es muy similar a TCP con la gran variante que RTP no realiza reenvío de paquetes cuando éstos son perdidos; esta característica lo hace apropiado para aplicaciones en tiempo real como VoIP.

3.4.6 *El Jitter Buffer*

Los efectos de jitter o retardo diferencial pueden ser controlados mediante el uso del denominado *jitter buffer* en los teléfonos. Estos son dispositivos con memoria usados para almacenar los paquetes de voz que llegan con diferente retardo para luego entregar cada uno con el mismo tiempo de llegada. El flujo de paquetes a la salida es denominado “*playout*”, éste es fijo y constante y tan largo como la cantidad de paquetes que haya recibido a su entrada.

Mas específicamente el trabajo de este buffer consiste en llevar los diferentes retardos de cada paquete de voz a un valor fijo para todos, esto permite escuchar la voz en la cadencia correcta. Un ejemplo gráfico del trabajo del *jitter buffer* se puede observar en la figura 3.2. Aquí, dos paquetes 1 y 2 entran con retardos diferentes Δx y Δy respectivamente; cada paquete pasará por un *sub-buffer* distinto que añadirá una cantidad distinta de retardo a cada uno tal que a la salida del dispositivo ambos paquetes tengan el mismo retardo Δz .

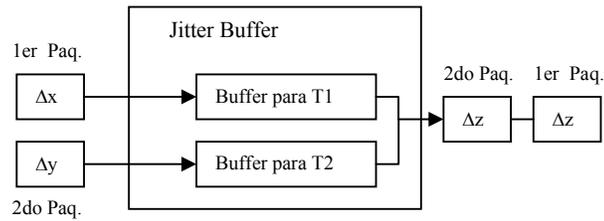


Figura 3.2. Jitter buffer usado telefonía IP

Como se puede apreciar, los paquetes salen en el mismo orden en el que entran al *jitter buffer*. Esto es de suma importancia en el proceso de transmisión de voz. Dentro del dispositivo se encuentran los sub-buffer que asignan un retardo distinto a cada paquete según el tiempo de diferencia que éstos posean. El retardo final de todos los paquetes (Δz) no debe exceder los 150ms por normas de calidad de servicio y funcionamiento de red. El método más sencillo de trabajo es sacar muestras de voz cada 125 ms de jitter buffer, es decir en la medida que los paquetes lleguen rápidamente y que el espacio en el buffer sea el adecuado, este nunca estará vacío. En caso de que esto ocurra el jitter buffer puede simplemente repetir el valor de los últimos paquetes de voz.

Los *jitter buffers* son la manera más práctica de tratar con el retardo diferencial introducido por la paquetización de la voz. Estos son de fácil y rápida implementación y no son usados solamente en VoIP también en aplicaciones de voz sobre ATM y *frame relay* [4].

3.5 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

Actualmente los sistemas informáticos se basan en una red de datos, la cual debe ser capaz de soportar una cada vez más amplia gama de aplicaciones. Para esta labor, ha sido utilizado el protocolo de Internet durante las últimas tres décadas, facilitando el intercambio de información. Actualmente el desarrollo de estas redes de datos se está enfocando hacia la provisión de Calidad de Servicio (QoS), la cual se requiere para permitir asegurar determinadas características de

calidad en la transmisión de información. El objetivo es evitar que la congestión de determinados nodos de la red afecte a algunas aplicaciones que requieran un especial caudal o retardo, como pueden ser aplicaciones de VoIP o videoconferencia [5].

Calidad de servicio es la capacidad de la red para proporcionar determinados servicios que necesiten de un tratamiento especial. Para esto se debe tener muy en cuenta la tecnología de transporte en uso así como los equipos de conmutación y enrutamiento que son los encargados de aplicar las políticas y privilegios para cada tipo de paquetes en la red. En el caso de QoS existen dos modelos para su aplicación: IntServ y DiffServ. El primero se basa en protocolos para destinar cierta cantidad del ancho de banda a cada tipo de servicio mientras que el segundo define clases de paquetes para suministrar un tratamiento especial a cada uno en los enrutadores de la red; esta última es la más aceptada para implementaciones en las redes de gran capacidad.

3.5.1 Modelo IntServ

Se basa en la utilización de algún protocolo de reserva RSVP que permite la reserva de recursos a lo largo de los routers implicados en la comunicación. Su modo de trabajo es semejante al de los protocolos orientados a la conexión, por la coordinación que debe existir entre los puntos terminales para definir los flujos de datos entre éstos. El principal problema de este modelo es la necesidad de mantener información sobre cada flujo en todos los routers de la red, lo cual lleva a problemas de escalabilidad.

3.5.2 Modelo DiffServ

Funciona a través de la división del tráfico en distintas clases y en la asignación de prioridades a estos agregados; esto se hace identificando los paquetes con un código DSCP, ubicado en el campo tipo de servicio de la cabecera IP, según la prioridad que éste tenga para el transporte a través de la red; este código es todo lo que necesitan los routers para analizar los paquetes y tratarlos según sus necesidades. La diferenciación de los servicios se logra

mediante la definición de comportamientos específicos para cada clase de tráfico entre dispositivos de interconexión, hecho conocido como comportamiento por salto (PHB).

Básicamente, según el código DSCP los paquetes son clasificados de acuerdo a la prioridad asignada por el administrador para su paso por la red, esto permite a los routers aplicar un comportamiento de cola específico según la clase a la que pertenezca el paquete; generalmente esta clasificación se basa en las diferentes aplicaciones existentes como: Telnet, HTTP, FTP, video y por supuesto voz, según el nivel de importancia que cada una represente para el funcionamiento de la empresa.

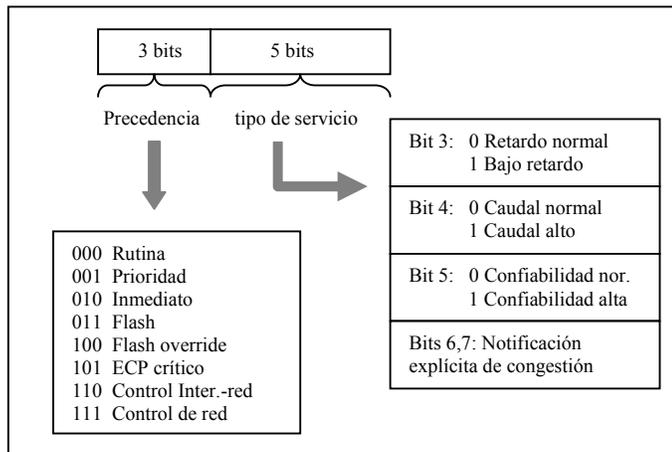


Figura 3.3. Contenido del DSCP en el campo TOS

La arquitectura definida para Diffserv esta conformada por nodos extremos DS de entrada y salida, así como nodos DS internos. Este conjunto de nodos definen el dominio Diffserv donde se aplican las políticas a los grupos de comportamiento por salto PHB que determinan el tratamiento de los paquetes en la red. Un dominio Diffserv puede estar formado por más de una red; de manera que el administrador será el responsable de repartir adecuadamente los recursos [5].

Los nodos extremos tienen la función de clasificar y establecer las condiciones de ingreso de los flujos de tráfico en función de: la dirección IP

(origen y destino), protocolo de transporte y DSCP; este clasificador se conoce como clasificador multi flujo MF. Los nodos de entrada serán responsables de verificar que el tráfico cumpla los requisitos de algún TCA. Los nodos de salida deberán por el contrario realizar funciones de acondicionamiento sobre el tráfico transferido a otro dominio *Diffserv* conectado. Los nodos DS internos realizan funciones limitadas como: remarcado de DSCP y selección de PHB definido para cada flujo de datos según el código asignado a cada paquete.

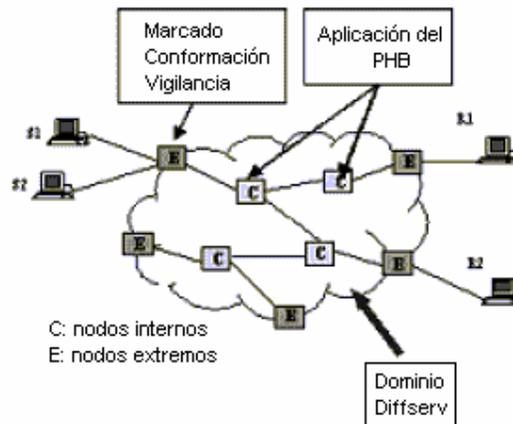


Figura 3.4. Arquitectura Diffserv.

Tanto los nodos internos como los extremos realizan labores de clasificación. La diferencia consiste en que los primeros son de comportamiento agregado (BA) y los últimos son de multi campo (MF); ya que además del DSCP éstos usan otra información del encabezado para determinar cual es el PHB configurado para cada paquete.

Para la comunicación y distribución de políticas de calidad de servicio entre los elementos de la red se define el protocolo COPS, el cual define un modelo sencillo de cliente-servidor que proporciona control de políticas para protocolos con señalización de calidad de servicio. COPS se basa en sencillos mensajes de petición y respuesta utilizados para intercambiar información acerca de políticas de tráfico entre un servidor PDP y distintos tipos de clientes (PEPs); este modelo supone que existe al menos un servidor de políticas en cada dominio administrativo. En el caso más sencillo el PEP envía peticiones y actualizaciones

al PDP y este responde con las decisiones ya tomadas. Esta comunicación se realiza a través de TCP para asegurar fiabilidad en el envío de mensajes.

Aparte de los modelos existentes para aplicación de calidad de servicio, se han establecido estándares por parte de la IEEE para asegurar mecanismos de transporte con niveles de prioridad para diferentes tipos de tráfico entre estos se destacan: 802.1p y 802.1Q.

3.5.3 IEEE 802.1p

Este estándar definido por la IEEE se basa en un esquema de prioridad de paquetes; es decir los paquetes con baja prioridad no serán enviados si los paquetes con alta prioridad están en cola para ser enrutados. La cabecera 802.1p incluye un campo de tres bits para prioridad, permitiendo que los paquetes sean agrupados en varias clases de tráfico. El IEEE ha hecho recomendaciones para la implementación de esta clasificación de tráfico por parte de los administradores de redes; esta recomendación también puede ser definida como de mejor esfuerzo para capa 2 y es implementada en los adaptadores de red y switches sin involucrar ningún programa de reservación. El tráfico perteneciente a 802.1p sencillamente es clasificado y enviado a su destino sin ningún tipo de reservaciones de ancho de banda.

A pesar de que muchos fabricantes están de acuerdo en que 802.1p es el mecanismo para establecer prioridades; no existe una única manera uniforme para implementar estas políticas para el tráfico dentro de las redes. La recomendación descrita establece ocho niveles de prioridad, que serán usados por los routers para el manejo del tráfico. Pese a esto, la mayoría de los fabricantes soportan 2 o 3 niveles de prioridad en sus switches y no usan los ocho establecidos; lo recomendable es tener más de dos colas de tráfico para ofrecer amplios niveles de prioridad en la red.

3.5.4 IEEE 802.1Q

Este estándar permite la definición, operación y administración de las VLANs dentro del dominio de las redes de área local, lo cual trae como principal ventaja la segmentación de los dominios de *broadcast* y *multicast* evitando así la ocupación innecesaria del ancho de banda. 802.1Q establece el método estándar para insertar la información de las VLANs en las tramas Ethernet, ayudando a suministrar altos niveles de seguridad a los distintos segmentos internos de la LAN. La IEEE a través de esta recomendación también establece que para la comunicación de dos equipos terminales pertenecientes a diferentes redes LAN es necesario el uso de routers o switches de capa 3 para funciones de enrutamiento.

Esta posibilidad de dividir la red LAN en varios dominios de *broadcast* representa una ventaja para los administradores de redes quienes pueden asignar cada segmento a un grupo de equipos que requieran estar constantemente en comunicación; de esta forma cualquiera de estos solo enviarán mensajes de *broadcast* dentro de su dominio sin afectar los demás segmentos de red con los que no se están comunicando en ese momento. Esto se realiza asignando perfiles a los puertos del switch de tal forma que los equipos terminales puedan ser asignados a diferentes VLANs. El switch de capa 3 o router en este caso adquiere funciones especiales de enrutamiento de acuerdo a la VLAN de origen y destino de los paquetes pero sobretodo mantiene el control de los mensajes de *broadcast* y *multicast* dentro o fuera de los dominios asignados según sea el caso. De esta forma se asegura un uso óptimo del ancho de banda

Protocolos como VTP permiten el intercambio de información referente a las VLANs entre los switches y routers de la red asegurando así el cumplimiento de la recomendación 802.1Q de la IEEE.

3.5.5 IEEE 802.3af

Muchas veces los puntos alimentación eléctrica no son accesibles para equipos de red como access points o teléfonos IP; en otros casos no son suficientes. Es por ello que ante este tipo de dificultades surgió una importante

interrogante: ¿por qué no suministrar la corriente a los equipos en el mismo cable de conexión a la red? La respuesta a esta pregunta es dada por la tecnología PoE, la cual fue diseñada para suministrar energía a los equipos de red usando el cableado de datos ya existente (RJ-45). Si bien esta recomendación no esta referida directamente a la calidad de servicio, brinda un gran apoyo en cuanto a la disponibilidad del servicio telefónico en la red que requieren los usuarios; convirtiéndose así en un contribuyente indirecto a la QoS necesaria en la telefonía IP. Además de esto PoE evita algunos costos adicionales (ocultos) que implicaría la implementación de telefonía IP, ya que no son necesarios nuevos toma corrientes o la adquisición de reguladores o fuentes de poder para el suministro de la energía eléctrica que hace posible el funcionamiento de los equipos.

Entre los beneficios de PoE se pueden destacar los siguientes:

- Energía y datos a través del mismo cable
- No hay necesidad de alimentación externa
- Amplia movilidad de los teléfonos independiente de la ubicación de los toma corriente
- Administración de energía y monitoreo vía SNMP
- Uso de modelos de cable existente (Categoría 5 o mas)
- Ahorro de costos adicionales para implementación

El estándar IEEE 802.3af define una potencia cercana a los 15.4W en cada puerto del switch, también especifica una corriente de 350mA por conexión usando típicamente 48 Volt, por lo tanto esta potencia real es de 16W para el dispositivo que se conecte como: teléfono IP o access point, aunque existen otros dispositivos como impresoras, lectores de tarjetas magnéticas y cámaras Web que se están desarrollando para utilizar esta recomendación en un futuro cercano.

Esta recomendación define dos partes para su conformación: el PD, que es el dispositivo que recibe la energía y el equipo suministrador de la misma (PSE). Todos los equipos que manejen PoE se encuentran en alguna de las dos clasificaciones; en el caso más básico está el switch que hace las veces de PSE y el teléfono IP (PD) ambas partes se describirán a continuación.

3.5.5.1 Equipo suministrador de energía (PSE)

Este tipo de equipo es el encargado de detectar los dispositivos que soportan PoE (PD) y suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de estos. Esto se realiza a través de los pares destinados a la transmisión de datos (1,2 y 3,6) o en su defecto utilizando los pares libres (4,5 y 7,8).

3.5.5.2 Equipo alimentado (PD)

Un PD es todo aquel equipo capaz de recibir energía en alguna de las dos formas descritas en la parte anterior. Respecto a los equipos terminales es importante mencionar que no todos utilizan la misma energía; es por ello que entran en una clasificación dependiendo de su necesidad en este campo. La clasificación asignada es la siguiente:

- Clase 0: necesita entre 0.44 y 12.95W
- Clase 1: necesita entre 0.44 y 3.84W
- Clase 2: necesita entre 3.84 Y 6.49W
- Clase 3: necesita entre 6.49 y 12.95W

Los PSE se encargan de averiguar a cual clasificación pertenece cada PD a través de una señal de voltaje transmitida a estos por el par positivo y midiendo la atenuación en el par negativo. Este nivel de señal de retorno indicará cual es la clasificación del PD.

Para finalizar este punto de PoE se debe mencionar la importancia de la alimentación de los teléfonos con esta tecnología que garantizará la disponibilidad de telefonía IP a la que estaban acostumbrados los usuarios usando las centrales y teléfonos comunes. Por lo tanto se debe asegurar la continuidad de suministro eléctrico a los switches para que estos a su vez proporcionen siempre la energía necesaria a cada teléfono. Respecto a los avances en materia de suministro de energía a través de UTP se están realizando discusiones y estudios desde noviembre de 2004 para aumentar la potencia suministrada por los PSE con miras

a diseñar dispositivos con más funciones que por supuesto necesitarán una mayor cantidad de energía, esto trae el concepto de PoE plus.

3.6 ESTANDARES PARA VoIP

En cualquier sistema de comunicaciones, un factor muy importante para el correcto funcionamiento lo constituye el lenguaje utilizado para el intercambio de información entre los dispositivos y equipos involucrados. Es ahí donde intervienen los protocolos de comunicación que no son más que una serie de reglas que hacen posible la conexión entre diferentes dispositivos en las redes. Cuando estas reglas son aceptadas a nivel internacional se convierten en estándares ó recomendaciones. Muchas organizaciones se encargan de la discusión, generación, elaboración y mejoramiento de recomendaciones con el principal objetivo de que estas sean cumplidas por los fabricantes de equipos, a fin de proveer la compatibilidad necesaria para la interconexión entre los dispositivos que suministran las numerosas aplicaciones existentes en Internet. Entre los más destacados organismos que se encargan de esta importante labor están el IEEE, el IETF y la UIT, siendo esta última la de mayor jerarquía en cuanto a la normas de las telecomunicaciones se refiere y de la cual emana la gran mayoría incluyendo la de VoIP y H.323 principal soporte para la comunicación entre dispositivos que manejan voz sobre la red.

3.6.1 H.323

H.323 es un estándar de comunicaciones producido por la UIT, iniciado a finales de 1996, de alta complejidad ya que integra no solo VoIP sino también comunicaciones multimedia. Es un conjunto de protocolos que dan soporte e impulsan el crecimiento de este tipo de tecnologías en las redes de área local. Es una expansión de la norma tradicional H.320 pero optimizada para Internet. H.323 es ampliamente soportado por muchos fabricantes comerciales y se usa en todo el mundo en aplicaciones empresariales, educativas y otras [4].

Anteriormente las redes desplegadas para la transmisión de voz sobre IP eran en su mayor parte propietarias, utilizando mecanismos de señalización, control y codificación de la voz propios de los proveedores, y con muy poca o sin ninguna interoperabilidad entre ellas. La norma H.323 de ITU provee especificaciones para que sean cumplidas por todos los fabricantes con miras a estandarizar las comunicaciones dentro y entre las redes conformadas por equipos de distintas marcas.

El estándar H.323 define una gran cantidad de información acerca de las propiedades y componentes que interactúan en el ambiente H.323. Especifica las piezas que se combinan para proporcionar un servicio de comunicación completo:

- Terminales: ya sean PCs o dispositivos independientes (teléfonos), son los extremos de las líneas de comunicación.
- *Gatekeepers*: los cerebros de la red, que proporcionan servicios como direccionamiento, identificación, autorización y administración del ancho de banda.
- *Gateways* o compuertas: es el elemento encargado de hacer de puente entre la red telefónica convencional (RTB) y la red IP adecuando las señales al formato de destino.
- Unidad de Control Multipunto (MCU): permite las conferencias entre varios sitios, o el enlace entre más de dos sitios a la vez (algo muy similar a las conferencias telefónicas)

3.6.1.1 Arquitectura de H.323

Como se mencionó, este estándar de la UIT suministra las especificaciones que deben cumplir los equipos que manejen VoIP; desde los *codec* a utilizar, pasando por la señalización entre los equipos hasta los protocolos para la transmisión de la voz. El conjunto de normas establecidas dentro de H.323 para el soporte de telefonía IP y comunicaciones multimedia se muestra en la figura 3.5.

Video		Audio		Control		Datos	
H.261	Codificación de video	G.711	G.722	H.225 RAS Q.931 señalización entre terminales y gatekeeper	H.225 señalización de llamadas	H.245	T.120
H.263		G.723	G.728				
		G.729	G.729				
RTP	RTCP	RTP	RTCP				
Transporte sin reenvíos (UDP)				Transporte seguro (TCP)			

Figura 3.5. Conjunto de protocolos dentro de H.323

Los campos sombreados son los usados para telefonía IP, las porciones de video y datos tienen utilidades para servicios de multimedia que no se explicarán en detalle. El compendio de audio maneja todas las funciones de VoIP y el *codec* recomendado por H.323 es G.711; a pesar de esto en muchas aplicaciones de telefonía IP se usan digitalizadores de velocidades más bajas como G.728, G.729 y G.723. Debido a la revisión de errores en los paquetes y la retransmisión de los mismos por parte de TCP se originan retardos; es por ello que la transmisión de la voz y algunas funciones de control se realizan a través de UDP. El estándar especifica que una cabecera RTP es sumada a los datos UDP.

En algunas implementaciones, para la gestión y monitoreo de la calidad de voz en las redes se usa RTCP que provee este tipo funciones a través de reportes que contienen información tanto del emisor como del receptor con parámetros de importancia como número de paquetes perdidos y transmitidos.

Una porción de control en la arquitectura de H.323 usa UDP como protocolo de transporte para conexiones rápidas entre los equipos terminales y el gatekeeper que es el servidor de acceso remoto (RAS) de la red H.323. H.225 también es usado para el control de las llamadas soportado por TCP al igual que H.245 [4].

Mientras algunos fabricantes de equipos y software de VoIP dependen de los componentes y protocolos de los propietarios, muchos de ellos usan al menos algunas especificaciones establecidas en H.323 y otros tratan de cumplir con todas con fines de interoperabilidad con otros fabricantes. Esto hace de H.323 un excelente modelo para propósitos de discusión e implementación de normas para

los componentes de un sistema VoIP estándar. La figura 3.6 muestra las funciones básicas que están asociadas con los sistemas de telefonía IP que se rigen por H.323.

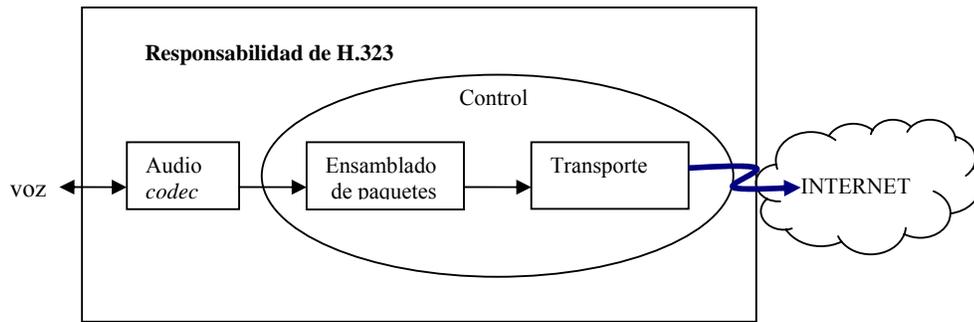


Figura 3.6. Funciones básicas de H.323

3.6.2 SIP (*Session Initiation Protocol*)

El Protocolo para inicio de sesión es un estándar desarrollado por la IETF identificado como RFC 3261. Este es un protocolo de señalización para establecer las llamadas y conferencias en redes IP. El inicio de la sesión, cambio o finalización de la misma, es independiente del tipo de medio o aplicación que se usa en la llamada; una sesión puede incluir varios tipos de datos, incluyendo audio, video y muchos otros formatos. SIP se originó a mediados de los años 90 (aproximadamente al mismo tiempo que H.323 se presentaba como un estándar) para facilitar la manera en que la gente podía ver una sesión por multidifusión en IP. Mucho se ha comentado acerca del impacto que puede tener el desarrollo de SIP; de hecho se compara con el que tuvo HTTP ya que mientras este integra contenidos y enlaces de texto, audio y video en las paginas web, SIP integra contenidos diversos administrando la sesión. Esto le ha valido el reconocimiento como estándar para comunicaciones integrales y aplicaciones.

SIP fue modelado después de otros protocolos de Internet basados en texto, como SMTP (correo electrónico) y HTTP (páginas Web) y se diseñó para establecer, cambiar y terminar llamadas entre uno o más usuarios en una red IP de manera independiente al contenido de la llamada. Como HTTP, SIP traslada el

control de la aplicación al punto terminal, eliminando la necesidad de funciones centrales de conmutación.

3.6.2.1 Arquitectura SIP

Este estándar define cuatro miembros fundamentales para su implementación en la telefonía IP u otra aplicación de VoIP:

- Agente de usuario SIP: es el software SIP en las estaciones terminales. Funciona como cliente cuando hace las peticiones de inicio de sesión y como servidor cuando responde las peticiones de sesión; también almacena y administra el estado de la llamada.
- Servidor Proxy: Es un servidor intermedio que reenvía peticiones desde el agente de usuario hacia el siguiente servidor SIP reteniendo información con fines contables o de facturación; pueden operar de forma constante o solo durante la conexión y pueden utilizar varios métodos para resolver la dirección destino solicitada (DNS, bases de datos o pasar al siguiente Proxy).
- Servidor de redireccionamiento SIP: El papel de estos servidores es responder a la resolución de nombres y la ubicación del usuario, reciben la petición del agente usuario y proporcionan la información acerca de la dirección del servidor requerido.
- Registro SIP: suministra un servicio de información de ubicación; recibiendo estos datos de los propios agentes de usuarios que conforman el dominio SIP para suministrarlos a otros agentes.

La arquitectura SIP usa el Protocolo SDP como formato de descripción de sesión, este facilita el intercambio de descripciones de sesiones entre los agentes de usuario. El formato para los datos es de tipo texto y la autenticación de los mismos se hace de forma análoga a HTTP o SMTP. Como característica relevante de este protocolo está la mensajería instantánea que puede formar parte de una llamada SIP o funcionar de forma independiente.

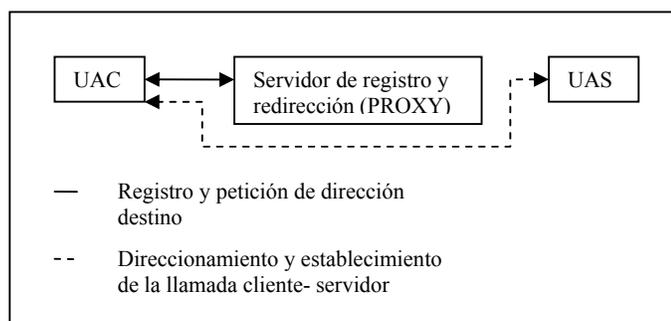


Figura 3.7. Arquitectura de SIP

La figura anterior muestra una breve idea del establecimiento de una llamada en SIP. Primero el agente de usuario cliente (UAC) envía una petición de llamada al servidor *proxy* y con esta también sus datos de registro; una vez que el servidor revisa la información correspondiente al solicitante, envía una señal de aceptación para que el UAC envíe la dirección del agente de usuario servidor (UAS) destino. Con el conocimiento de este último dato, el *proxy* direcciona la llamada al correspondiente destino; cuando ésta es establecida, la actuación del servidor *proxy* culmina en el proceso para dar paso a la comunicación entre UAC y UAS solamente (comunicación RTP).

3.6.3 Relación entre SIP y H.323

Tanto SIP como H.323 son estándares para el enrutamiento y señalización de llamadas, así como intercambio de capacidades, control de medios y servicios adicionales. La fortaleza de H.323 reside en su interoperabilidad con la PSTN y la disponibilidad de tener equipos de videoconferencia económicos y de excelente calidad desde el escritorio hasta un salón para grupos. SIP es un protocolo desarrollado específicamente para Internet y promete una alta escalabilidad y flexibilidad. H.323 se perfila como la tecnología predominante de videoconferencia durante los siguientes años. Pese a esto las primeras versiones de SIP muestran un inicio más rápido de llamadas al registrado en los comienzos de H.323. Otras características que hacen a SIP muy escalable en el futuro son sus mecanismos de detección de bucles y errores en la configuración de la red así como su integración en la infraestructura web y mensajería instantánea

CAPITULO IV

INFORMACIÓN DE LA RED ETHERNET CONMUTADA DEL BANCO CENTRAL DE VENEZUELA

Uno de los puntos fundamentales para determinar la factibilidad de implementar el servicio de telefonía IP en la red del banco es el estudio de la plataforma y equipos que conforman la misma, es decir, la recabación de información de la red en la actualidad. Esta fase del proyecto representó la revisión de los switches a los cuales están conectados todos los equipos terminales (computadores personales) en cada uno de los pisos del banco, esta revisión comprendió la visita a cada uno de los cuartos de cableado existentes en los edificios que conforman la sede principal del BCV.

4.1 Plataforma física de la red

Mediante visitas a los cuartos de cableado, se pudo constatar el correcto funcionamiento de los equipos que soportan el tráfico de la red (switches), así como la marca y el modelo de los mismos a fin de recopilar la información necesaria que suministra el fabricante. A continuación se mostrará un esquema de la red institucional que dará a conocer la distribución de los cuartos de cableado en los edificios que conforman la sede principal.

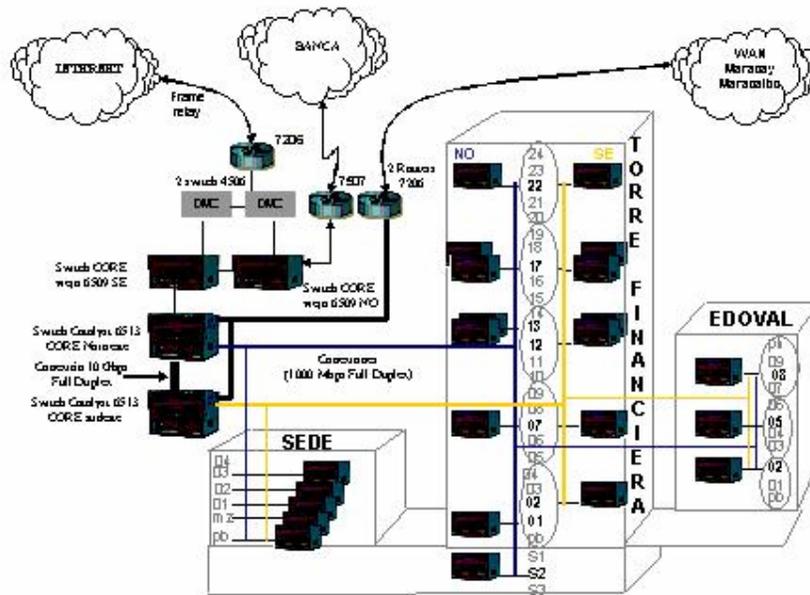


Figura 4.1. Distribución física de la red institucional.

Como se observa en la figura, la red Ethernet conmutada se soporta sobre un doble *backbone* constituido por enlaces verticales de fibra óptica ubicados en las esquinas noroeste (NO) y sudeste (SE) de la torre financiera, dichos enlaces permiten la interconexión de todos los usuarios de la red ya que todos los switches de piso están conectados a éstos. Esta doble vertical también soporta el tráfico de la torre Edoval y edificio sede, y representa la redundancia (HSRP), presente en el banco, que todo sistema de comunicación necesita. También se puede ver que por cada cuarto de cableado hay un switch, dos en los pisos 12,13 y 17, cada switch atiende a un número determinado de usuarios, es por ello que a lo largo de toda la torre financiera se encuentran distribuidos 11 cuartos de cableado que prestan servicio a todas las oficinas de los 24 pisos más 3 sótanos; en el caso del edificio Edoval solo fueron necesarios tres cuartos de cableado en los pisos 2,5 y 8 que prestan servicio a 10 pisos y finalmente el edificio sede cuenta con un switch por piso incluyendo planta baja y mezzanina.

Debido al número de pisos (24) y en consecuencia a la gran cantidad de oficinas y usuarios, en la torre financiera fue necesario colocar dos cuartos de cableado por piso ubicados espacialmente en las esquinas opuestas antes mencionadas, exceptuando los pisos 1 y 12, donde la estructura espacial de la torre no permitió ubicar el otro cuarto de cableado en el mismo piso, por lo tanto éstos se ubicaron en los pisos siguientes 2 y 13 respectivamente en el ala contraria al cuarto del piso inferior. Cada uno de estos espacios cuenta con un switch, exceptuando los pisos 12 13 y 17 donde cada cuarto tiene dos, un ejemplo del cableado de los switches de piso en esta torre se puede observar en la figura 4.2.

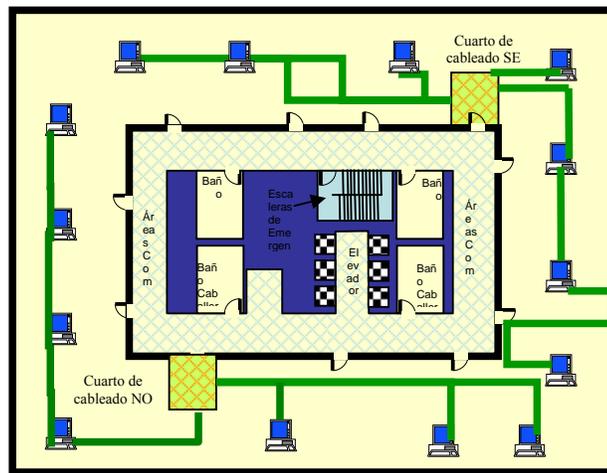


Figura 4.2. Estructura física del cableado de la red

Cada switch posee conexión al doble backbone a través de dos conectores de fibra óptica, uno principal que sube por la misma vertical donde esta ubicado el switch, y uno secundario que irá al ala opuesta para proporcionar el mencionado respaldo HSRP a la red de datos del banco. En el piso 7 de la torre financiera se encuentran dos switches CORE (núcleo) de la red a donde convergen todos los enlaces de fibra que vienen de todos los cuartos de cableado de los tres edificios antes mencionados. Estos switches core van hacia los enrutadores (routers) de la red WAN del Banco Central que conforman Caracas, Maracay y Maracaibo, así como también van a la zona desmilitarizada DMZ que realiza la gestiones de firewall para enviar la información al router que se encargará de conectar al usuario a Internet y a otros servicios como bases de datos y archivos.

4.1.1 Equipos utilizados en la red institucional

En esta parte se darán a conocer los equipos pertenecientes a la red LAN de la sede principal del banco que prestan los servicios de transmisión de datos, correo electrónico, mensajería instantánea, archivos, acceso a Internet, impresión y bases de datos entre otros; cabe destacar que la gran mayoría de equipos pertenecen a la gran familia Cisco.

4.1.1.1 Switches de piso (Cisco Catalyst serie 4500)

Como su nombre lo indica, estos equipos son el primer contacto del usuario con la red, todos los equipos terminales (computadores personales) van conectados a estos switches; se encuentran en los 11 cuartos de cableado distribuidos a lo largo de toda la torre financiera. Entre una de sus características más importantes está la capacidad de ejecutar funciones de conmutación y enrutamiento (capa 2 y 3); por cada switch se configura al menos una VLAN, lo cual permite la organización virtual de los usuarios en diferentes dominios de *broadcast*, para una mejor administración de la red. La serie 4500 ofrece conmutación entre las capas 2, 3 y 4 acrecentando aun más el control de las redes convergentes de voz, video y datos.

Entre las características mas importantes de este equipo se pueden destacar las siguientes:

Una alta disponibilidad garantizada por un software y hardware diseñados para minimizar el tiempo fuera de servicio de la red, el cual no excederá los 50 ms.

Posee clasificaciones y políticas de capa 2 a capa 4 que ayudan a diferenciar el tráfico y a suministrar de forma determinística voz y datos.

Capacidad de incorporar tarjetas de análisis de red (Network Analysis Module) para administrar y monitorear la red o el mismo equipo según sea su uso.

Sistema de redundancia conformado por dos fuentes de poder, dos tarjetas supervisoras que aseguran el continuo funcionamiento del equipo en caso de fallas en alguno de los componentes del mismo.

Fácil actualización y mantenimiento de software y hardware a través de hot-swapping el cual se basa en el retiro y la inserción de las tarjetas de los slots sin que éste deba ser apagado o suspender sus operaciones en las otras tarjetas.

Recursos TCAM que permiten al equipo guardar información de listas de acceso, calidad de servicio y toda información generalmente asociada a capas superiores.

Prevención de robo de datos, permitiendo al equipo obstaculizar la sustracción de contraseñas y otra información sensible, incluyendo llamadas, este proceso se realiza eludiendo los ataques del “intruso” con protocolos como DHCP y ARP.

Los 48 puertos de cada tarjeta cuentan con PoE (Power over Ethernet) estándar 802.3af. Esto permite al servidor suministrar la corriente necesaria a cada puerto para el funcionamiento de equipos de telefonía IP y otros dispositivos.

Usando listas de control de acceso y redes LAN privadas PVLAN impide el acceso no autorizado de usuarios a la red, servidores o aplicaciones; si es necesario provee acceso diferenciado de usuarios a través de un login, para el establecimiento de privilegios. También limita el daño por virus mediante la implementación del NAC (Network Admission Control) el cual asegura que todos los dispositivos que traten de acceder a la red encuentren las políticas corporativas de seguridad.

Tarjetas supervisoras que otorgan a los switches funciones de capa 3 que ayudan al enrutamiento de paquetes con ciertos estándares de calidad necesarios en el servicio de telefonía IP. El switch se autoconfigura cuando algún equipo con esas características sea conectado.

La siguiente tabla muestra la las características de la cubierta exterior o chasis de los equipos de la serie 4500 según el modelo.

Tabla 4.1. Características del chasis de la serie 4500

Característica	Cisco Catalyst 4503	Cisco Catalyst 4506	Cisco Catalyst 4507R	Cisco Catalyst 4510R
Numero total de slots	3	6	7	10
Módulos para Tarjetas Supervisoras	1	1	2	2
Redundancia de Supervisoras	No	No	Si (Supervisor II-Plus, II-Plus-10GE, IV, V, V-10GE)	Si (Supervisor V and V-10GE)
Supervisor soportados	Supervisor II-Plus Supervisor II-Plus-TS Supervisor II-Plus-10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V-10GE	Supervisor II-Plus Supervisor IV Supervisor II-Plus-10GE Supervisor V Supervisor V-10GE	Supervisor II-Plus Supervisor IV Supervisor II-Plus-10GE Supervisor V Supervisor V-10GE	Supervisor V Supervisor V-10GE
Módulos UTP	2	5	5	8
Numero de Fuentes de poder	2	2	2	2
AC Input Power	si	si	si	Si
DC Input Power	Si	si	si	Si
Power over Ethernet	si	si	si	Si
Número mínimo de Fuentes de poder	1	1	1	1

De esta tabla es importante señalar que los switches de piso para los cuartos de cableado son modelo Catalyst 4506 exceptuando el piso 7 donde los switches de piso son de modelo 4510R. Estos últimos tienen 10 módulos en total por lo tanto más puertos de usuarios es por ello que los estos switches de piso 7 atienden a un gran número de usuarios en varios pisos de la torre financiera, mientras que en los otros cuartos de cableado se atiende a un menor número de equipos terminales.

Para una mayor especificidad en cuanto a la distribución del espacio físico del chasis de los switches de piso, se muestra a continuación una tabla donde se dan a conocer el número de puertos por tarjeta así como las características de los mismos según el modelo de la serie 4500 al cual pertenezcan.

Tabla 4.2. Número de puertos según el tipo para los modelos de la serie 4500

Cisco Catalyst 4500 Series Switching Modules	Numero de interfaces soportadas por tarjeta	Cisco Catalyst 4503	Cisco Catalyst 4506	Cisco Catalyst 4507R	Cisco Catalyst 4510R
Switched 10/100 Fast Ethernet (RJ-45)	24, 32, 48	96	240	240	384
Switched 10/100 Fast Ethernet (RJ-45) with IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE)	24, 48	96	240	240	384
Switched 10/100 Fast Ethernet (RJ-21) with or without IEEE 802.3af PoE	48	96	240	240	384
Switched 100 FX Fast Ethernet (MT-RJ)	4, 24, 48	96	240	240	384
Switched 100 LX-10 (MT-RJ) or 100 BX-D (LC) Fast Ethernet	48	96	240	240	384
Switched 1000 Gigabit Ethernet (fiber)	2, 6, 18, 48	104	244	244	388
Switched 10/100/1000BASE-T Gigabit Ethernet	24 o 48	108	240	240	384
Switched 10/100/1000BASE-T Gigabit Ethernet with IEEE 802.3af PoE	24 o 48	108	240	240	384
Switched 10,000 (10 Gigabit Ethernet)	2	2	2	2	2

La tabla anterior muestra un total de 240 puertos para los switches de piso 4506, en este caso se debe señalar que los equipos utilizados en los cuartos de cableado solo utilizan 5 de los 6 *slots* disponibles que indica la tabla 4.1, uno para la tarjeta supervisora y los cuatro restantes para los puertos de acceso. Esto indica que tomando en cuenta el número máximo de puertos por módulo (48) cada switch Catalyst 4506 tiene una máxima capacidad de 192 puntos de acceso para usuarios terminales. En el caso del modelo 4510R (piso 7), se usan 8 de los 10 módulos, uno para la tarjeta supervisora y siete para puertos de acceso lo cual da un total de 336 accesos terminales.

4.1.1.2 Switches core (Cisco Catalyst 6513)

Su nombre en inglés indica que son el núcleo de la red, y a pesar de ser switches no sólo proveen la conectividad siendo el puente entre los diferentes equipos de piso sino que también tienen funciones de capa 3 (enrutamiento) dentro de la red LAN. A ellos llegan todos los enlaces de fibra óptica Gigabit Ethernet; son los encargados de recibir los paquetes IP y enviarlos a la dirección correcta dentro de la red. Se encuentran en el centro de cómputo ubicado en el piso 7 de la torre financiera. Para atender a la red Lan del banco basta con un solo switch pero para proveer un sistema de redundancia que suministre seguridad en las comunicaciones se cuenta con dos, uno como enlace principal hacia la mitad de los switches de piso y otro que permanece en modo stand-by para estos pero activo para la otra mitad de los equipos de piso. Esto permite además de redundancia un balance en la carga para los switches core ya que todo el tráfico de los usuarios en la red se divide entre estos dos switches.

Ideal para empresas y proveedores de servicios que busquen reducir su costos de propiedad, la serie catalyst 6500 provee servicios seguros y convergentes, desde los cuartos de cableado hasta la red core y el puente WAN. También suministran un desarrollo escalable para las redes a través de sus modelos de chasis y sus interfaces LAN, WAN y MAN. Disponible en chasis de 3, 6, 9 y 13 módulos, estos switches presentan un amplio rango de servicios integrados tanto de capa 2 como de capa 3 mejorando así el funcionamiento de la red.

Entre las características más importantes de la serie Catalyst 6500 están:

Varios servicios de capa 3

Versiones avanzadas de tarjetas supervisoras que otorgan al switch más propiedades de capa 3 a través de múltiples protocolos de enrutamiento que soportan los requerimientos tradicionales de la red. Provee también hardware capaz de soportar IPv6.

Más servicios de voz, video y datos

Provee comunicaciones IP integradas a través de todas las plataformas de la serie catalyst 6500.

Soporta los estándares 802.3af PoE (Power over Ethernet) de la IEEE.

Provee las interfaces T1/E1 y FXS VoIP gateway para el acceso a la red PSTN con la conexión telefónica tradicional, fax y PBX (Private Exchange Branch).

Soporta aplicaciones IP Multicast (audio y video) de alto rendimiento. Ya que soporta los estándares 802.1pq de calidad de servicio; suministrando así la administración integrada necesaria para el despliegue hacia una red empresarial convergente.

Alto nivel de flexibilidad de interfaces

Provee hasta 576 puertos 10/100/1000 gigabit Ethernet sobre cobre, así como un máximo de 192 puertos de fibra óptica de las mismas características. Los chasis van desde 3 módulos (switch 6503) hasta 13 (switch 6513).

Interfaces WAN de alta velocidad

Provee interfaces WAN, ATM y SONET que son compatibles con otros core-routers.

Provee una administración particular por cada WAN agregada.

Una arquitectura modular altamente flexible que soporta múltiples generaciones de equipos que son enteramente operables con los otros en el mismo chasis.

Software Cisco IOS y sistema operativo Cisco Catalyst que son soportados por todas los modelos existentes de tarjetas supervisoras.

Este modelo de switches posee una arquitectura centralizada que permite el acceso de todos los puertos de la red a funciones de niveles superiores a través de los supervisores, lo cual hace fácil tanto el uso como la administración de la red.

Las tarjetas (NAM) soportan el software necesario para el control y monitoreo de los switches de piso. Es este módulo el que recopila todas las estadísticas del *routswitch*, que proveen la información necesaria para la elaboración de reportes de utilización de la red que suministra el programa “Cisco Works”.

Acerca de estas características suministradas por el fabricante de los equipos, se deben tener en cuenta principalmente: el soporte de los estándares 802.1pq para calidad de servicio diferenciando tráfico de voz y datos, estableciendo prioridades para cada uno; también la capacidad para el soporte PoE, estándar 802.3af, ambos factores fundamentales en el estudio que se está realizando en el presente proyecto.

La tabla 4.3 resume las características de la serie 6500 en cuanto a su estructura física y también con respecto a los software y protocolos que permiten a estos equipos CORE un manejo eficiente del tráfico de datos a través de la red, evitando problemas como pérdida de paquetes y fallas de conexión entre terminales, dichos protocolos también permiten realizar labores de gestión de red permitiendo balancear la carga entre los diferentes routers de la red y generando el mejor camino para la información entre dos equipos pertenecientes a la LAN.

Tabla 4.3. Principales características de la serie 6500

Característica	Cisco Catalyst serie 6500
Envío de paquetes en capa 3	Cisco Catalyst 6500 Supervisor Engine 1A Multilayer Switch Feature Card (MSFC2): 15 mpps Catalyst 6500 Supervisor Engine 2 MSFC2: hasta 210 mpps Catalyst 6500 Supervisor Engine 32 MSFC2a: 15 mpps Catalyst 6500 Supervisor Engine 720: hasta 400 mpps
Sistema operativo	Cisco Catalyst OS Cisco IOS Software Configuración Híbrida
Características alta disponibilidad	Gateway Load Balancing Protocol Hot Standby Router Protocol (HSRP) Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) Per V-LAN Spanning Tree
Módulos de servicios avanzados	Servicios de gateway Firewall Seguridad IP (IPSec) módulo VPN Network Analysis Module (NAM) Servicio Wireless LAN

4.1.3 Descripción detallada de los cuartos de cableado de la torre financiera

Una vez comprobadas las capacidades de los equipos para el soporte de telefonía IP, básicamente el siguiente paso es comprobar si la cantidad de puertos disponibles por switch cubre los alcances de esta primera fase de migración. Dicho inventario se realizó visitando los cuartos de cableado ubicados en la torre financiera, ya que en este edificio es donde se encuentran ubicadas las principales gerencias del banco. Esto se realizó haciendo un conteo de los puertos utilizados por switch y restándolo de la cantidad total de puertos existentes. A continuación se mostrará una tabla donde se indica la ubicación del cuarto, los pisos a los que presta servicio, el equipo instalado y sus puertos en uso.

Tabla 4.4. Puertos libres por switch de piso

Nº	Ubicación	Pisos que atiende	Modelo	Puertos usados	Puertos libres
1	Sótano 2	Sótanos, PB	Catalyst 4506	132	60
2	Piso 1 NO	1,2,3,4	Catalyst 4506	160	32
3	Piso 2 SE	1,2,3,4	Catalyst 4506	181	11
4	Piso 7 SE	5,6,7,8,9	Catalyst 4510R	307	29
5	Piso 7 NO	5,6,7,8,9	Catalyst 4510R	298	38
6	Piso 12 SE 2 switches	10,11,12 13,14	Catalyst 4506	60	132
			Catalyst 4506	168	24
7	Piso 13 NO 2 switches	10,11,12 13,14	Catalyst 4506	57	136
			Catalyst 4506	159	33
8	Piso 17 SE 2 switches	15,16,17 18,19	Catalyst 4506	172	20
			Catalyst 4506	51	141
9	Piso 17 NO 2 switches	15,16,17 18,19	Catalyst 4506	58	134
			Catalyst 4506	190	2
10	Piso 22 SE	20,21,22 23,24	Catalyst 4506	147	45
11	Piso 22 NO	20,21,22 23,24	Catalyst 4506	128	64

Se observa que todos los switches exceptuando el 9 y 3 tienen por lo menos 20 puertos RJ-45 libres. Tomando en cuenta la necesidad planteada a corto plazo se puede decir que existe una estructura física capaz de soportar los nuevos dispositivos en caso de que éstos necesiten ser conectados directamente a un puerto del switch de piso. Imágenes de los equipos de la red se pueden observar en el anexo 1.

4.1.4 Funcionamiento de la red LAN del BCV

Una vez observada la plataforma física de equipos de la red institucional, el siguiente paso es conocer el funcionamiento lógico que permite la interconexión de todos los terminales (PCs) a la red LAN del BCV. Debido a la gran extensión de la red LAN de la institución fue necesario formar grupos de usuarios en los switches (VLANs) que disminuyeran el tráfico innecesario de broadcast a lo largo de toda la red. En cada switch se configura al menos una VLAN que agrupa a todos los conectados físicamente en el switch en un dominio virtual; esto permite que los equipos pertenecientes a un departamento o gerencia generen tráfico de broadcast entre ellos mismos sin ocupar los otros dominios. Además de la VLAN que se asigna a cada switch también se crea una VLAN por defecto que es configurada en todos los switches y se denomina administrativa; esta posee una dirección IP perteneciente al segmento de red configurado en el switch. El protocolo encargado de administrar, configurar y gestionar los segmentos de red es VTP, el cual también se encarga de memorizar las direcciones IP correspondientes a cada red virtual.

Debido a su importancia, todo sistema de comunicaciones debe contar con un sistema de respaldo (*back up*) para su continua disponibilidad en caso de alguna falla en el sistema principal. Como ya se comentó, el protocolo HSRP suministra la redundancia asignando a algunos segmentos de red una dirección conocida como *default gateway*; esta corresponderá a uno de los switches core que estará activo para estos segmentos. De manera complementaria, se designa al otro switch core activo para las VLANs restantes de todo el dominio de la LAN; los *routswitch* que no están en modo activo para ciertos segmentos de red estarán en modo stand-by.

Por último, pero no menos importante, en esta parte de red está el protocolo EIGRP que se encarga directamente de enrutar los paquetes IP, utilizando la mejor vía para que éstos lleguen a su dirección destino sin errores y con el menor retraso posible.

Entre los servicios de datos más importantes del banco se encuentran los servidores de bases de datos, archivos, correo interno, impresión en red y por supuesto acceso a Internet. Dichos servicios no pueden ser utilizados por cualquier miembro de la red; para ello el administrador de red configura las listas de acceso en el *firewall* de la red. Este recibirá los paquetes y comparará las direcciones de origen y destino del mismo con su base de datos para proceder a dar el acceso o a rechazarlo según sea el caso del usuario. Estas funciones de *firewall* son realizadas por un switch catalyst 4506. Este equipo posee funciones de *router* y por lo tanto capacidad para enviar los paquetes hacia un destino dentro del segmento de red definido para los servidores.

Con estas informaciones la estructura lógica de la red institucional del Banco Central de Venezuela queda como muestra la figura 4.3

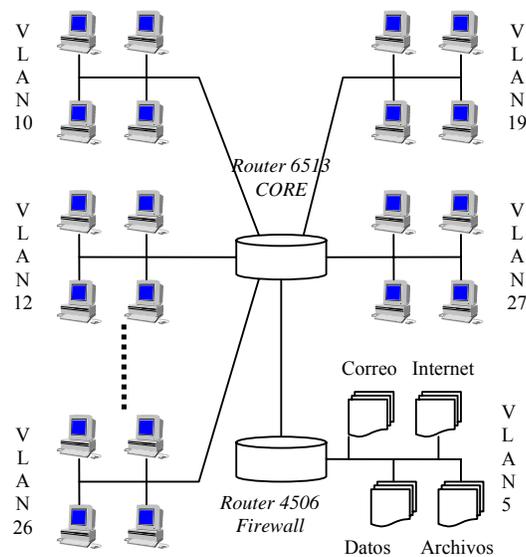


Figura 4.3. Conexión Lógica de los usuarios y los servicios

Es importante destacar que la figura muestra en resumen de los usuarios agrupados en VLANs ya que en la red del banco existen cerca de 70 segmentos de red definidos para todos los switches y aplicaciones especiales necesarias para el funcionamiento del banco. Un esquema de todas las vlan configuradas en los switches de piso conectadas a los switches core se puede observar en el anexo 2.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TELEFONÍA IP

5.1 Monitoreo de la red LAN del BCV

Antes de realizar el análisis de las características presentadas por los equipos durante el levantamiento de información de la plataforma física en la red LAN; es necesario realizar mediciones que permitan conocer el uso que se está dando a los enlaces Gigabit Ethernet que van desde cada switch de piso hasta los switches de capa 3 (CORE) ubicados en el piso 7, con el fin de determinar la capacidad de la red para el transporte de voz y señales de control asociadas. Para esto se realizó un monitoreo de la red con la ayuda del software de gestión de red “CiscoWorks” propiedad de Cisco. Con esta herramienta se realizaron mediciones de porcentaje de utilización del enlace, así como la clase de tráfico que viaja a través del mismo.

Como paso previo al monitoreo se mostrará una tabla. La misma dará una clara idea de cuales son los puertos que utiliza el switch de capa 3 para sus enlaces uplink de fibra óptica hacia cada uno de los cuartos de cableado ubicados en los 3 edificios que conforman la sede principal del Banco Central de Venezuela.

La tabla mostrada a continuación suministra información previa al monitoreo que ayudará a la fácil comprensión de alguna gráficas que mostrarán posteriormente; las mismas contendrán información referente a cada puerto en el switch capa 3 como el origen de cada enlace y las VLAN que este soporta.

Una vista del equipo suministrada por el programa puede ser observada en el anexo 3 así como también imágenes tomadas en los cuartos de cableado se pueden observar con detalle en el anexo 1.

Tabla 5.1. Conexiones del switch CORE NO con los cuartos de cableado

Puerto en el swich capa 3	Puerto en el switch de piso	Cuarto de cableado piso	VLANs configuradas
Gi 1/1	Gi 1/1	22 TF	1 10 39
Gi 1/2	Gi 1/1	17 TF- A	1 13 39
Gi 1/3	Gi 1/1	17 TF- B	1 43 35 38
Gi 1/4	Gi 1/1	13 TF-A	1 16
Gi 1/5	Gi 1/1	13 TF-B	1 17
Gi 1/6	Gi 1/1	07 TF	1 20 21 22 38
Gi 1/7	Gi 1/2	07 TF	40 41 109
Gi 1/8	Gi 1/1	01 TF	1 25
Gi 1/9	Gi 1/1	SOT 2 TF	1 26 102
Gi 1/10	Gi 1/1	03 SEDE	1 27
Gi 1/11	Gi 1/1	02 SEDE	1 28
Gi 1/12	Gi 1/1	01 SEDE	1 29
Gi 1/13	Gi 1/1	MZ SEDE	1 30
Gi 1/14	Gi 1/1	PB SEDE	1 31 38
Gi 1/15	Gi 1/1	PB CS SEDE	1 46 47 48

Tabla 5.2. Conexiones del switch CORE SE con los cuartos de cableado

Puerto en el swich capa 3	Puerto en el switch de piso	Cuarto de cableado piso	VLANs configuradas
Gi 1/1	Gi 1/1	22 TF	1 12 36
Gi 1/2	Gi 1/1	17 TF- A	1 14 39
Gi 1/3	Gi 1/1	17 TF- B	1 15
Gi 1/4	Gi 1/1	12 TF-A	1 18
Gi 1/5	Gi 1/1	12 TF-B	1 19
Gi 1/6	Gi 1/1	07 TF	1 22 23 31 35
Gi 1/7	Gi 1/2	07 TF	39 42 102 109
Gi 1/8	Gi 1/1	02 TF	1 24
Gi 1/10	Gi 1/1	08 ED	1 32 47 48
Gi 1/11	Gi 1/1	05 ED	1 33
Gi 1/12	Gi 1/1	02 ED	1 34
Gi 1/16	Gi 1/1	01 MN	1 49
Gi 1/17	Gi 1/1	MEZZ MN	1 156
Gi 1/18	Gi 1/1	SOT 01 MN	1 160

Las tablas anteriores indican las conexiones de los switches capa 3 CORE (NO y SE) con los switches de piso y las VLAN configuradas para cada uno de ellos. Al observar estos datos se debe recordar que los equipos de piso 7 son switches con un mayor número de puertos, tienen mayor capacidad para atender usuarios y por lo tanto son configuradas un mayor número de segmentos de red, 8 en este caso. Otro punto importante es la distribución de todas las VLANs que abarcan los 4 edificios de la institución: (TF) Torre financiera, (ED) Edoval, sede, (MN) Manzana Norte, entre los dos CORE balanceando la carga de tráfico con el protocolo de redundancia HSRP.

Es importante recordar que este monitoreo es posible gracias a las tarjetas NAM presentes en los CORE (Catalyst 6513), las cuales tienen capacidades de gestión y administración de la red como se comentó en el capítulo anterior; estas suministran la información al programa “CiscoWorks”. Como se observa en la figura 5.1 el periodo del monitoreo fue de una semana comprendida entre las fechas que aparecen con intervalos de 12 horas por día.

5.1.1 Monitoreo edificio sede

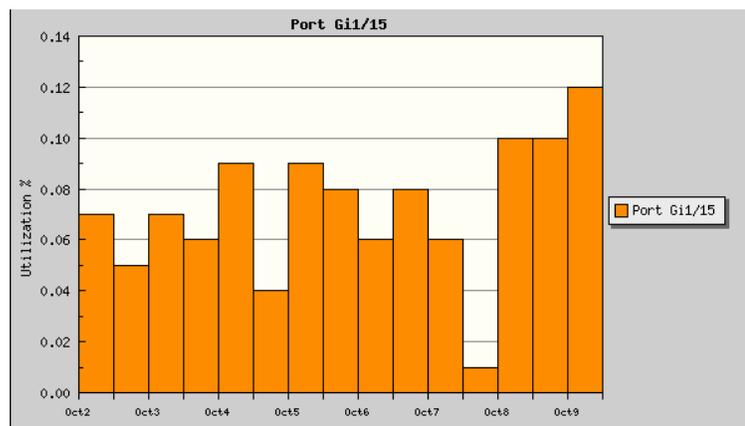


Gráfico 5.1. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-PB sede (consola de seguridad)

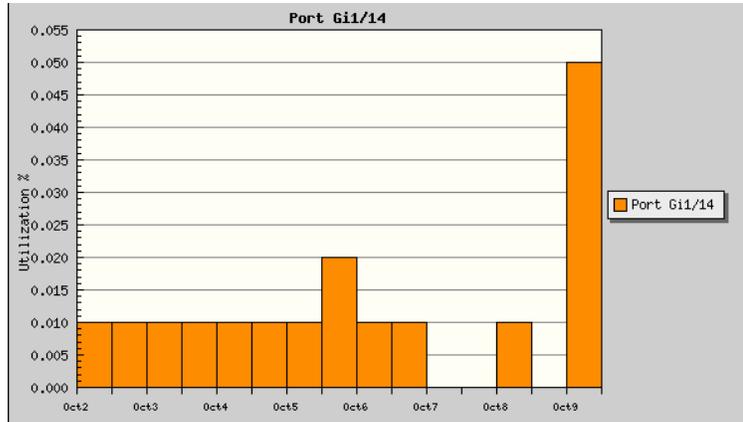


Gráfico 5.2. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-PB sede

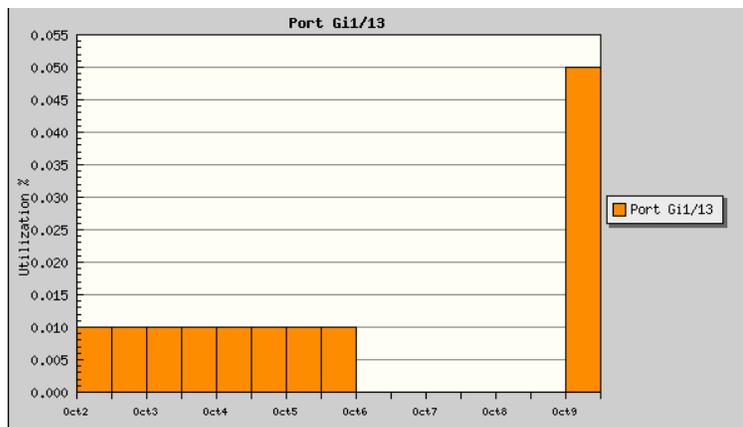


Gráfico 5.3. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Mezzanina sede

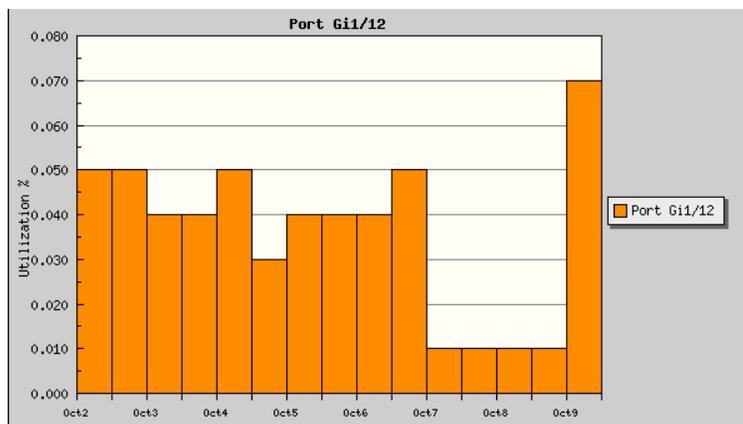


Gráfico 5.4. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 1 sede

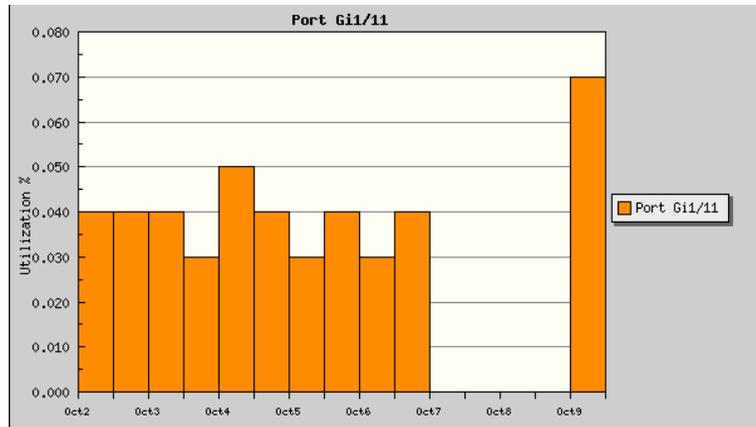


Gráfico 5.5. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 2 sede

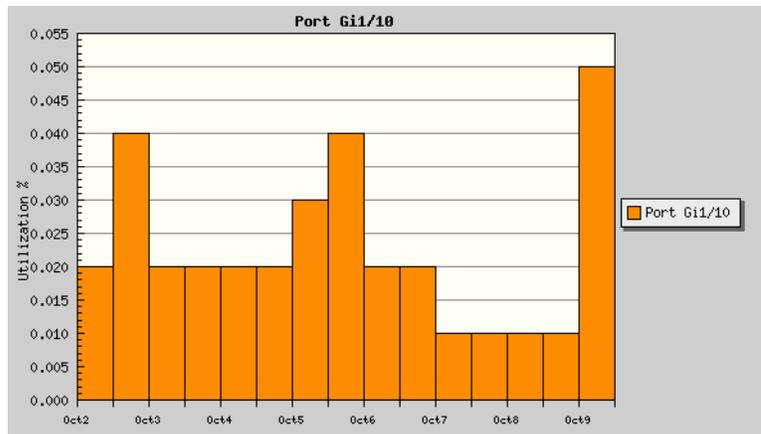


Gráfico 5.6. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 3 sede

5.1.2 Monitoreo edificio Edoval

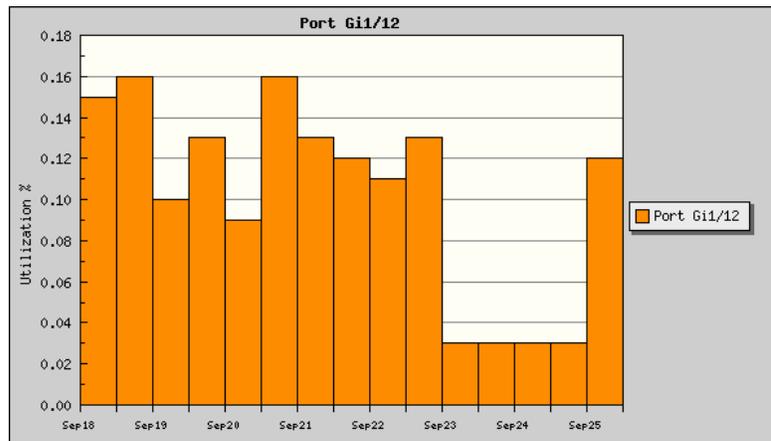


Gráfico 5.7. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 2 Edoval

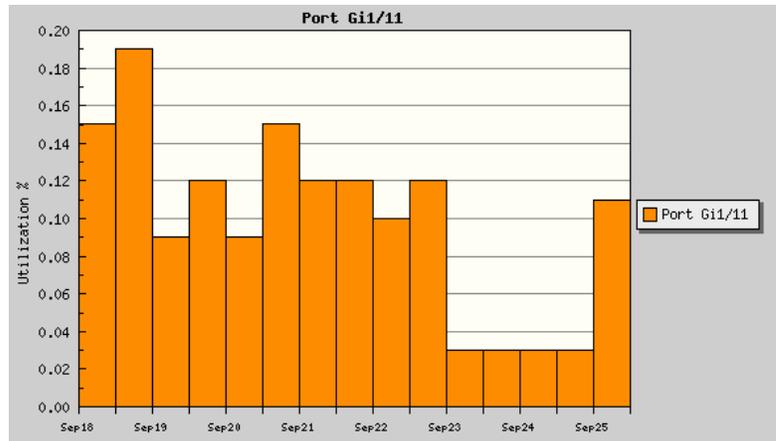


Gráfico 5.8. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 5 Edoval

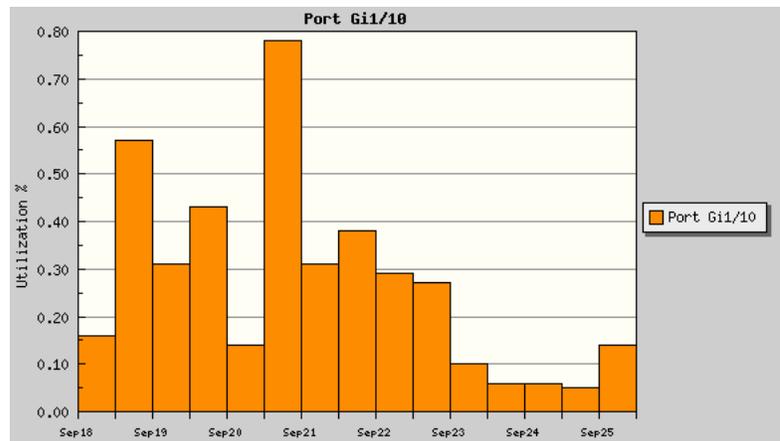


Gráfico 5.9. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 8 Edoval

5.1.3 Monitoreo Torre Financiera

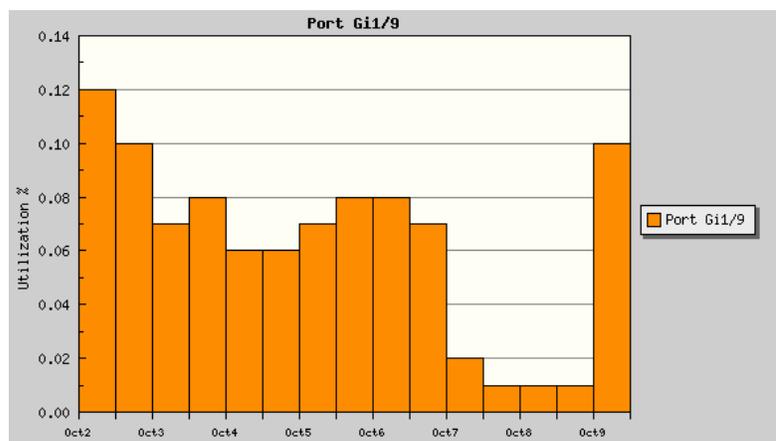


Gráfico 5.10. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Sotano 2

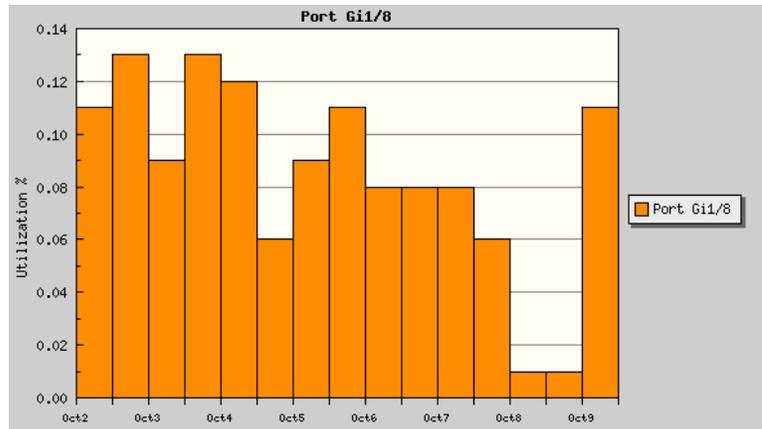


Gráfico 5.11. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 1

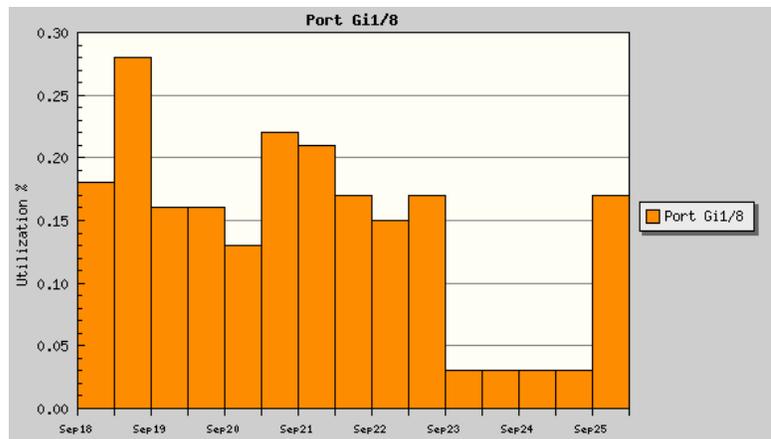


Gráfico 5.12. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 2

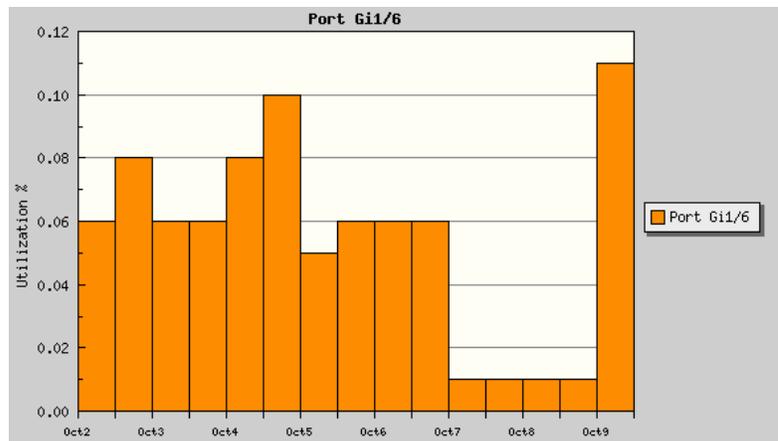


Gráfico 5.13. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 7a

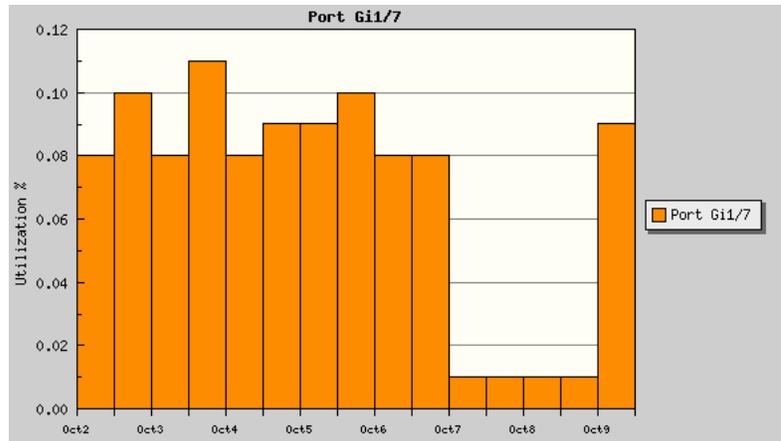


Gráfico 5.14. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 7b

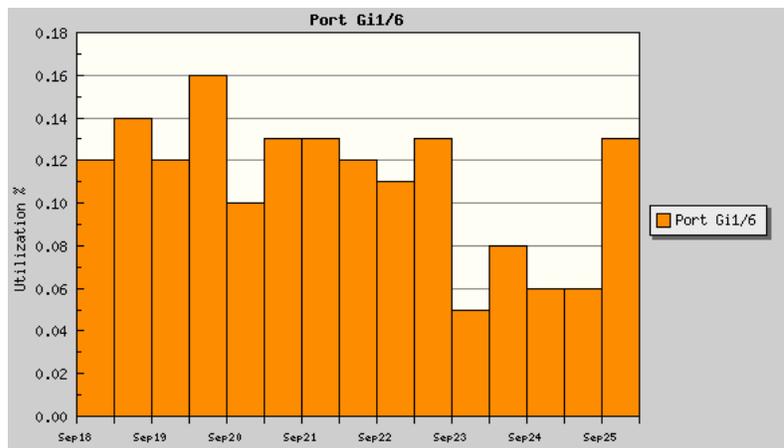


Gráfico 5.15. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 7a

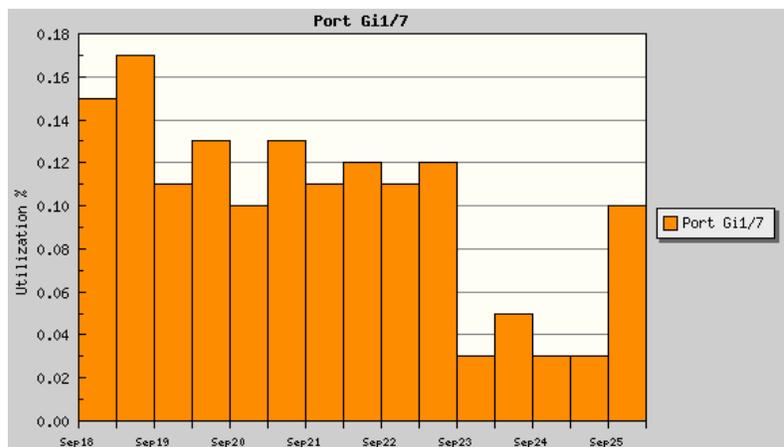


Gráfico 5.16. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 7b

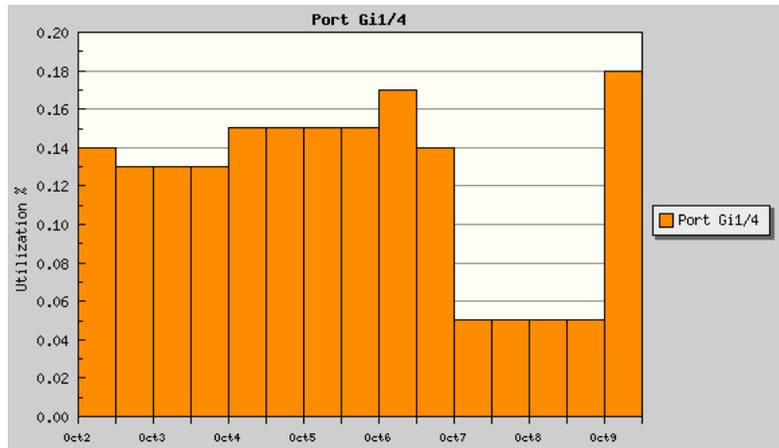


Gráfico 5.17. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 13a

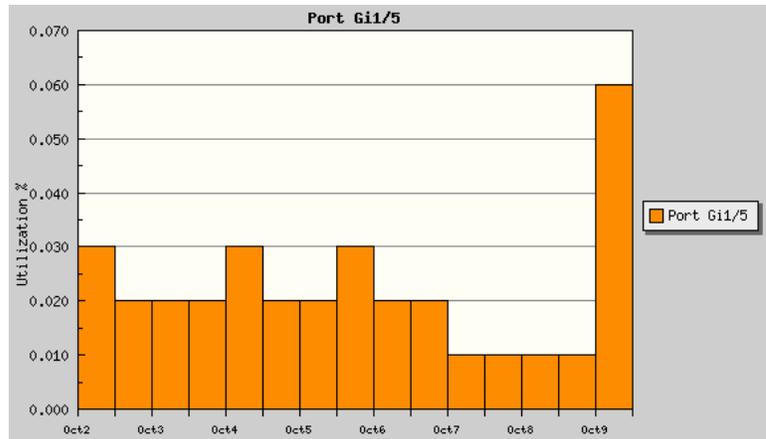


Gráfico 5.18. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 13b

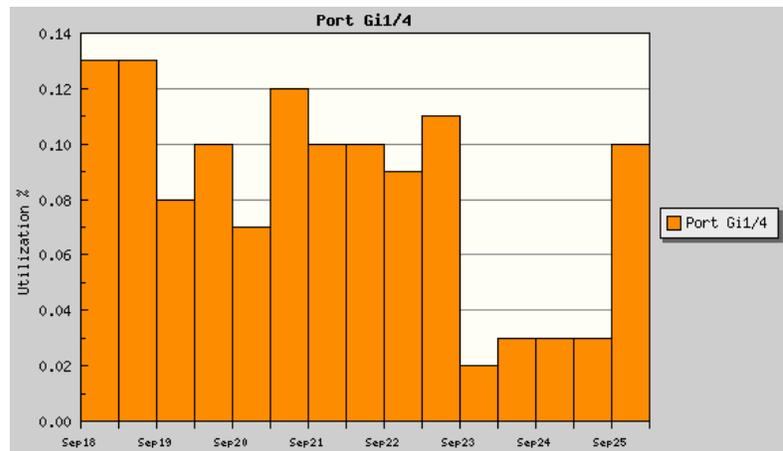


Gráfico 5.19. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 12a

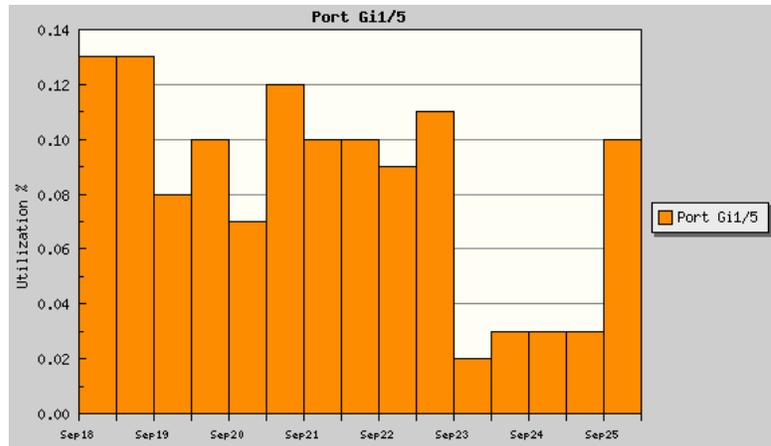


Gráfico 5.20. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 12b

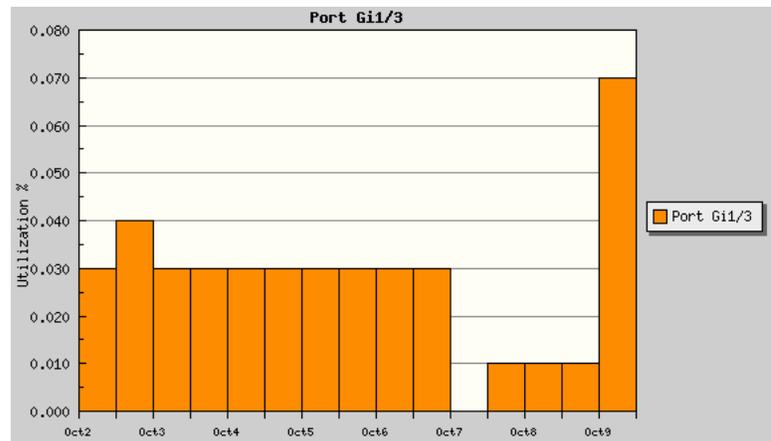


Gráfico 5.21. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 17b

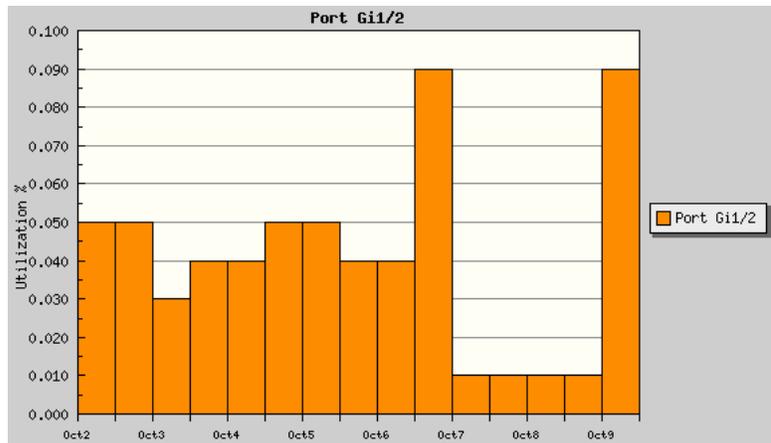


Gráfico 5.22. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 17a

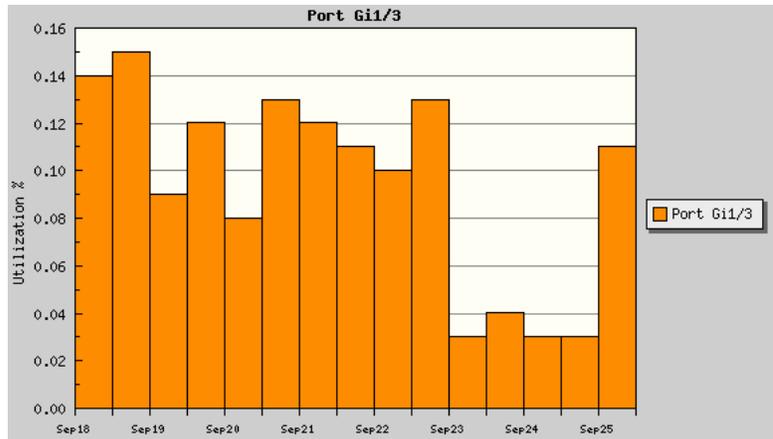


Gráfico 5.23. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 17b

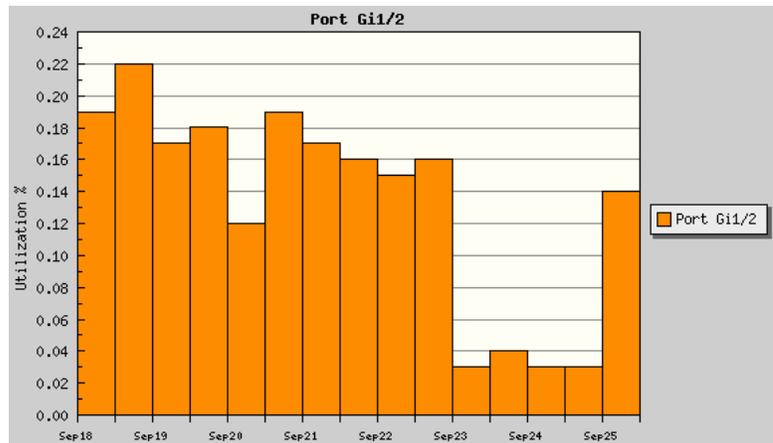


Gráfico 5.24. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 17a

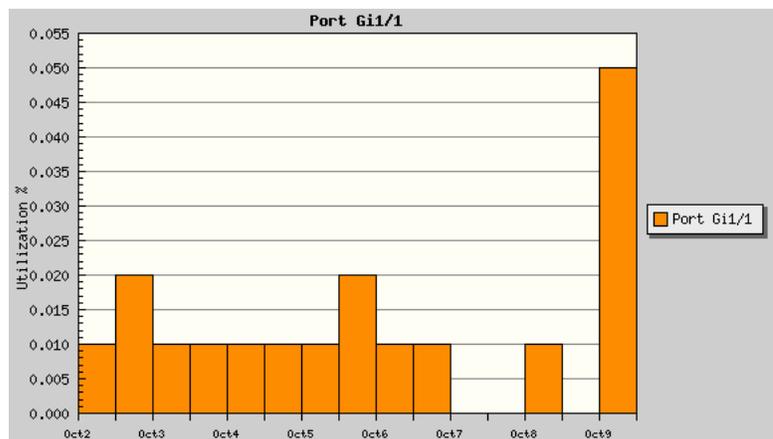


Gráfico 5.25. Porcentaje de utilización en el enlace CORE NO-Piso 22

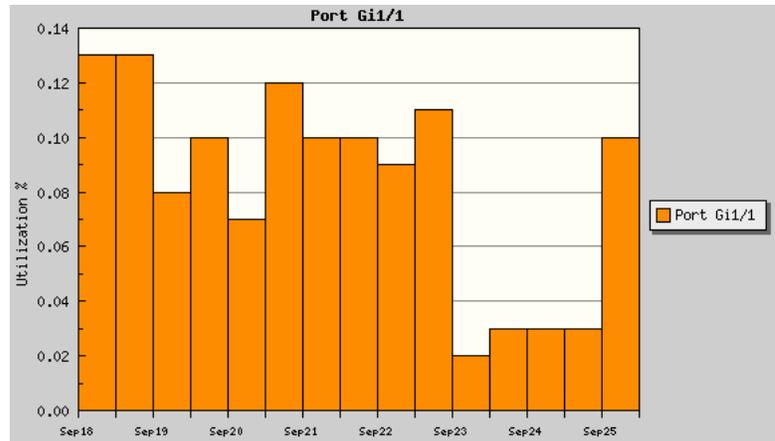


Gráfico 5.26. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 22

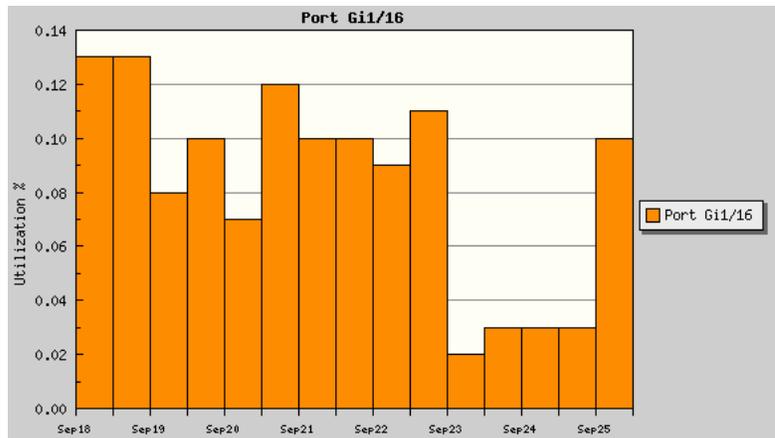


Gráfico 5.27. Porcentaje de utilización en el enlace CORE SE-Piso 1 MN

5.2 Análisis de los resultados del monitoreo de la red LAN

5.2.1 Resultados del edificio sede

Observando las gráficas se puede notar que los valores de utilización permanecen por debajo de 0,25% a nivel general. Más específicamente en el edificio sede se tiene un promedio de 0,03% durante los cinco días laborales de la semana en estudio; correspondiendo la más alta utilización al switch ubicado en piso 1 (0,043%) luego piso 2 (0,038%), piso 3 (0,025%), PB consola de seguridad (0,07%), PB y Mezzanina con 0,01%. Estos valores recogidos del edificio sede muestran un bajo porcentaje de utilización, lo cual es favorable en el estudio que se está realizando, ya que un gran porcentaje de los enlaces no está siendo usado

en estos momentos 99, 97%; a pesar de ser este el edificio donde se encuentran entre otras la presidencia del BCV y el departamento de análisis económico. Para continuar con el análisis del tráfico se mostrarán gráficos con el contenido específico de los datos que intercambian las VLAN con el switch CORE NO en el caso del edificio sede. Para este edificio se tomaron dos casos que son los segmentos de red 29 y 30, en piso 1 y mezzanina respectivamente.

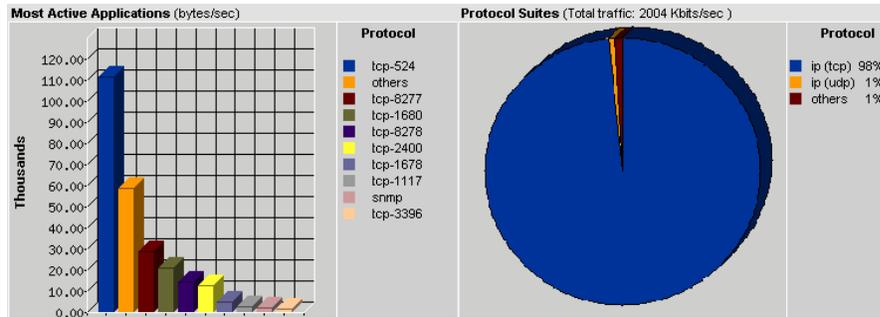


Gráfico 5.28. Aplicaciones más activas para la VLAN 29

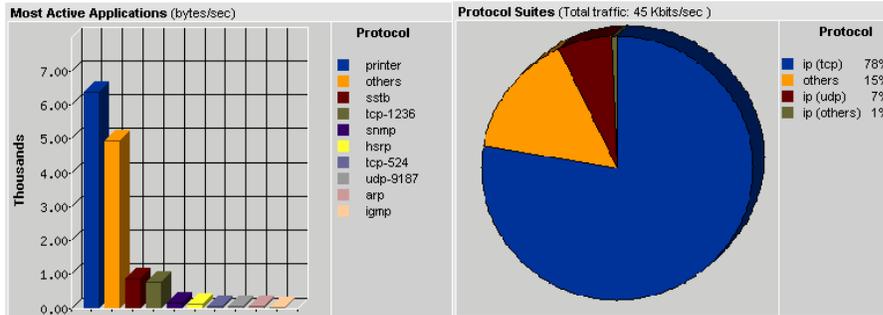


Gráfico 5.29. Aplicaciones más activas para la VLAN 30

Como se observa la mayor cantidad de paquetes contienen contenidos de protocolos TCP/IP; estas dos gráficas muestran una gran diferencia entre si en cuanto a la cantidad de tráfico que se manejó en ese instante. Es importante destacar que dichas capturas fueron tomadas un día laboral de semana en horas pico de oficina (9-11am) de esta forma se garantiza que las VLAN estaban en uso regular lo que permite una apreciación más efectiva de las características del tráfico de estos segmentos de red.

5.2.2 Resultados del edificio Edoval

Revisando estos resultados es evidente el aumento respecto a los analizados anteriormente, esto es debido a la ubicación de algunos departamentos de mucha actividad dentro del banco como lo son RRHH y Cámara de Compensación Electrónica entre otros. Acá destaca el elevado porcentaje presentado por el switch ubicado en el piso 8 (0,35%) con un máximo de 0,78%; es importante destacar que en el caso del piso 8, este switch tiene configuradas 3 VLANs además de la administrativa por lo cual también atiende a un gran número de usuarios en varios pisos del edificio Edoval. Volviendo al análisis numérico se tiene que a pesar del incremento en el porcentaje de utilización del enlace; éste aun no supera el valor de 1% lo que favorece en gran manera al estudio de tráfico que se está realizando. En este caso se observará la clase de tráfico que circula por las VLAN pertenecientes al switch de piso 8 (32,47 y 48).

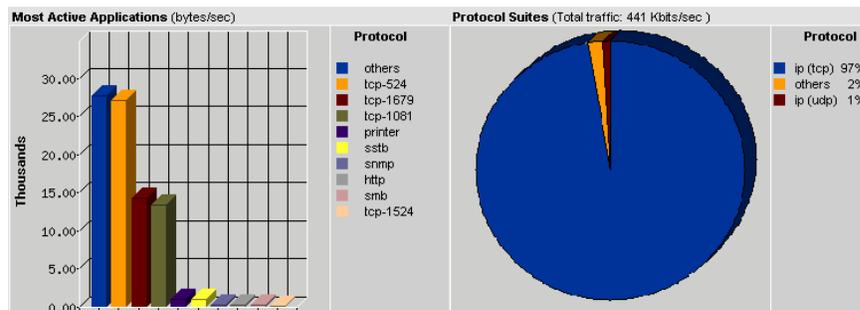


Gráfico 5.30. Aplicaciones más activas para la VLAN 32

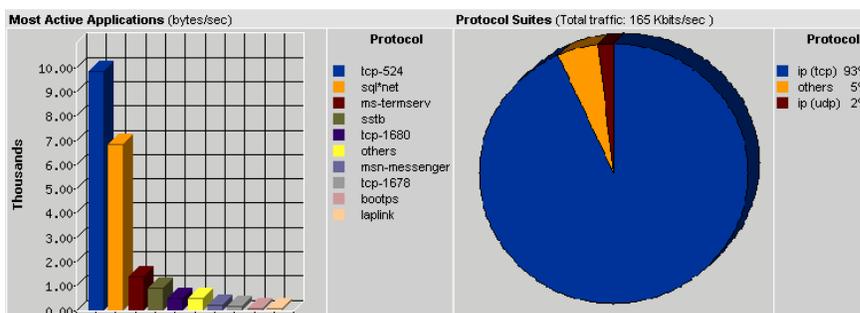


Gráfico 5.31. Aplicaciones más activas para la VLAN 47

Con respecto a estos resultados se debe comentar la diversidad de valores existente a lo largo de todos los switches de piso, lo que demuestra más actividad en algunos enlaces de la red correspondientes a gerencias y departamentos que requieren constantemente de los servicios que proporciona la red institucional del BCV. En líneas generales, salvo excepciones, la mayoría de los enlaces presentaron un nivel de utilización uniforme (con algunos picos y/o valles) sobre todo durante los días laborales. Un caso especial lo constituyen los fines de semana, donde evidentemente ocurre una baja significativa en los porcentajes de utilización de todos los switches de piso debido a la ausencia de personal, exceptuando el asignado a seguridad (Gráfico 5.1). Es por ello que todos los porcentajes antes comentados fueron calculados tomando en cuenta solo los valores obtenidos desde el lunes hasta el viernes. Al igual que en los dos casos anteriores se indicarán los usos y contenidos específicos en algunas vlan pertenecientes a la torre (19, 17, 16).

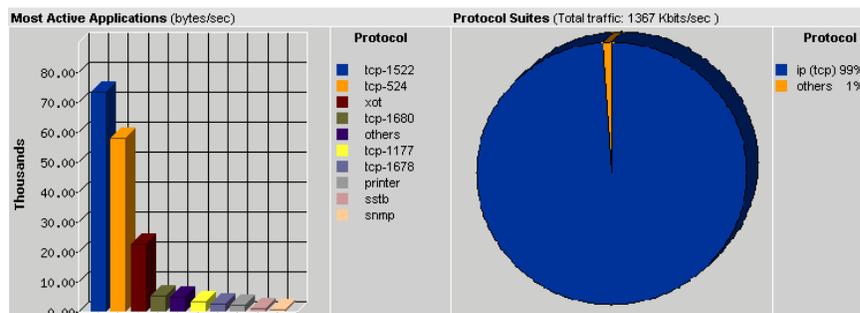


Gráfico 5.33. Aplicaciones más activas para la VLAN 19

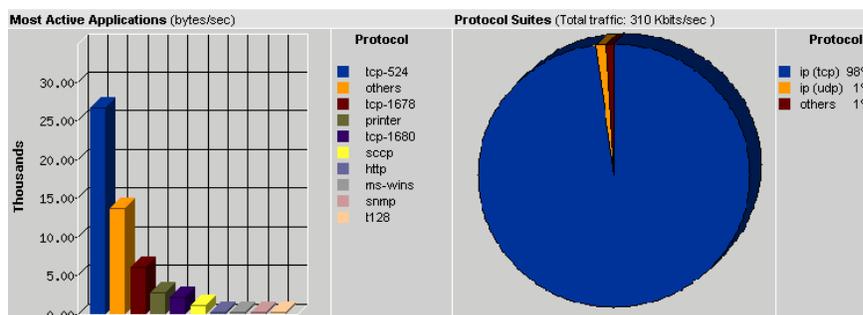


Gráfico 5.34. Aplicaciones más activas para la VLAN 17

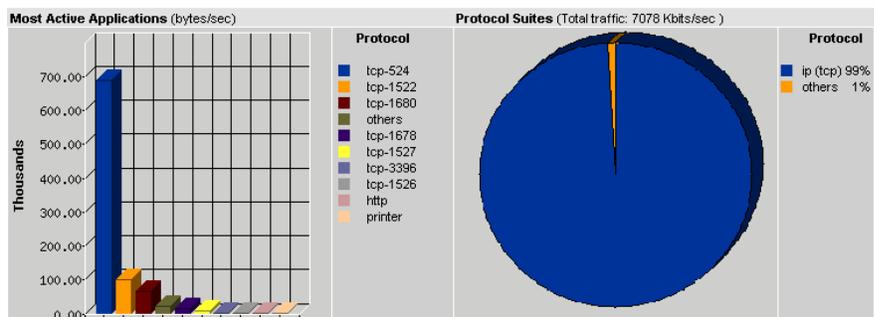


Gráfico 5.35. Aplicaciones más activas para la VLAN 16

Para los tres gráficos se ve una utilización de protocolos muy similar. Con respecto a las aplicaciones más activas es notoria la diferencia entre los 3 segmentos de red sobretodo los dos últimos pertenecientes al mismo piso pero en switches distintos (13a y 13b NO). Un aspecto resaltante es la gran diferencia de 650000 bytes/s en el uso de aplicaciones TCP existente entre las vlan 16 y 17, hecho que demuestra la diversidad de usos que tiene la red LAN.

Para finalizar este análisis del monitoreo de la red LAN del BCV se debe comentar que la misma posee un bajo porcentaje de utilización de sus enlaces Gigabit Ethernet (0,092% en general) y por lo tanto una gran capacidad para el soporte de nuevas aplicaciones. El conocimiento de esta información es de suma importancia para determinar la posibilidad de incluir tráfico de voz a través de la red institucional.

5.3 Análisis de la plataforma actual de servicios de datos

El capítulo precedente contenía información diversa suministrada por el fabricante (Cisco) acerca de los equipos que conforman la red LAN del BCV. En este punto se hará un análisis de las características mas importantes que requiere la nueva plataforma de telefonía IP, siendo consideradas como principales aquellas propiedades para el soporte de ciertos estándares que permitan la diferenciación del tráfico así como el establecimiento de prioridades en los switches de capa 3 para garantizar calidad de servicio en la llamada telefónica.

5.3.1 Soporte de los estándares 802.1p/Q

Una de las características más importantes que tienen los switches que conforman la red LAN del banco es el soporte de los estándares IEEE 802.1p y 802.1 Q. Esencialmente el primero permite la clasificación del tráfico que circula a través de la red lo cual facilita el establecimiento de prioridades para cada clase de tráfico; esto es debido a que los paquetes de voz deben sufrir el menor retardo posible, ya que la llamada telefónica se desarrolla en tiempo real. Este estándar favorece a la implementación de una arquitectura de servicios diferenciados (*DiffServ*) para calidad de servicio en la plataforma de telefonía IP.

El segundo estándar 802.1Q permite la definición de varios segmentos de red, evitando el tráfico de *broadcast* innecesario entre equipos terminales que no necesitan estar en constante comunicación. A su vez este estándar permite el intercambio de información de direcciones vlan entre los diferentes *routers* que integran el dominio de la LAN. Este aspecto de la asignación de segmentos de red favorece en gran forma a la implementación de telefonía IP ya que los equipos terminales (teléfonos) poseen su propia dirección IP y pueden ser agregados a una “vlan de voz” que manejará solo el tráfico de voz entre estos, sin generar ningún tipo de transferencia de datos innecesaria hacia otros segmentos de red ocupados por computadores. Esto también es ventajoso en los aspectos de señalización entre los teléfonos y el *gatekeeper* así como la administración y gestión de la red de telefonía (seguridad, privilegios, grupos).

5.3.2 802.3af (Power over Ethernet)

El soporte de este estándar por parte de los switches que conforman la red LAN garantiza el suministro de energía necesaria para el correcto funcionamiento de los teléfonos. De esta forma se evitan inconvenientes de espacio para la ubicación de cualquier Terminal ya que solo con el cable de datos es suficiente. Esto representa un ahorro de costos “ocultos” en compra de transformadores o instalación de nuevos tomacorrientes para la alimentación de los equipos.

CAPITULO VI

IMPACTO TECNOLÓGICO Y PROPUESTA DEL MODELO

6.1 Impacto tecnológico de la nueva plataforma

Hablar de impacto tecnológico es referirse a los efectos que la nueva plataforma producirá en la actual red de datos al momento de su puesta en funcionamiento. Para ello se iniciará comentando la necesidad de comunicación que debe existir entre los nuevos equipos para el correcto funcionamiento del nuevo servicio.

6.1.1 Señalización

Un aspecto de suma importancia en las redes de datos son las señales de control necesarias para la comunicación entre los nuevos equipos. En este campo se puede mencionar que el tráfico de señales en protocolos como UDP y TCP aumentará, sobre todo será notorio en el primero ya que como lo mostraron los gráficos del capítulo anterior la mayoría de los datos usan TCP para su transporte. Entre las especificaciones de señalización y control que utilizan UDP en telefonía IP están: H.225, RAS y Q.931.

6.1.2 Transmisión de la voz

En cuanto a la base fundamental de la telefonía IP se debe recordar que su velocidad de transmisión en redes LAN es 8kbps (G.729a); esta representa un 0,08% del total mínimo asignado a cada estación terminal en el banco (10Mbps). Por lo tanto es casi despreciable el efecto de disminución de velocidad que puede causar en otras aplicaciones como HTTP o FTP. Una ventaja importante en el caso de la velocidad de transmisión es que esta será requerida solo durante la conversación mientras que el resto del tiempo continuará asignada a las aplicaciones más comunes. Para el transporte de paquetes de voz se utiliza UDP lo cual se traduce en otro aumento de este tipo de tráfico en la red.

6.2 Planteamiento del modelo para implementación

Una vez conocidas las capacidades de los equipos necesarios para el soporte de telefonía IP así como el funcionamiento lógico de la red institucional de datos, se tomaron en cuenta los estándares de VoIP mencionados anteriormente para generar una propuesta de implementación acorde a los requerimientos planteados en esta primera fase de la migración. La misma se hizo tomando en cuenta información sobre equipos de telefonía IP suministrada por el mismo fabricante de los equipos de red (Cisco) debido a un acuerdo existente entre el banco y la empresa.

En principio se puede comentar que la arquitectura definida para la implementación será *DiffServ* (clasificación de los paquetes) con establecimiento de prioridades para cada clase de tráfico en los routers de la LAN. Como se observa en la siguiente figura, este modelo de primera fase maneja los elementos básicos establecidos por H.323 (terminales, gatekeeper y gateway) para la arquitectura de telefonía IP. Se plantea un funcionamiento cliente-servidor para la administración de las distintas aplicaciones como conferencias, directorios telefónicos personalizados, buzón de mensajes, llamadas perdidas entre otras.

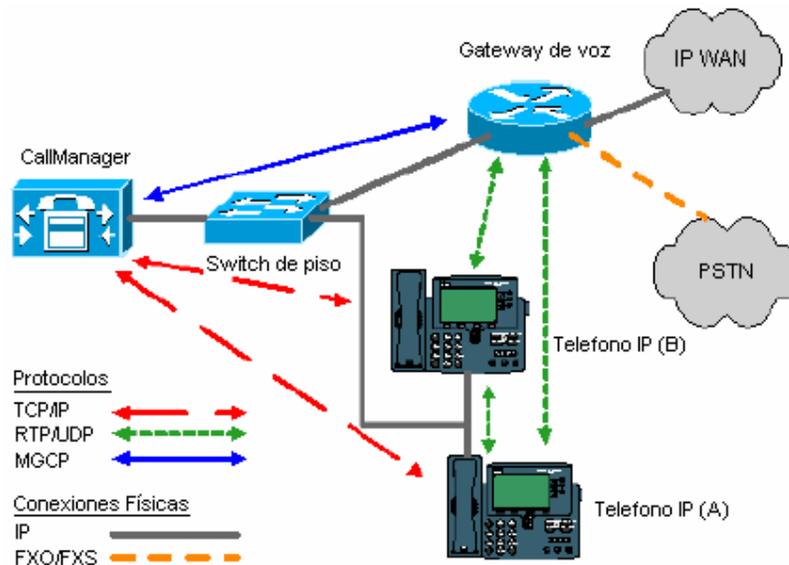


Figura 6.1. Esquema para la implementación de telefonía IP

En la figura se observan tanto las conexiones físicas existentes entre los dispositivos, como las señales de control necesarias para el establecimiento de llamadas y asignación de direcciones IP entre otras. La detección y asignación de direcciones IP a los teléfonos se hace a través del protocolo DHCP presente en los switches y soportado por los teléfonos. En el *callmanager* se configura el rango de números telefónicos que serán asignados a cada equipo que sea conectado y detectado. Los teléfonos y el *callmanager* se comunican a través del protocolo SCCP propietario de cisco, el cual se apoya en TCP para realizar las funciones que H.225 y H.245 ejecutan en H.323, suministrando las señales necesarias para el establecimiento de las llamadas entre los equipos terminales. Una vez que la llamada es direccionada hacia su destino termina el trabajo del *callmanager* y empieza la comunicación directa entre los teléfonos a través de mensajes UDP (voz paquetizada).

Para la comunicación hacia la central PBX o la PSTN es indispensable la actuación del *gateway* de voz, el cual contará con puertos FXO/FXS además de interfaces E1. Este equipo se comunicará con el *callmanager* a través de MGCP. Este es un protocolo maestro/esclavo que permite al *callmanager* conocer y controlar el estado de cada puerto en el *gateway*, permitiendo de esta forma el completo control del plan de números marcados desde el *callmanager* y dándole a este control de las conexiones por puerto hacia la PSTN. Esta comunicación entre *gateway* y *callmanager* se realiza utilizando una serie de comandos de texto enviados a través de UDP. En este punto es importante indicar que el número de canales disponibles en el *gateway* de voz será el número de llamadas simultáneas que pueden existir desde la red interna hacia la PBX o telefonía pública; mientras que dentro de la LAN pueden existir tantas conversaciones a la vez, como pares de teléfonos IP existan.

La empresa fabricante (Cisco) suministró información acerca de teléfonos IP, *callmanager* y *gateway* de voz que pueden hacer posible la implementación de telefonía con la configuración de equipos mostrada en la figura 6.1.

De las mismas resaltan aspectos como la capacidad del teléfono de funcionar como puente entre el puerto de red y el computador permitiendo así compartir el mismo puerto por los dos equipos sin interferir en la normal transferencia de datos que realiza el PC. Esto permite la expansión garantizada del servicio para cada usuario terminal y facilita en gran forma su implementación. Además de esto, este tipo de equipos soporta una gran cantidad de aplicaciones que facilitan la gestión personalizada de cada teléfono, teniendo capacidad de: organizar su propio directorio, números más llamados, grupos de usuarios entre otros.

Entre las especificaciones del callmanager más resaltantes se encuentran el manejo de 2500 teléfonos por servidor así como 450 conferencias telefónicas simultaneas, para servicios multimedia, este equipo tiene la capacidad de establecer 50 conferencias web, posee software para correo de voz (hasta 2000 mail) y también de integración H.323/SIP. En este equipo se configuran todos los programas necesarios para suministrar a los teléfonos las bondades mencionadas anteriormente, también se configura el rango de números telefónicos que serán asignados a los terminales que sean conectados a la red.

Por último el gateway de voz presenta características interesantes en cuanto al desarrollo y expansión de la plataforma a futuro, ya que pese a necesitar solo 30 canales telefónicos (E1) para la comunicación con la PSTN en esta primera fase de implementación, es importante destacar la necesidad fundamental de expansión que tendrá el servicio a futuro. Este equipo posee una variedad de interfaces de conectividad (E1/T1, FXO/FXS) para proveer acceso a la PSTN o PBX según sea el caso, pero lo más importante es la capacidad de expansión pudiendo llegar hasta 12 enlaces E1/T1, 52 puertos FXS y 36 puertos FXO.

Este último punto es fundamental para el proceso de expansión de la telefonía en la red LAN de la institución, ya que como se comentó el callmanager puede manejar hasta 2500 teléfonos pero de la misma forma se debe considerar que en la medida que aumenten el número de usuarios se necesitarán más equipos que formen parte de la configuración para telefonía IP de la figura 6.1.

CONCLUSIONES

- ☑ La actual plataforma física de la red institucional del BCV cuenta con características para el soporte de estándares como 802.1p que permite la clasificación de los paquetes, estableciendo así prioridades para el enrutamiento de la voz a través de la red LAN, garantizando de esa forma la calidad de servicio necesaria para la telefonía IP.
- ☑ Del mismo modo es importante el soporte del estándar 802.1Q y el manejo del protocolo VTP para la configuración de diferentes segmentos de red que disminuyen el tráfico de broadcast innecesario entre equipos terminales que no estén en constante comunicación.
- ☑ Todos los puertos de los switches de piso pertenecientes a la red, soportan el estándar 802.3af (Power over Ethernet) que garantiza el suministro de la energía necesaria, a través del cable de red (UTP categoría 5), para el funcionamiento de los teléfonos IP sin necesidad de conectar éstos a los tomacorrientes tradicionales.
- ☑ La estructura lógica de la red institucional permite la configuración de nuevas vlans dedicadas exclusivamente a los teléfonos IP, a través del protocolo VTP, así como también para los equipos de administración y control del servicio (callmanager y gateway).
- ☑ Los porcentajes de utilización obtenidos en el monitoreo de los enlaces entre los switches de piso y los switches capa 3 (CORE), tienen valores de porcentaje de utilización que oscilan entre 0,01% y 0,18% en promedio con algunos máximos en 0,78% 0,28% 0,22%, nunca excediendo el valor de 1% lo cual se traduce en una gran capacidad para un aumento de tráfico con paquetes de voz.
- ☑ El impacto que produce el incremento de la cantidad de tráfico debido a la adición de los nuevos paquetes que requieren la señalización, el control y las llamadas propias de la telefonía IP es mínimo debido al bajo porcentaje de utilización de los enlaces en la actualidad.

- ☑ El número de puertos disponibles en los switches de piso así como los modelos de teléfono sugeridos por el fabricante, garantizan la posibilidad de suministrar servicios de telefonía a cualquier usuario que utilice un PC conectado a la red LAN de la institución.
- ☑ El número de paquetes que utilizan UDP para su transporte en la red aumentará de forma significativa ya que además de la voz algunas señales de control en telefonía IP utilizan este protocolo no orientado a la conexión. Esto afectará en una muy pequeña medida la utilización de los enlaces de la red.

RECOMENDACIONES

- ➡ La configuración de un segmento de red (VLAN) que suministre las direcciones IP a los teléfonos para la implementación así como otro para los equipos administradores del servicio; con el fin de causar un impacto mucho menor en el funcionamiento lógico de la red LAN del banco.
- ➡ El proceso licitatorio de los teléfonos debe ir orientado a la adquisición de equipos terminales que funcionen como puente entre la red y cada PC que esté conectado a la misma. Con el fin de facilitar la expansión futura del servicio a cualquier persona que utilice un computador conectado a la red.
- ➡ Es necesario que los teléfonos y equipos administradores a ser adquiridos sean compatibles con los equipos de red y soporten los protocolos mencionados en este trabajo.
- ➡ Se deben considerar los estándares necesarios para telefonía IP al momento de la adquisición y puesta en funcionamiento de nuevos equipos de conectividad para la red LAN del banco.
- ➡ El establecimiento de la arquitectura *DiffServ* apoyado por el estándar 802.1p y el DSCP (TOS de la cabecera IP) será fundamental para proveer servicios telefónicos de calidad en tiempo real.
- ➡ Para propósitos en el avance de servicios integrados multimedia (videoconferencia), los equipos terminales deben estar a una velocidad de 100Mbps. En este caso se debe verificar que los accesorios que necesite esta tecnología (cámaras de video) sean compatibles con los teléfonos.
- ➡ Se deben realizar estudios en materia de transmisión de video a través de la red con el fin de continuar con el desarrollo hacia una red LAN convergente (datos, voz y video).
- ➡ Para la expansión del servicio de telefonía IP hacia la red WAN (Caracas-Maracay-Maracaibo) se deben realizar estudios de transmisión de voz en redes WAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] www.mundotutoriales.com/frame.cfm?url_frame=http://www.emagister.com/public/pdf/comunidad_emagister/U09%20Redes%20LAN%20y%20WAN.pdf “Fundamentos de comunicaciones de datos” Unidad 9 “Redes LAN WAN”
- [2] www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/noviembre/vlan.htm “VLAN: Red de Area Local Virtual” por Hugo Rivera Martínez.
- [3] www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/rtrmgmt/sw_ntman/cwsiug2/cwsiug2/vlan2/stpapp.pdf . “Understanding Spanning-Tree Protocol” por Cisco.
- [4] IP Telephony por Walter Goralski, Matthew C. Kolon. Computing Mc Graw-Hill 2000.
- [5] www.ist-mobydick.org/publications/cita2002.pdf. “DiffServ como solución a la provision de QoS en Internet” por Jorge Escribano, Carlos Garcia, Celia Seldas, Jose Ignacio Moreno. Departamento de Ingeniería Telemática Universidad Carlos III de Madrid.

BIBLIOGRAFIAS

CALYTON; Jade. “Diccionario Ilustrado de telecomunicaciones” Mc. Graw Hill.

GORALSKI; Walter y KOLON; Matthew “IP Telephony” Computing Mc Graw-Hill.

MEYERS; Mike. “Redes Gestión y soluciones” ANAYA.

HERRERA; Alberto. “Introducción a las comunicaciones modernas” Limusa Noriega Editores.

www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps708/products_announcement0900aecd804b5665.html “Cisco Catalyst 6500 series switches” por Cisco

www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps4324/ps4333/index.html “Cisco Catalyst 4500 series switches” por Cisco

www.cisco.com/en/US/products/ps6852/index.html “Cisco MCS 7835-11 Unified CallManager Appliance” por Cisco

www.cisco.com/en/US/products/ps5881/index.html “Cisco 2811 Integrated services router” por Cisco

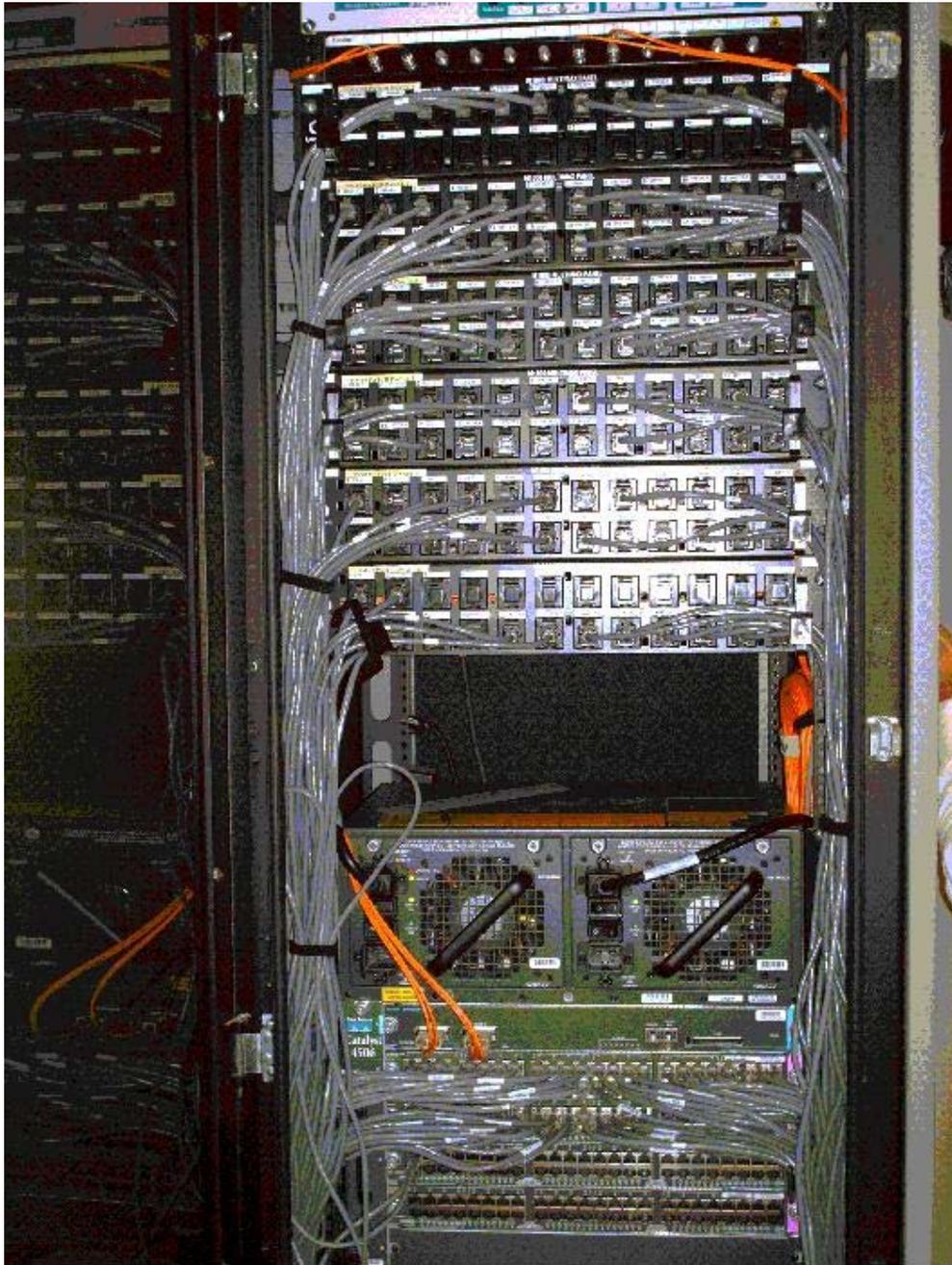
www.cisco.com/en/US/products/hw/phones/ps379/products_data_sheet09186a00801c9638.html “Cisco IP phone 7970” por Cisco

ANEXO [1] EQUIPOS UTILIZADOS EN LA RED LAN DEL BCV

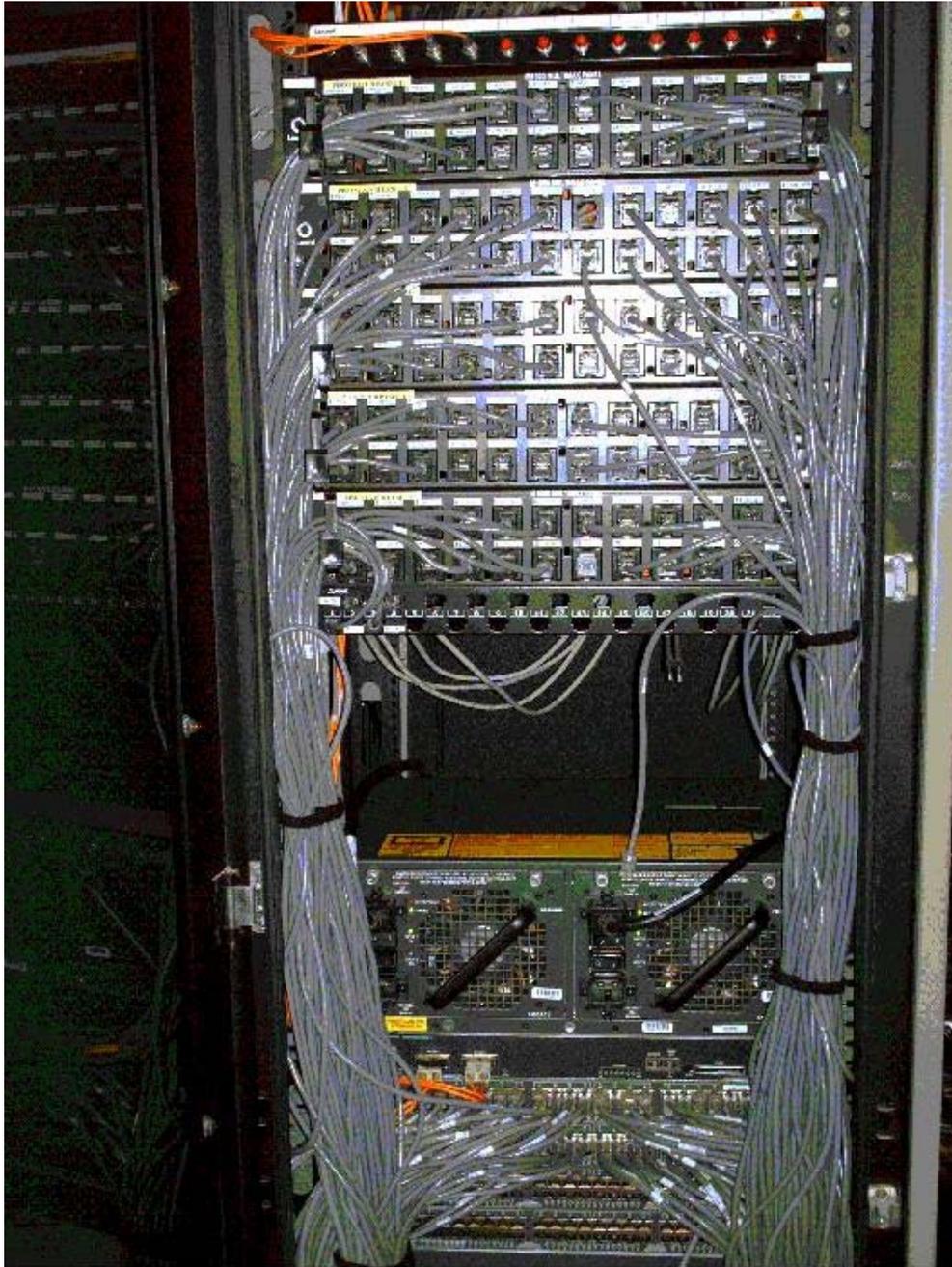
Switch 4506 y patch panel en el mueble dentro del cuarto de cableado piso 1 sede



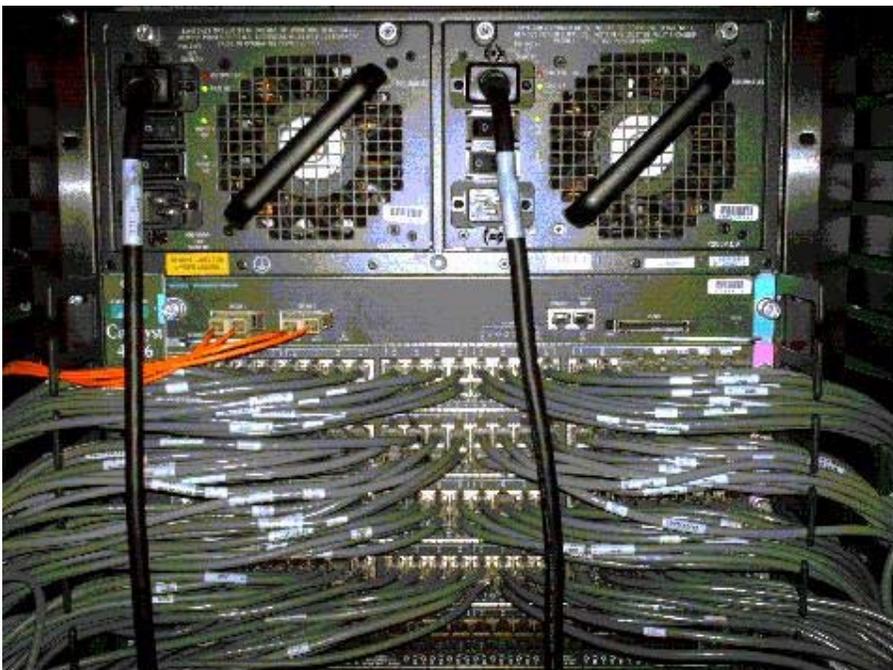
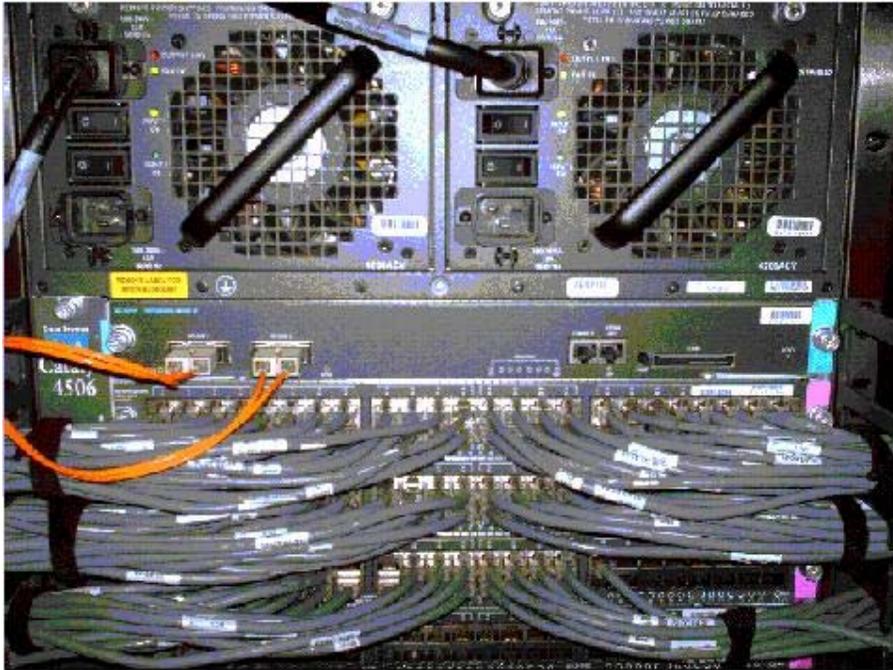
Switch 4506 y patch panel del cuarto de cableado piso 2 Edoval



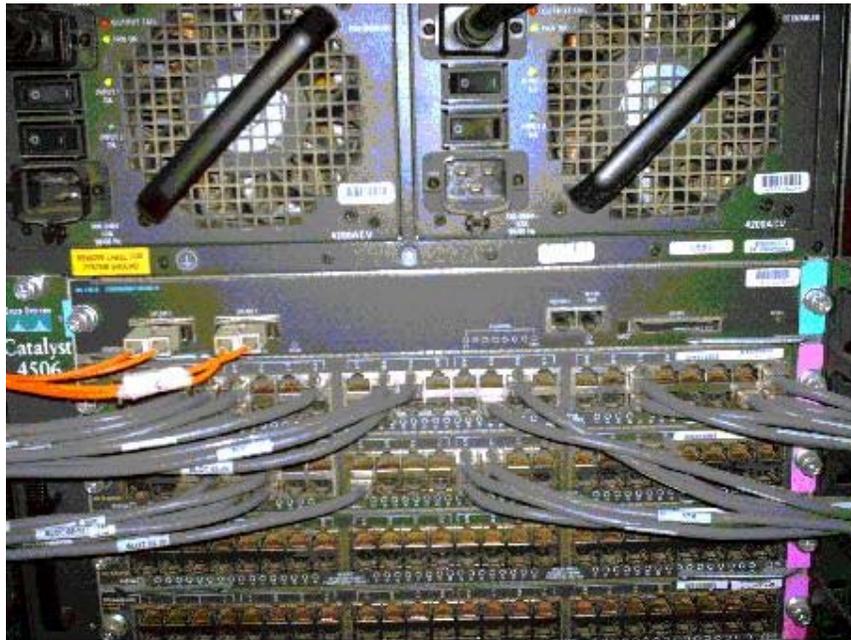
Arreglo de switch y patch panel en cuarto de cableado piso 8 Edoval



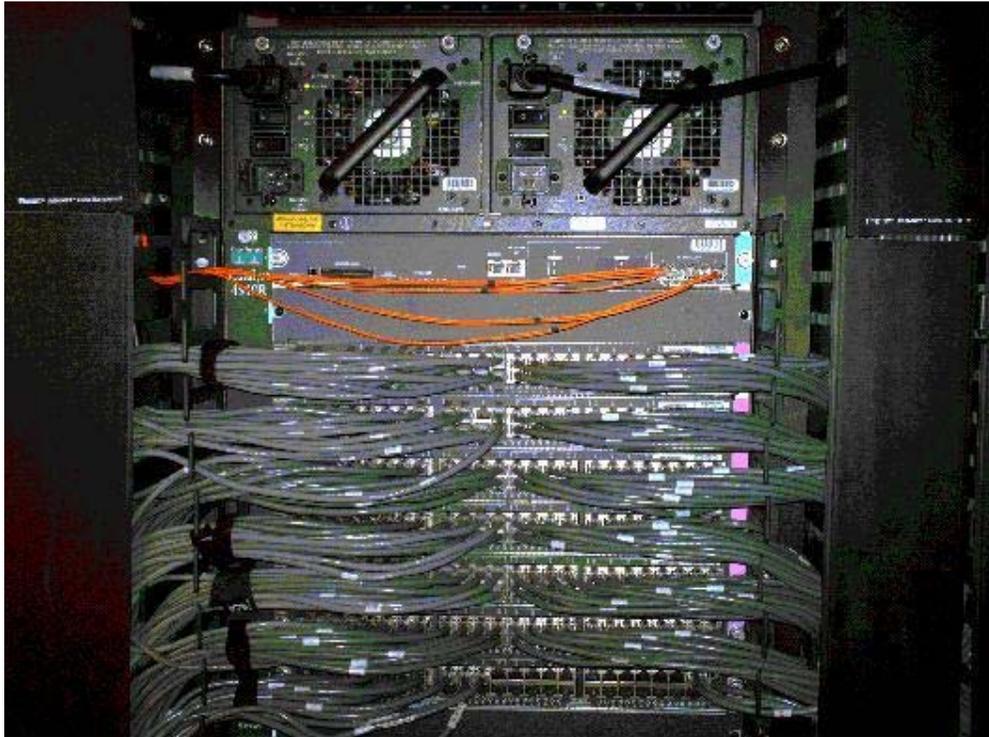
Switches Catalyst 4506 piso 12 NO y 22 NO



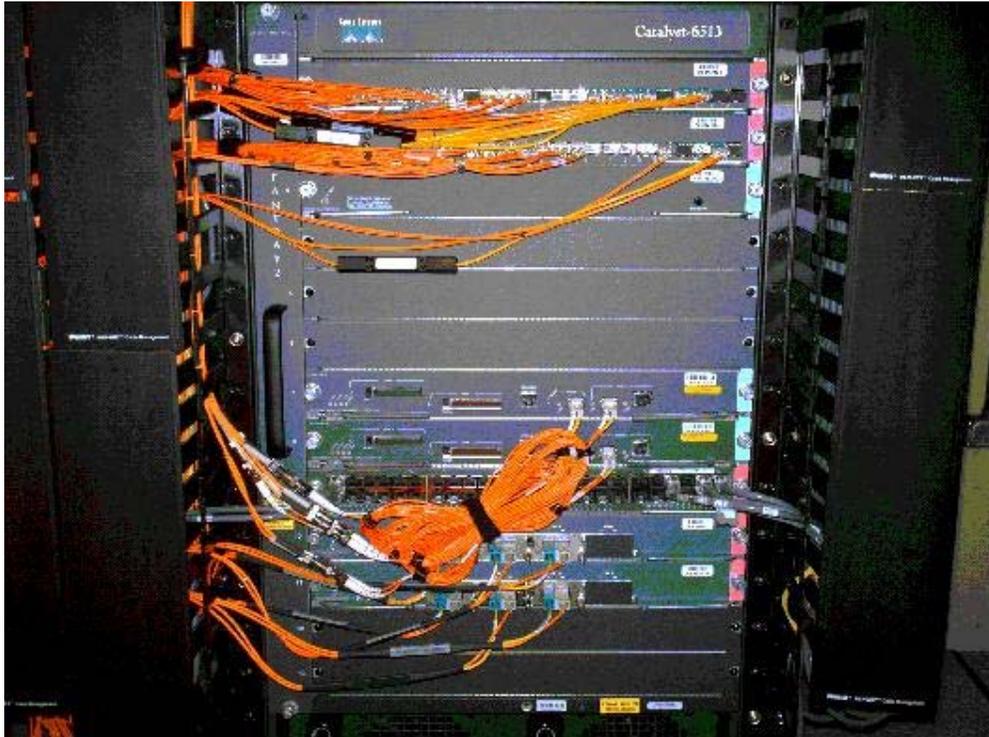
Switch Catalyst 4506 Mezzanina sede NO



Switch Catalyst 4510R piso 7 SE



Switch capa 3 CORE Catalyst 6513 piso 7 SE



ANEXO [3] VISTA DEL SWITCH CAPA 3 CORE SUMINISTRADA POR EL PROGRAMA CISCOWORKS

