

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE MIGRACIÓN DE LA RED DE VOZ DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL HACIA UNA INFRAESTRUCTURA CON SISTEMAS DE TELEFONÍA IP

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

JORGE FERNANDO ESTRELLA MAYA

DIRECTOR: ING. PABLO HIDALGO LASCANO

Quito, Marzo de 2002

DECLARACIÓN

Yo Jorge Fernando Estrella Maya, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley y la normatividad institucional vigente.



Jorge F. Estrella Maya

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Fernando Estrella Maya, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pablo Hidalgo', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Pablo Hidalgo

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi director de Proyecto de Titulación, destacado maestro, Ing. Pablo Hidalgo por su ayuda, paciencia y su acertada dirección, factores determinantes en la elaboración de este trabajo.

A la Escuela Politécnica Nacional, por su noble labor educativa por el bien de la sociedad.

Al Ing. Fabio González, por su desinteresada colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

A toda mi familia, hermanos y amigos por haberme siempre brindado su ayuda incondicional.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se realiza el estudio de la red de voz de la Escuela Politécnica Nacional, así como de los recursos de la central telefónica DEFINITY y del cableado de fibra óptica del Campus, a fin de establecer en la Institución un sistema telefónico con soporte de la tecnología VoIP y con capacidad de integración con la PoliRed o con otras redes de datos IP exteriores.

La tecnología VoIP no solo permite el envío de voz sobre el protocolo IP o más precisamente el envío de voz sobre redes de datos, sino que agrega un conjunto de nuevas aplicaciones interactivas para el usuario que motivan la implementación de redes convergentes en las diferentes instituciones.

Una de las aplicaciones de esta nueva tecnología VoIP es la posibilidad de instaurar un sistema telefónico, con características y capacidades similares a los sistemas de telefonía tradicional, sobre una infraestructura de datos IP. De esta manera entre otros beneficios, se optimizarán los recursos de red al disponer el usuario de servicios de voz y datos sobre la misma estructura.

La implementación de un sistema telefónico de este tipo precisa de un plan de migración que de forma ordenada y sistemática indique las diferentes etapas a seguirse para que el sistema de telefonía tradicional adquiera la característica IP. Adicionalmente el proceso de migración requiere mantener un equilibrio entre los tradicionales y nuevos estándares telefónicos, y por ello es conveniente manejar períodos que indiquen la duración de las distintas fases del proceso, de tal manera que no existan conflictos de funcionamiento, la migración sea transparente para el usuario y económicamente el proyecto sea viable.

RESUMEN

En el presente Proyecto de Titulación se estudia los conceptos de voz sobre IP, telefonía IP, redes IP, protocolo IP, paquetización de la voz, como herramientas necesarias para comprender el proceso de migración de la telefonía convencional a IP en la E.P.N.

En el primer capítulo se revisa los conceptos básicos de las redes por conmutación de circuitos y redes por conmutación de paquetes, se analiza la red de telefonía convencional y redes IP, se estudia el protocolo IP, posteriormente se realiza una introducción a la tecnología VoIP, y por último se detallan los posibles escenarios de la telefonía IP.

En el segundo capítulo se examinan los procesos utilizados para transformar la señal analógica de voz en paquetes de datos. Se detallan las características generales de los diferentes *codecs* de voz y se realiza el cálculo de la velocidad de transmisión que requiere una llamada en IP. Finalmente se analizan los problemas más frecuentes que puedan degradar la calidad de voz en redes de datos.

En el tercer capítulo se detalla la situación actual del sistema telefónico identificando sus principales requerimientos a fin de que la migración a IP que se realice sea la más adecuada tanto desde el punto de vista técnico como económico. Como solución de la nueva red se presenta dos posibles alternativas, factibles de ser implementadas en la E.P.N.

En el cuarto capítulo se presenta la valoración técnica y económica de los equipos activos de la estructura de datos requerida para la transmisión de voz y de cada una de las alternativas de migración IP.

Finalmente se concretan las conclusiones y recomendaciones a seguir para una adecuada utilización de la información expuesta en el documento.

CONTENIDO

	Página
1. VOZ SOBRE IP	
1.1 BREVE DESARROLLO HISTÓRICO	1
1.2 REDES CONMUTADAS	5
1.2.1 REDES POR CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS	6
1.2.1.1 PSTN	7
1.2.1.2 PBX	11
1.2.2 REDES POR CONMUTACIÓN DE PAQUETES	13
1.3 LA RED IP	15
1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES IP	17
1.3.1.1 INTERNET	17
1.3.1.2 RED IP PÚBLICA	20
1.3.1.3 INTRANET	21
1.3.2 ARQUITECTURA DE LA RED IP o RED TCP/IP	23
1.3.3 PROTOCOLO DE INTERNET IP	25
1.3.3.1 FORMATO DEL PAQUETE IP	25
1.3.3.2 DIRECCIONAMIENTO IP	29
1.3.3.3 CLASES Y DIRECCIONES IP	29
1.3.3.4 ENCAMINAMIENTO IP	30
1.3.3.5 SUBREDES IP	31
1.3.3.6 PROTOCOLOS DE CONTROL DE INTERNET	32
1.3.4 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE	34
1.3.4.1 PROTOCOLO TCP	35
1.3.4.2 PROTOCOLO UDP	39
1.4 VOZ SOBRE REDES IP o VoIP	42
1.5 DESARROLLO DE VoIP	44
1.6 ¿POR QUÉ VOZ SOBRE IP?	45

1.6.1	NUEVO MERCADO	47
1.6.2	REDUCCIÓN DE COSTOS	47
1.6.2.1	POR INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS	48
1.6.2.2	POR TARIFACIÓN	48
1.6.3	CONSOLIDACIÓN DE ANCHO DE BANDA	49
1.6.4	PRESENCIA UNIVERSAL DE IP	50
1.6.5	MADURACIÓN TECNOLÓGICA	50
1.6.6	APLICACIONES Y SERVICIOS	51
1.6.6.1	SEGUNDA LÍNEA VIRTUAL	52
1.6.6.2	LLAMADA DE ESPERA DE INTERNET	52
1.6.6.3	LLAMADAS TRIPARTITAS EN FORMA DE TELECONFERENCIAS	53
1.6.6.4	CALL CENTERS EN PÁGINAS WEB	54
1.6.6.5	SERVICIO GLOBAL 1-800	54
1.6.6.6	MENSAJERÍA UNIFICADA	54
1.6.6.7	CONTROL PERSONALIZADO DE LLAMADAS	55
1.6.6.8	APLICACIONES DE FAX	55
1.6.6.9	REDES PRIVADAS VIRTUALES DE VOZ	56
1.7	EL FORUM VoIP	56
1.8	ESCENARIO DE UNA LLAMADA IP	57
1.9	CONFIGURACIONES BÁSICAS DE VoIP	59
1.9.1	PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE TELÉFONOS)	59
1.9.2	PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE PCs)	61
1.9.3	PSTN SOBRE INTERNET (PC A TELÉFONO)	61
1.10	ANÁLISIS DE LAS CONFIGURACIONES	62
2.	PAQUETIZACIÓN DE LA VOZ	
2.1	LA VOZ	65
2.2	DIGITALIZACIÓN DE LA VOZ	65
2.2.1	MUESTREO	67

2.2.2	CUANTIFICACIÓN	67
2.2.3	CODIFICACIÓN	68
2.2.4	COMPRESIÓN	69
2.3	CODIFICADORES DE VOZ (CODECS O CODERS)	70
2.3.1	CLASIFICACIÓN DE LOS CODIFICADORES DE VOZ	72
2.3.1.1	CODIFICADORES DE FORMA DE ONDA	72
2.3.1.2	VOCODERS (VOice + CODER)	73
2.3.1.3	CODIFICADORES HÍBRIDOS	74
2.3.2	EVALUACIÓN DE LOS CODECS	78
2.4	PAQUETIZACIÓN DE LA VOZ	81
2.5	VOZ SOBRE PROTOCOLO IP	81
2.5.1	PROTOCOLO RTP	82
2.5.2	PROTOCOLO DE CONTROL DE TIEMPO REAL	85
2.5.2.1	REPORTE DE TRANSMISIÓN RTCP	86
2.5.2.2	REPORTE DE RECEPCIÓN RTCP	89
2.5.2.3	PAQUETE RTCP DE DESCRIPCIÓN DE FUENTE	89
2.5.2.4	MENSAJE BYE RTCP	90
2.5.2.5	MENSAJE APP RTCP	90
2.6	TAMAÑO DEL PAQUETE DE VOZ	90
2.6.1	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DEL PAQUETE DE VOZ	92
2.6.2	REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	94
2.6.2.1	INCREMENTO DE PAYLOAD	95
2.6.2.2	SUPRESIÓN DE SILENCIOS	96
2.6.2.3	SUPRESIÓN DE CABECERAS	97
2.7	FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE VOZ EN VoIP	98
2.7.1	RETARDO O LATENCIA	98
2.7.2	PÉRDIDA DE PAQUETES	100
2.7.3	JITTER	103

3.	DISEÑO DE LA RED DE TELEFONÍA IP DE LA E.P.N.	
3.1	MIGRACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA	104
3.2	ESPECIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA TELEFÓNICO	104
3.2.1	ESPECIFICACIÓN DE NECESIDADES DE USUARIO	105
3.2.2	ESPECIFICACIÓN DE NECESIDADES DE ADMINISTRADO	105
3.3	PLAN DE MIGRACIÓN AL SISTEMA DE TELEFONÍA IP	106
3.4	FASE 0: TELEFONÍA CONVENCIONAL DE LA E.P.N.	107
3.4.1	ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA E.P.N.	108
3.4.1.1	CABLEADO TELEFÓNICO	108
3.4.1.2	LÍNEAS TELEFÓNICAS	109
3.4.2	CENTRAL TELEFÓNICA	109
3.4.2.1	HARDWARE ACTUAL	110
3.4.2.2	SERVICIO DE VOZ	111
3.4.2.3	SERVICIO DE DATOS	113
3.4.2.4	PROTOCOLOS	114
3.4.2.5	ADMINISTRACIÓN	117
3.4.2.6	INTERCONEXIONES CON OTRAS REDES	119
3.4.3	DESTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES Y LÍNEAS TELEFÓNICAS EN LA E.P.N.	119
3.4.3.1	EXTENSIÓN 200 A EXTENSIÓN 299	121
3.4.3.2	EXTENSIÓN 300 A EXTENSIÓN 399	123
3.4.3.3	EXTENSIÓN 400 A EXTENSIÓN 449	125
3.4.3.4	EXTENSIÓN 450 A EXTENSIÓN 499	127
3.4.3.5	EXTENSIÓN 500 A EXTENSIÓN 530	129
3.4.3.6	EXTENSIÓN 530 A EXTENSIÓN 549	130
3.4.3.7	EXTENSIÓN 550 A EXTENSIÓN 599	131
3.4.3.8	EXTENSIÓN 600 A EXTENSIÓN 646	132
3.4.3.9	EXTENSIÓN 647 A EXTENSIÓN 698	134
3.4.3.10	RESUMEN DEL SISTEMA TELEFÓNICO	136

3.4.4	DEFINICIONES BÁSICAS DE TRÁFICO TELEFÓNICO	142
3.4.4.1	TRÁFICO DE LA CENTRAL TELEFÓNICA DE LA E.P.N.	145
3.4.4.2	INTENSIDAD DE TRÁFICO DIARIO	148
3.4.4.3	TRÁFICO DE LAS LÍNEAS TELEFÓNICAS INDEPENDIENTES	151
3.4.4.4	TRÁFICO TELEFÓNICO DIARIO POR DEPENDENCIAS DE LA E.P.N.	152
3.4.5	CRECIMIENTO TELEFÓNICO DE LA E.P.N. Y ESTIMACIÓN DE TRÁFICO A 5 Y 10 AÑOS	153
3.4.6	CAPACIDAD DEL CANAL PARA SOPORTAR TRÁFICO PURAMENTE TELEFÓNICO ACTUAL Y FUTURO COMO TRÁFICO IP	157
3.4.7	REQUERIMIENTO DE CAPACIDAD DEL CANAL POR CADA DEPENDENCIA A 5 Y 10 AÑOS	160
3.4.7.1	ADMINISTRACIÓN CENTRAL	161
3.4.7.2	EDIFICIOS DE LA EX-FACULTAD DE ELÉCTRICA	163
3.4.7.3	INGENIERÍA MECÁNICA	164
3.4.7.4	INGENIERÍA EN SISTEMAS	166
3.4.7.5	EX – INSTITUTO DE TECNÓLOGOS	167
3.4.7.6	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS	168
3.4.7.7	INGENIERÍA CIVIL	169
3.4.7.8	ABASTECIMIENTOS	170
3.4.7.9	EX – INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS	171
3.4.7.10	INGENIERÍA QUÍMICA	172
3.4.7.11	INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS Y PETRÓLEOS	173
3.4.7.12	HIDRÁULICA	174
3.4.7.13	POSGRADO EN GERENCIA EMPRESARIAL	175
3.4.7.14	RESUMEN DE PROYECCIONES	177
3.5	FASE 1: LAN TELEFÓNICA	178
3.6	OBJETIVOS DE LA LAN TELEFÓNICA DE LA E.P.N.	179

3.7	REQUERIMIENTOS DE LA LAN TELEFÓNICA	179
	3.7.1 CALIDAD DE SERVICIO	180
3.8	COMPONENTES DE LA LAN TELEFÓNICA	182
	3.8.1 TERMINALES	183
	3.8.1.1 ELEMENTOS DEL TERMINAL DE ACUERDO A LA RECOMENDACIONES H.323	184
	3.8.1.2 ELEMENTOS DEL TERMINAL FUERA DE LA RECOMENDACIÓN	185
	3.8.1.3 TIPOS DE TERMINALES H.323	185
	3.8.1.4 CONSIDERACIONES DE LOS TERMINALES PARA LA E.P.N.	186
	3.8.2 GATEWAYS	187
	3.8.2.1 FUNCIONES DE LOS GATEWAYS	188
	3.8.2.2 COMPONENTES COMUNES Y TIPOS DE GATEWAYS	189
	3.8.3 GATEKEEPERS	191
	3.8.3.1 FUNCIONES DE LOS GATEKEEPERS	191
	3.8.4 UNIDADES DE CONTROL MULTIPUNTO (MCU)	193
	3.8.4.1 COMPONENTES DE LA MCU	193
	3.8.4.2 TIPOS DE CONFERENCIA	194
3.9	TECNOLOGÍA DE LA RED DE DATOS DE ÁREA LOCAL (LAN)	194
	3.9.1 DISPONIBILIDAD DE LA RED	195
	3.9.1.1 HARDWARE DE LA RED	196
	3.9.1.2 SOFTWARE DE LA RED	197
	3.9.1.3 CABLEADO DE LA RED	197
	3.9.1.4 FUENTES DE PODER Y AMBIENTACIÓN	197
	3.9.1.5 ESTRUCTURA DE LA RED DE DATOS	198
	3.9.1.6 ERRORES DE USUARIO Y ADMINISTRACIÓN	198
	3.9.2 TECNOLOGÍA DE LA RED	199
	3.9.2.1 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	201
	3.9.3 NÚCLEO DE LA RED	201
	3.9.4 ENLACES DEL SISTEMA TELEFÓNICO	202

3.9.5	DISTRIBUCIÓN Y ACCESO	203
3.9.5.1	REQUERIMIENTOS DEL SWITCH ACCESO	207
3.9.5.2	REQUERIMIENTOS DEL SWITCH DE DISTRIBUCIÓN	209
3.9.5.3	REQUERIMIENTOS DEL SWITCH DEL NÚCLEO	210
3.9.6	REDUNDANCIA DE ENLACES	210
3.9.7	ADMINISTRACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA IP	212
3.9.7.1	ADMINISTRACIÓN DE FALLAS	212
3.9.7.2	ADMINISTRACIÓN DE CONFIGURACIÓN	215
3.9.7.3	CONTABILIDAD	215
3.9.7.4	DESEMPEÑO	215
3.9.7.5	SEGURIDAD	215
3.9.8	PRIMERA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN IP	216
3.9.8.1	REQUERIMIENTOS DE LA CENTRAL DEFINITY	216
3.9.8.2	CAPACIDAD DE USUARIOS IP	219
3.9.8.3	USUARIOS CUBIERTOS	220
3.9.8.4	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA	221
3.9.9	SEGUNDA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN IP	223
3.9.9.1	REQUERIMIENTOS DEL GATEWAY	226
3.9.9.2	REQUERIMIENTOS DEL GATEKEEPER	227
3.9.9.3	CONEXIÓN DE CENTRAL DEFINITY Y EL GATEWAY	230
3.9.9.4	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA	231
3.9.10	SERVIDORES DE CORREO DE VOZ IP Y MENSAJERÍA UNIFICADA (OPCIONAL)	232
3.10	FASE 3: MIGRACIÓN A IP PBX	233
3.10.1	REQUERIMIENTOS DE LA PBX IP	234
3.10.2	CAPACIDAD DE USUARIOS Y SISTEMAS PBX – IP	235
3.11	INTERCONEXIÓN CON LA POLIRED	236
4.	VALORACIÓN TÉCNICA	
4.1	VALORACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	240

4.2	VALORACIÓN DE EQUIPOS DE LA ESTRUCTURA DE DATOS	241
4.2.1	DIMENSIONAMIENTO DE SWITCHES DE ACCESO	241
4.2.2	DIMENSIONAMIENTO DE SWITCHES DE DISTRIBUCIÓN	243
4.2.3	DIMENSIONAMIENTO DE SWITCHES DE NÚCLEO	245
4.2.4	COSTO DE LOS EQUIPOS DE DATOS	247
4.2.5	CONCLUSIÓN DE LA VALORACIÓN REFERENCIAL DE LA ESTRUCTURA DE DATOS	247
4.3	VALORACIÓN DE EQUIPOS VoIP PARA TELEFONÍA IP	248
4.3.1	EQUIPOS PARA TELEFONÍA IP ALTERNATIVA UNO	248
4.3.2	EQUIPOS PARA TELEFONÍA IP ALTERNATIVA DOS	249
4.3.2.1	SOLUCIÓN ALCATEL	250
4.3.2.2	SOLUCIÓN CISCO	254
4.4	VALORACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE LOS EQUIPOS DE TELEFONÍA IP	259
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	CONCLUSIONES	264
5.2	RECOMENDACIONES	266

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

1.1 BREVE DESARROLLO HISTÓRICO

Desde los primeros ensayos, los sistemas con tecnologías digitales demostraron ser más sólidos que sus equivalentes analógicos, simplemente porque resultaban más fáciles de manipular y controlar; no obstante, en un inicio el coste de los primeros equipos limitó su instalación a gran escala, quedando reducido su uso a unos pocos sectores. Posteriormente, el éxito obtenido en estos pocos sectores "digitalizados", contribuyó a que rápidamente la gran mayoría de las empresas telefónicas migren sus sistemas analógicos (a través de cables de cobre) a sistemas digitales (a través de fibra óptica o microondas).

Con la digitalización, surge la idea de homogeneizar los medios de transporte de voz y datos, desarrollados y operados independientemente; así se tienen las primeras infraestructuras convergentes o integradas cuando la tecnología digital (transmisión y conmutación) de los sistemas telefónicos no sólo se utiliza para transmitir voz, sino también para la transmisión de datos informáticos e incluso vídeo, claro está, con las respectivas limitaciones que presenta la conmutación de circuitos para el envío de este tipo de tráfico.

La digitalización telefónica empieza a ser desarrollada hace ya varios años, teniendo las primeras implementaciones en los años cincuenta cuando la digitalización de la voz y su transmisión son posibles gracias a la disponibilidad tecnológica y económica de los equipos electrónicos desarrollados hasta ese momento, así en 1962 Bell Systems realiza la primera transmisión digital, y en 1976 la primera aplicación de conmutación digital ^[1].

Un sinnúmero de ventajas, dentro de las redes telefónicas, se obtuvieron con la digitalización de los sistemas que conforman su arquitectura, ya que mientras la transmisión y la conmutación sean digitales, los conmutadores basados en multiplexación por división de tiempo (TDM) pueden extraer señales individuales sin necesidad de decodificarlas, ni tampoco son necesarios los

multiplexores pues el mismo conmutador realiza esta función. Integrando así en una sola operación conmutación y transmisión.

Esta integración se constituyó en el primer paso hacia la búsqueda de una tecnología que permita la unificación de los servicios de voz y datos, y dio lugar a las denominadas *Integrated Digital Network* (IDN) o redes totalmente digitales de extremo a extremo. Estas redes consisten en plataformas de cómputo y telecomunicaciones, cuya flexibilidad facilita la creación e introducción de nuevos servicios de valor agregado, y consolida aplicaciones de voz y datos sobre una misma vía, permitiendo satisfacer necesidades de comunicaciones modernas, mediante la técnica de conmutación de paquetes. Un ejemplo de red digital integrada es la que se conoce como Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha RDSI-BE (basada en conmutación de circuitos) que nació con la idea principal de integrar servicios de voz y no-voz.

En general, las comunicaciones que se efectúen entre abonados que pertenecen a este tipo de redes, adquieren un formato digital desde el teléfono digital o computadora origen, hasta el teléfono destino, manteniéndose en ese formato durante todo el recorrido (transmisión, y conmutación) de la comunicación. En tanto que en la red telefónica pública conmutada (PSTN), la voz o datos hasta llegar a la central telefónica del abonado llamante se transmite en forma analógica, se digitaliza en el *codec* de esta última y se transmite digitalmente hasta el *codec* de la central que conecta al abonado destino para regresar nuevamente a su formato analógico.

Entre los sistemas de telefonía con tecnología digital (conmutación y transmisión) se incluyen los servicios de las centralitas privadas (PBX, *Private Branch eXchange*), cuyo desarrollo histórico ha sido cercano al de la conmutación en las redes públicas.

Sin embargo, el desarrollo de las redes de telecomunicaciones en cuanto a: crecimiento de las redes IP (*Internet Protocol*), tanto locales como remotas, nuevas técnicas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real y en particular la fuerte

implantación de la Internet a nivel mundial, establece que la heterogeneidad de las redes de comunicaciones de voz (algunas totalmente digitales) y datos, pueden orientarse ahora hacia un modelo de red cuya tecnología permite “empaquetar” la voz, para que pueda ser enviada junto con los datos. Así se optimiza la arquitectura de red y se facilita la combinación de servicios, para la creación de nuevas aplicaciones y además se supera las limitaciones que se tienen con la red telefónica, visualizándola como una red integrada.

Como la Internet es la red de redes, el desarrollo de la nueva tecnología se dirige claramente al protocolo IP y al método que permita transmitir voz a la vez que datos sobre ese protocolo. Esta nueva tecnología se denomina Voz sobre IP (VoIP), y permite realizar llamadas telefónicas las cuales son transportadas por cualquier red basada en IP, como LANs, intranets o la misma Internet.

VoIP con su estándar H.323 asegura la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como supresión de silencios, control de llamada, manejo de ancho de banda para conferencias punto a punto y multipunto, codificación de la voz y direccionamiento, también especifica los protocolos y elementos que permiten comunicación entre LANs y otras redes como la PSTN.

H.323 es un grupo de protocolos que se sitúan en la cima de TCP/IP y prometen ser una posible solución para permitir multimedia sobre Internet. H.323 es una recomendación del ITU (*International Telecommunications Union*) para cubrir multimedia sobre un ancho de banda no garantizado. El Internet y las LANs que usan TCP/IP y protocolos de SPX/IPX “corriendo” sobre Ethernet o Token Ring son ejemplos de redes de conmutación de paquetes con ancho de banda no garantizado.

Una aplicación de VoIP es la Telefonía IP que define toda una serie de componentes que se requieren para proporcionar un completo servicio de voz con aplicaciones apenas imaginadas, sobre una infraestructura IP y a costos más bajos.

1900



Figura.1.1.a Red Telefónica Analógica

1960

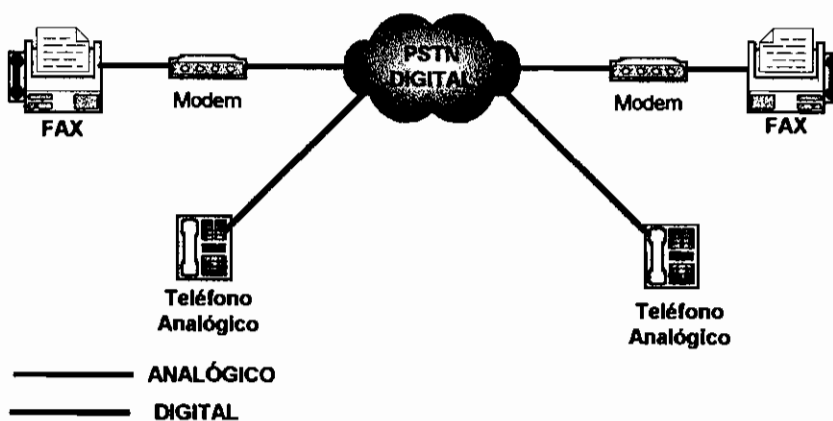


Figura.1.1.b Red Telefónica Digital con excepción del bucle de abonado

1990

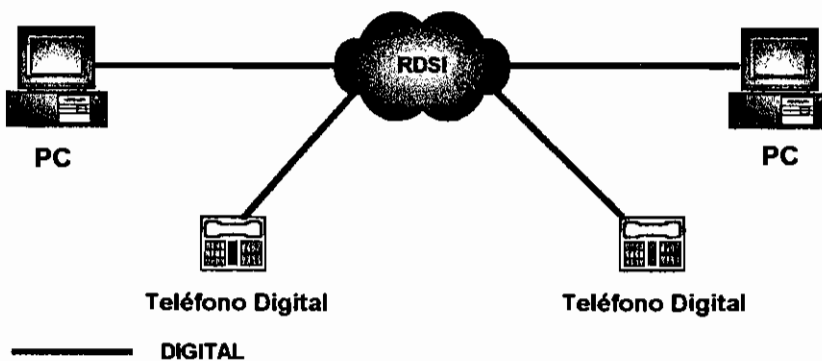


Figura.1.1.c Red Digital de Servicios Integrados

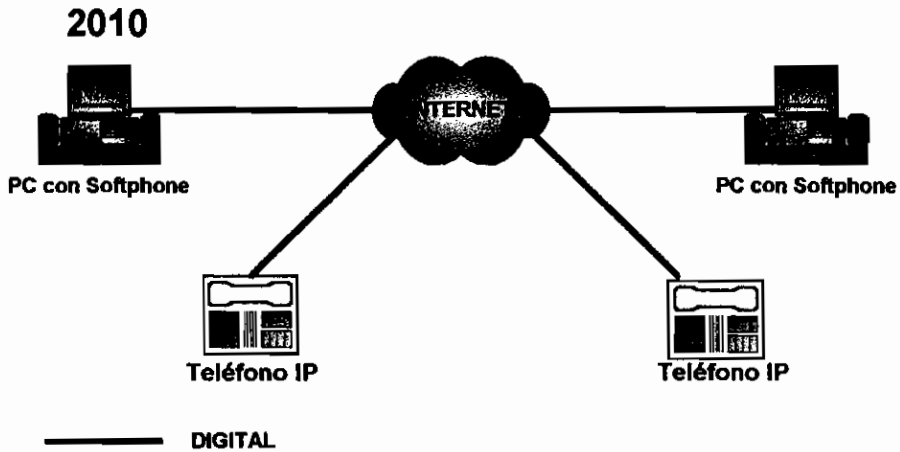


Figura.1.1.d Red de Telefonía IP

Figura 1.1 Evolución de las Redes de Telefonía^[9]

1.2 REDES CONMUTADAS

En redes de comunicación conmutadas, los datos que entran a la red, provenientes de alguna de las estaciones, son conmutados de nodo en nodo hasta que lleguen a su destino.

En estas redes existen: nodos exclusivamente conectados a otros nodos con la sola misión de conmutar los datos internamente a la red, y también nodos conectados a estaciones y a otros nodos, por lo que debe añadirse a su función como nodo, la aceptación y emisión de datos de las estaciones que se conectan.

Los enlaces entre nodos están multiplexados en el tiempo o por división de frecuencias, y deben soportar conexiones *full-duplex* (típica en telefonía). Existe más de un camino entre dos estaciones, para poder desviar los datos por el camino menos congestionado.

Se tienen dos tipos de redes conmutadas, cuya diferencia radica en la forma cómo los nodos conmutan la información entre los enlaces que forman el camino desde el origen hasta el destino, y son:

- Redes por Conmutación de Circuitos
- Redes por Conmutación de Paquetes

Estos dos tipos de redes de comunicación han tenido un desarrollo paralelo y más aún propietario, puesto que el servicio que entregan o el tráfico que manejan es distinto. Así pues, las redes por conmutación de circuitos se han diseñado y especializado en el manejo de voz; en cambio, las redes por conmutación de paquetes, en el manejo de datos. Cada una de ellas ha logrado tener un óptimo desempeño con relación al tráfico que cursan. Cabe señalar, que ambas redes pueden soportar tráfico no planificado, es decir, puede haber datos en la conmutación por circuitos y voz en la conmutación por paquetes.

1.2.1 REDES POR CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

En estas redes para cada conexión entre dos estaciones, los nodos intermedios establecen una secuencia de enlaces conectados entre los nodos de la red desde la estación de origen hasta la final. En estas redes, los nodos intermedios no tratan los datos de ninguna forma, sólo se encargan de encaminarlos a su destino.

Para permitir el paso de la información de estación a estación a través de los nodos intermedios, la comunicación mediante circuitos conmutados implica tres pasos ^[2]:

a Establecimiento del Circuito: La conmutación de circuitos debe establecer una ruta de extremo a extremo antes de que cualquier conjunto de datos pueda ser enviado. El emisor solicita a un cierto nodo el establecimiento de conexión hacia una estación receptora. Este nodo es el encargado de dedicar uno de sus canales

lógicos a la estación emisora y de encontrar los nodos intermedios para llegar a la estación receptora según criterios de encaminamiento.

b Transferencia de Información: Una vez establecido el circuito, la información podrá transmitirse sin demoras de nodo a nodo ya que establecido el camino el nodo no tiene que procesar ninguna información, siendo el único retardo el de propagación de la señal.

c Desconexión del Circuito: Culminada la transferencia de información, cualquiera de las dos estaciones puede cerrar la comunicación, liberando la conexión establecida.

Obsérvese que en conmutación de circuitos no hay peligro de congestión, ya que la capacidad del circuito se reserva permanentemente durante todo el período de conexión, resultando adecuado para el manejo de voz, mas no para el de datos, ya que mantiene las líneas muy ocupadas aun cuando no hay información circulando por ellas. Además, la conmutación de circuitos requiere que los dos sistemas conectados trabajen a la misma velocidad, cosa que no suele ocurrir hoy en día debido a la gran variedad de sistemas que se comunican.

La Red de Telefonía Pública Conmutada o PSTN (*Public Switching Telephony Network*), y las PBX, son ejemplos de aplicaciones que usan la técnica de conmutación de circuitos.

1.2.1.1 La Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN)

Es una infraestructura que se diseñó inicialmente con el objetivo principal de transmitir la voz humana entre dos extremos en una forma más o menos reconocible^[3], e independientemente de la distancia que los separe.

La Red Telefónica posee buena inteligibilidad en las conversaciones telefónicas, gracias a que basa su funcionamiento en la conmutación de circuitos, sobre canales de 64 [Kbps].

La PSTN de hoy en día está compuesta por miles de abonados, que potencialmente en determinado instante pueden utilizar sus circuitos para enviar tráfico de voz o datos a cualquier parte del mundo. La red telefónica, presta un servicio garantizado a todos y cada uno de sus abonados, inclusive en las horas de mayor tráfico u horas pico, usando la mínima cantidad de equipamiento y seleccionando la ruta más apropiada para cada llamada^(a).

Una infraestructura digital tanto en los sistemas de conmutación como en los sistemas de control más la transmisión de las señales digitales (uso de PCM^(b)), entre centrales, ha permitido que la red telefónica actual pueda soportar a más del tráfico de voz, tráfico de datos (señales digitales). Con ello se facilita las comunicaciones entre computadoras localizadas geográficamente en sitios diferentes, con la utilización de módems^(c).

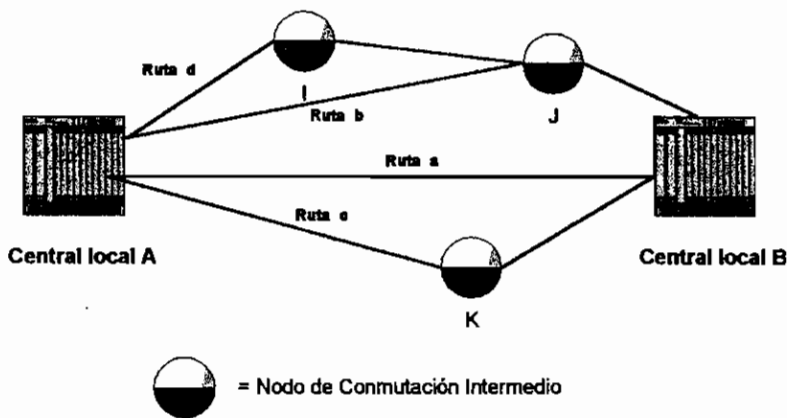


Figura 1.2 Rutas alternativas desde la central local A hasta la central local B

El sistema telefónico convencional se organiza como una jerarquía altamente redundante, de múltiples niveles de oficinas centrales^[3], que dependen de cada país, del número de niveles de centrales, así como, de la topología correspondiente.

^a Se refiere a que las llamadas que no puedan encaminarse directamente a su destino, lo hacen a través de rutas alternativas.

^b PCM: Modulación de Pulsos Codificados. Método de convertir una señal analógica en digital.

^c Módems. Equipo que modula señales digitales convirtiéndolas en señales analógicas y viceversa, haciendo factible la comunicación de PCs a través de la PSTN.

La arquitectura de la PSTN es la siguiente:

- **Abonados:** son las estaciones de la red.
- **Bucle local:** es la conexión del abonado a la red. Esta conexión, como es de corta distancia, se suele hacer con un par trenzado.
- **Centrales:** son aquellos nodos a los que se conectan los abonados (centrales finales) o nodos intermedios entre nodo y nodo (centrales intermedias).
- **Líneas principales:** son las líneas que conectan nodo a nodo. Suelen usar multiplexación por división en frecuencias o por división en el tiempo.

Los diferentes niveles de las centrales se interconectan a través de fibra óptica, radio enlaces de microondas, nexo satelital, entre otros medios de enlace, a la vez que están multiplexados mediante FDM (Multiplexación por División de Frecuencia) en sistemas analógicos o por TDM (Multiplexación por División de Tiempo) en sistemas digitales.

Cuando un usuario desea conectarse con otro usuario que pertenezca a la misma central, ya sea por medio de un teléfono o de una computadora, la conmutación de llamada, será hecha por el control común^(d) entre los 2 circuitos de línea de la central local, siendo el equipo de conmutación el que establece el circuito dedicado más apropiado, entre el lazo local llamante y el lazo receptor, permaneciendo intacto el circuito durante todo el tiempo que dure la comunicación.

Un procedimiento diferente se tendrá si el abonado al que se desea llamar se encuentra asociado a otra oficina local, ya que el circuito que se establece entre los dos abonados, presenta una concatenación de circuitos a través de una

^d *Control Común:* Significa que se utiliza un único conjunto de elementos entre las centrales, para establecer una llamada, y poder así atender toda la carga esperada.

o más centrales intermedias. De igual manera esta conexión se mantendrá durante el tiempo que dure la llamada.

En la figura 1.3 se puede observar un ejemplo del establecimiento del circuito entre dos abonados A y B que pertenecen: a) a una misma central con color rojo y b) diferente central con color azul.

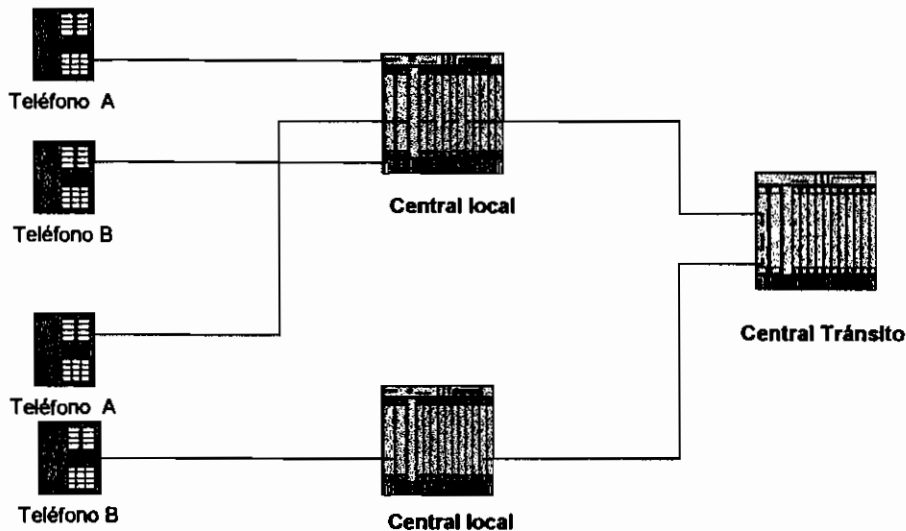


Figura 1.3 Interconexión de abonados

En resumen, la PSTN visualizada como una red de voz y fax, tiene la capacidad de poder conectar a cada abonado con cualquier otro, en un tiempo de establecimiento pequeño, permitiendo una comunicación inteligible y económicamente realizable.

Además la PSTN como una red de conmutación de circuitos tiene las siguientes características:

- Para iniciar la conexión es preciso realizar el establecimiento de llamada.
- Se reservan recursos de la red durante todo el tiempo que dura la conexión, evitando congestiones.

- Se utiliza una capacidad de canal fija (típicamente 64 [Kbps] por canal de voz) que puede ser consumido o no en función del tráfico.
- Los precios generalmente se basan en el tiempo de uso y la distancia hacia donde se dirige la llamada.
- Los proveedores están sujetos a las normas del sector, regulados y controlados por las autoridades pertinentes (CONATEL en el caso de Ecuador).
- El servicio prestado es universal.

1.2.1.2 Centralitas Telefónicas PBX (*Private Branch eXchange*)

Las centrales telefónicas privadas o PBX son sistemas telefónicos centralizados y propietarios que emplean las técnicas de conmutación por circuitos. Típicamente, son utilizadas en una corporación u organización, puesto que, se encargan de establecer conexiones entre terminales^(e) de la misma empresa, o de cursar llamadas al exterior (acceso a la red pública).

El proceso de conexión, entre usuarios internos y/o externos de una centralita telefónica, es similar al que se tiene en la red telefónica pública conmutada, de ahí que, la evolución de estos sistemas sea comparable a la de la red telefónica pública.

La conexión de una PBX a la PSTN es mediante líneas denominadas troncales, en los sistemas más modernos estas conexiones son generalmente enlaces T1 o E1. Las líneas de extensión, en cambio, conectan a los usuarios internos con la PBX, y pueden ser digitales o analógicas^[4].

^e Las terminales de una PBX pueden ser teléfonos, PCs, y Faxes. Para interconexión de PCs y Faxes por medio de la central, necesariamente deben poseer puertos especiales para datos.

Los servicios que presta una central privada dependen de la tecnología y capacidad de manejar datos. Comúnmente, las PBX más modernas se conocen como CBX (*Computerized Branch eXchange*) o simplemente PBX basadas en computadoras; y constan básicamente de un computador, un sistema de almacenamiento masivo de datos, y un sistema de conmutación de líneas.

No todas las PBX tienen las mismas funciones, por mencionar algunas de ellas, se tienen:

- Transferencia de llamadas
- Operadora Automática
- Correo de Voz
- Llamada en espera
- Conferencias, que permiten que llamadas del exterior lleguen a hablar con varias extensiones a la vez
- Desviación de llamadas a petición de los usuarios
- Combinación de circuitos para comunicaciones de voz y datos
- Manejo de correo electrónico
- Entrega de factura por empleado individual o departamento.
- Múltiple clases de servicio con prioridades y restricciones de acceso de acuerdo a códigos de área
- Monitoreo y análisis de tráfico para determinar: la utilización de los circuitos, o probabilidades de bloqueo, y ahorrar costos de la red.

El tamaño de una central telefónica PBX es vital en una organización y debe ser cuidadosamente estudiado, ya que su dimensionamiento dependerá de: la cantidad de líneas troncales, número de extensiones, aplicaciones a prestar, y del costo.

Actualmente, en el mercado se encuentran PBX basadas en el protocolo de Internet IP (IP-PBX)^[5]. En este caso, las funciones de las que se dispone, son similares a las señaladas anteriormente. Algunas de ellas se pueden ver en la sección 1.6.6.

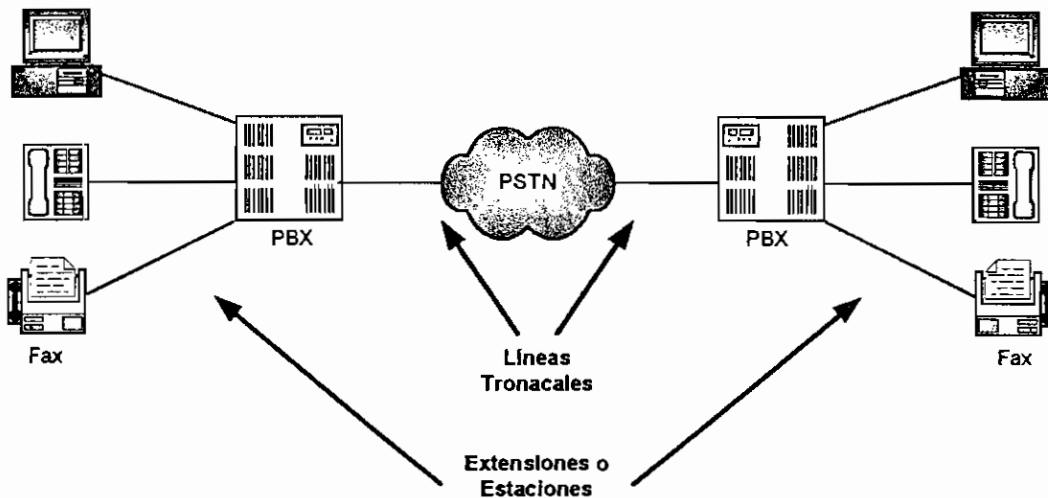


Figura 1.4 Conexión de PBXs a la PSTN

1.2.2 REDES POR CONMUTACIÓN DE PAQUETES

La conmutación de paquetes, al contrario de la conmutación de circuitos, es una tecnología en la que toda la información (usuario y adicional) que se transmite, se divide en segmentos cortos denominados paquetes, los cuales son almacenados en la memoria del enrutador y transferidos a través de la red mediante procesos de almacenamiento y reenvío sobre *circuitos virtuales* (circuitos no físicos)^[6].

Un paquete es una unidad de datos que viaja entre computadoras o *hosts* de una red específica. Un paquete consta de dos secciones:

- Cabecera: contiene la localización de la dirección física y otros datos de red.
- Datos: contiene la información propiamente dicha.

En el caso de transmisiones de grupos de datos grandes, el emisor divide estos grupos en paquetes más pequeños y les adiciona una serie de bits de control, y los envía uno a uno. En cada nodo, el paquete se recibe, luego se almacena durante un cierto tiempo y se transmite hacia el receptor o hacia un nodo intermedio.

La entrega de los datos se asegura mediante el direccionamiento que llevan en su cabecera. Hay dos técnicas básicas para el envío de paquetes: la técnica de datagramas y la técnica de circuitos virtuales.

En la *técnica de datagrama* cada paquete se trata de forma independiente, es decir, el emisor enumera cada paquete, le añade información de control (por ejemplo número de paquete, nombre, dirección de destino, etc.) y lo envía hacia su destino. En cambio, en la *técnica de circuitos virtuales*, antes de enviar los paquetes de datos, el emisor envía un paquete de Petición de Llamada, que se encarga de establecer un camino lógico de nodo en nodo por donde irán uno a uno todos los paquetes de datos. De esta forma se establece un camino virtual para todo el grupo de paquetes. El sistema es similar a la conmutación de circuitos, con la diferencia de que a cada nodo se le permite mantener una multitud de circuitos virtuales a la vez.

Generalmente la técnica de los circuitos virtuales se utiliza en aplicaciones en las que es más importante que los datos lleguen sin errores antes que su rapidez de arribo, por ejemplo en la transferencia de archivos. En cambio, la técnica de los datagramas se emplea en aquellas en las que tiene más importancia la rapidez con la que arriben los datos y no si tienen errores, por ejemplo la voz o vídeo. De ahí que, el desempeño de la técnica de los datagramas dependa mucho de los niveles de congestión de la red.

Las redes de conmutación de paquetes no son optimizadas para un determinado tipo de tráfico, así su flexibilidad permite que terminales inteligentes codifiquen y decodifiquen la voz, para que ésta pueda ser tratada como otra forma

de datos, facilitando su transmisión por la misma red como si fuesen datos, logrando una mejor utilización del ancho de banda de la red.

Existen muchos ejemplos de redes que se basan en la técnica de conmutación de paquetes y que se han difundido muy ampliamente en todo el mundo como son las redes: X.25, Frame Relay, ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), IP entre otras. De ellas, la Red IP debido a su fuerte difusión tanto en redes WAN como en redes LAN y dado que es la red en la que se basa la Internet, está siendo implementada en muchas empresas para el manejo de las comunicaciones de voz y de datos.

1.3 LA RED IP

La red IP es una red informática basada en el *stack* de protocolos TCP/IP y la tecnología asociada a este *stack*⁽⁷⁾. Constituye una ventaja el manejo de TCP/IP en esta clase de redes, puesto que es una tecnología de carácter universal gracias a la expansión de la Internet, que también es una red IP.

La definición de red IP se extiende también a las *Intranets*⁽⁸⁾ y *Extranets*⁽⁹⁾ de una corporación (redes corporativas que trabajan con TCP/IP). Las mismas presentan mejores ventajas que la red Internet en cuanto a servicios^(h) y facilidades *unicast* y *multicast*, en aplicaciones de voz (Voz sobre IP o VoIP) y datos, proporcionando mayor garantía, seguridad, calidad de servicio, y menores retardos por congestión de red, factor tan usual en Internet.

Para que una comunicación de voz pueda ser enviada por una red IP es necesario cambiar la naturaleza analógica de la voz a paquetes de datos IP, para lo cual hay que previamente digitalizar y comprimir la voz. El paquete de voz es un paquete UDP/IP, puesto que reduce los retardos de retransmisión al evitar la tentativa de corrección de paquetes con errores.

⁽⁷⁾ *Intranet* es una red interna operada con tecnología Internet y que pertenece a una organización.

⁽⁸⁾ *Extranet* es una intranet extendida fuera de los límites de la corporación.

^(h) Los servicios brindados por una Red IP se denominan *Servicios IP*.

Una Red IP en el contexto de un operador de telefonía generalmente se la relaciona con una inmensa Red Pública implantada en un extenso territorio y que puede cubrir uno o varios países^[8], con la función de brindar servicios de Voz sobre IP y datos, atendiendo las necesidades de conectividad de usuarios y empresas mediante contratación de servicios. Por ejemplo, un usuario puede utilizar la red IP para conectarse a un proveedor de Internet u otro usuario, o en el caso de una empresa la red IP puede servir para la interconexión entre las distintas filiales que estén repartidas por el territorio que cubre la red.

En otras palabras, estas redes desempeñan el mismo trabajo de las redes telefónicas tradicionales, con la diferencia que en vez de montar centralitas y líneas telefónicas para conectar la voz de las personas, se crean redes de comunicaciones de alta velocidad para la transmisión de datos (datos que, por supuesto, pueden ser la voz de una persona).

Características que dispone una Red IP

- Calidad de Servicio
- Garantías de Seguridad
- Coexistencia con la Internet
- Servicios de Intranet
- Red de Servicios de Valor Agregado
- Múltiples redes de acceso: Red Telefónica Conmutada (RTC), ATM, Frame Relay, Ethernet, Punto a Punto, ADSL, RDSI, SONET, etc.
- Servicios de Cliente
- Gestión Centralizada
- Red jerárquica
- Alta disponibilidad y fiabilidad

- Acuerdos de Interconexión

Facilidades de la Red IP

- Interconexión Punto a Punto y Punto a Multipunto
- Acceso y navegación anónimo
- Acceso y navegación autenticados
- Acceso a proveedor con autenticación externa
- Acceso a otras redes IP
- Directorio LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) de usuarios, de proveedores y empresas.
- Guía de navegación
- Agentes de búsqueda de servicios ofrecidos
- Tarifaciones Planas
- Informes de usos de recursos

1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES IP

Hay tres tipos de redes IP que son: Internet, las Redes IP Públicas, e Intranets, cuya descripción, por motivo de este proyecto, se lo hará desde el punto de vista de su capacidad para soportar el envío de voz.

1.3.1.1 Internet

Es una compleja red global formada por miles de redes LANs (redes de área local) interconectadas a través de *routers* o *gateways* que a su vez comunican a los millones de usuarios de computadoras (estimado 300 millones de computadoras al año 2000)^[17]. Se la conoce también por las siglas WWW (*Word Wide Web*).

Los *routers* y *gateways* proveen conexiones entre las distintas redes. Un *router* puede integrar diferentes tipos de tecnologías de red de datos (Ethernet, ATM, Token Ring, entre otras); mientras que, un *gateway* además de integrar redes de datos puede unificar redes de voz y datos al efectuar funciones de conversión de formato y protocolo (sección 3.8.2.1).

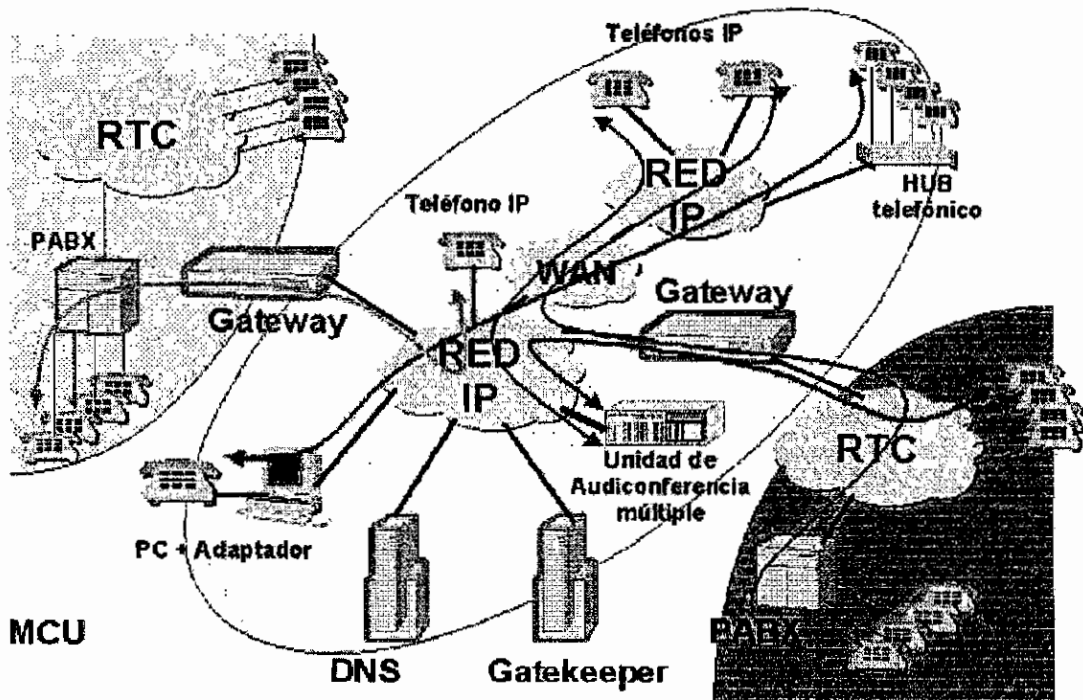


Figura 1.5 Interconexión de una Red IP^[34]

La Internet se la considera como una red jerárquica constituida por los Proveedores de Servicios de Internet ISPs o (*Internet Services Providers*), en la que todos los computadores conectados se identifican de forma exclusiva mediante la dirección IPv4 (número de 4 bytes), que se presenta en un formato como por ejemplo: 196.78.255.121.

Los usuarios acceden a la Internet a través de una conexión con un ISP, el mismo que, además presta otros servicios como *hosting*, dominio de nombres, construcción de sitios *web* entre otros.

Desde este punto de vista la Internet es semejante al sistema telefónico, tanto por su estructura jerárquica como por la forma cómo identifica a sus componentes. Por ejemplo, en el sistema telefónico para establecer una conexión, se marca un código de país, código de área, y luego el número de abonado, en cambio en la Internet la conexión se hará a la dirección IP⁽ⁱ⁾.

En Internet, la mayoría de la información se transmite sobre el Protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) y el IP (*Internet Protocol*), más conocidos como TCP/IP. Estos protocolos soportan el tráfico de datos (paquetes) entre computadoras.

La Internet enruta los paquetes mediante ruteo adaptivo, lo cual quiere decir que el tráfico en la Internet puede tomar diferentes rutas dependiendo de las condiciones o niveles de congestión^(j). El que los diferentes paquetes tomen diferentes rutas, ocasiona que los paquetes lleguen en desorden, lo cual afectará especialmente al tráfico en tiempo real.

La fuerte implantación de la Internet en los últimos años ha despertado el interés por transportar tráfico en tiempo real, como la voz^(k). Dado que la Internet, no fue diseñada para este tipo de tráfico, presenta una serie de problemas técnicos, como la falta de garantía en términos de ancho de banda, retardo, paquetes perdidos, y *jitter* que afectan la calidad de voz. Por lo tanto es necesario la superación o disminución de estos factores, para lograr que las comunicaciones de voz tengan una calidad aceptable y además se comparen con la calidad de las comunicaciones de voz tradicionales.

El ejemplo más conocido de tener voz sobre Internet es cuando se utiliza los programas de la web como el *Net2Phone*, *Dial-pad* entre otros, que permiten la realización de llamadas telefónicas a bajo costo, hacia los Estados Unidos por ejemplo.

ⁱ Identificación mediante direcciones jerárquicas únicas y que corresponden a las direcciones IP de las 4 clases de redes (sección 1.3.3.3).

^j La Internet es una red que trabaja según el criterio de "Mejor Esfuerzo" o "best effort" lo cual significa que entrega el tráfico, pero si existen problemas o el destino no fue encontrado el tráfico se descarta.

^k El envío de Voz sobre la Internet se denomina también Telefonía Internet.

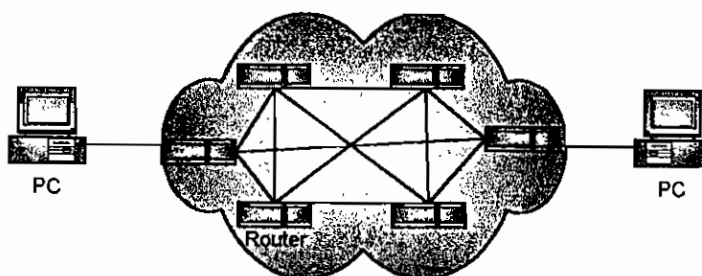


Figura 1.6 Comunicación en Internet

1.3.1.2 Red IP pública

Está constituida por operadores y ofrece a las empresas la interconectividad de redes de área local mediante el *stack* de protocolos TCP/IP. Pueden considerarse similar a la red Internet, pero con una mejor calidad de servicio. Algunos operadores ofrecen garantías de bajo retardo y/o capacidades de ancho de banda, lo que posibilita la transmisión de voz. Como ejemplos de redes IP públicas se tienen a las redes de: ITXC^[9], Telenova^[10], Infovía Plus^[7], entre otras.

La Red IP de cualquier operador telefónico no es Internet, sino una red independiente que tiene conexión a Internet. Esto quizá puede conducir a una confusión, si se piensa en las direcciones IP de los computadores conectados a Internet. Se sabe que las direcciones IP son exclusivas e independientes, y no puede haber dos computadores con la misma dirección IP. Entonces lo que ocurre es que existe un rango de direcciones IP privadas, que no se utilizan por Internet y que se reservan para ser utilizadas por las redes TCP/IP privadas, ya sea la Red IP de un operador telefónico o la propia intranet de una empresa. Por ejemplo, la dirección IP 192.168.1.1 es una dirección privada, lo cual quiere decir que no existe ningún computador de Internet que utilice esa dirección IP, pero pueden existir miles de computadores en redes privadas TCP/IP que si utilicen dicha dirección IP. Esto no causará problemas porque esas redes privadas son independientes entre sí y no provocan un conflicto^[1]. Nuevamente, vale hacer la analogía con los operadores telefónicos y sus centralitas telefónicas, pues pueden

existir muchas empresas que usen por ejemplo, la extensión 304, pero no hay conflicto, ya que las centralitas son independientes entre sí.

Las redes IP públicas que ofrecen los servicios de comunicaciones de Voz, generalmente tienen conexiones con la red telefónica pública de conmutación de circuitos y la Internet, con el objetivo de cubrir todo el globo terrestre.

En el caso de las conexiones con la PSTN se necesita de *gateways*. Los *gateways* reciben la llamada que entra de la red telefónica pública, digitalizan y comprimen las transmisiones de voz transformándolas en paquetes de datos. La llamada de voz, convertida en paquetes se envía por la red IP hasta un *gateway* de destino que la reconvierte a su formato analógico tradicional y la envía a la red telefónica pública para completar la llamada.

Los servicios que prestan estas redes son:

- *Servicios Básicos:* Comunicaciones Teléfono a Teléfono, Fax a Fax, PC a Teléfono, PC a PC.
- *Servicios Corporativos:* Comunicaciones mediante Redes Virtuales Privadas (VPNs) entre distintas locaciones.
- *Servicios al Público:* Comunicaciones PC a Teléfono, llamada en espera, conferencias multimedia mediante PC, llamadas a un centro *web*.

1.3.1.3 Intranet

La intranet es una red propietaria de alguna organización en particular, que utiliza las tecnologías del Internet. Por tanto, puede ser cualquier red que maneje los protocolos TCP/IP implementada en algún campus. Suele constar de varias redes LANs (Ethernet, ATM, etc.) interconectadas mediante redes WAN de tipo Frame Relay, ATM, líneas punto a punto, RDSI, RTC, etc.

Toda Intranet tiene dos características^[11]: la primera es a nivel de usuario (interfaz de usuario flexible con facilidad de acceso) y la segunda, tiene que ver

con el acceso a la información de los sistemas corporativos, que se hace a través de navegación, soportado por el *World Wide Web* (WWW).

Una intranet ejecuta todas las aplicaciones y servicios desarrollados para la Internet (correo electrónico, transferencia de archivos, etc.) dentro de una organización, si la red que interconecta los computadores de la organización, soporta el protocolo IP. No es necesario que todas las PCs de los usuarios tengan configurados todos los protocolos de comunicación de la intranet, pero sí los servidores a los que accedan y donde residan los servicios de la intranet. No obstante, los servicios estarán más fácilmente accesibles para todos los usuarios si también se dispone los protocolos de comunicación en los puestos de trabajo.

El hecho que una intranet sea controlada y administrada por una organización central, permite el control de todos los parámetros de la red, por lo tanto resulta eficiente para el transporte de voz. Fácilmente se puede entregar calidad de servicio QoS (Quality of Service) garantizada, ya que los paquetes pueden entregarse con el mínimo retardo factible para el envío de voz.

En una intranet se puede conseguir velocidades de LAN, por ejemplo 10 [Mbps] o 100 [Mbps] si el servidor está conectado vía LAN al PC cliente. En cambio si la conexión es a través de la Internet, la velocidad dependerá de la rapidez del enlace, por ejemplo con líneas Frame Relay se lo hará a la velocidad que se contrate.

Si la intranet se extiende fuera de los límites de la organización se le denomina Extranet. En este caso el acceso es selectivo y proporcionado a usuarios autorizados, normalmente miembros de la organización, clientes, proveedores, etc. El acceso puede ser restringido por mecanismos de seguridad como identificadores de usuario y *passwords*, técnicas de encriptado, etc., denominados **Firewalls**.

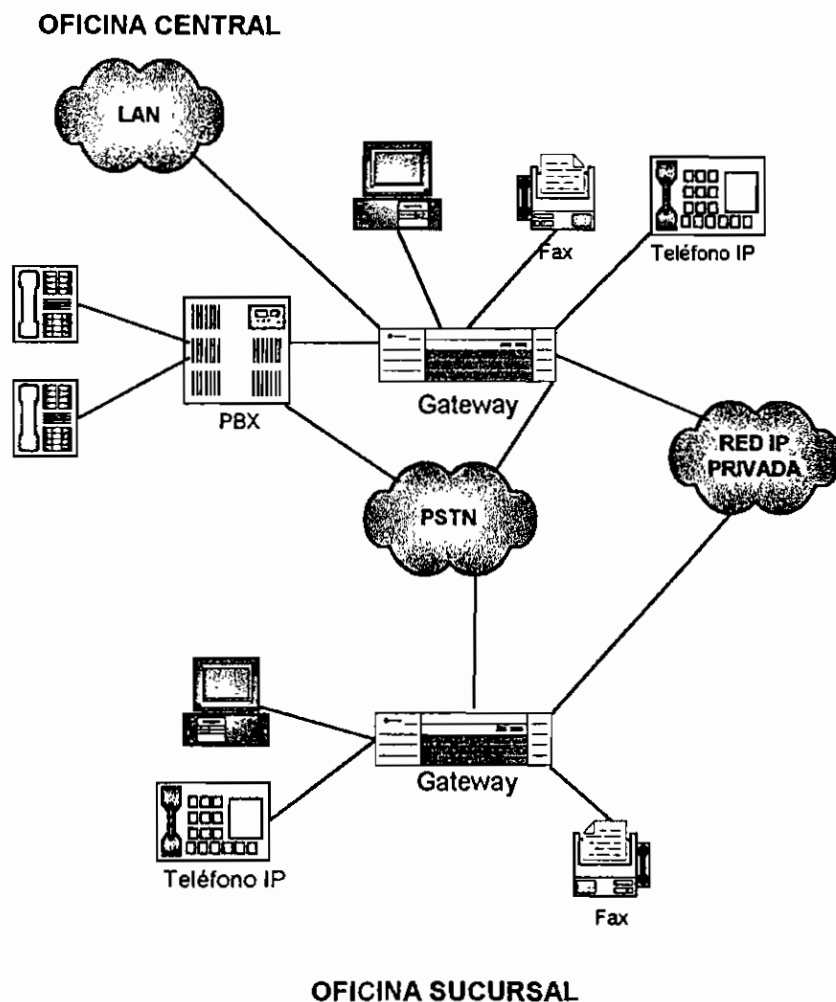


Figura 1.7 Intranet

1.3.2 ARQUITECTURA DE LA RED IP o RED TCP/IP

TCP/IP es un conjunto de protocolos de comunicaciones, que sirven para la interconexión de computadores, a través de la Internet o cualquier red IP. La arquitectura de capas de una red TCP/IP se muestra en la figura 1.8.

Capa Física o Capa Host – Red, define aspectos físicos de las señales (voltajes, etc.), operaciones de reloj y sincronización, conectores físicos, para permitir el acceso de los datos a las redes físicas. En entornos de redes de área local se suele utilizar los protocolos Ethernet o Token Ring, mientras que en

ambientes de red de área extensa son más frecuentes, entre otros Frame Relay, ATM, X.25. Los protocolos PPP y SLIP son empleados para IP sobre líneas seriales.

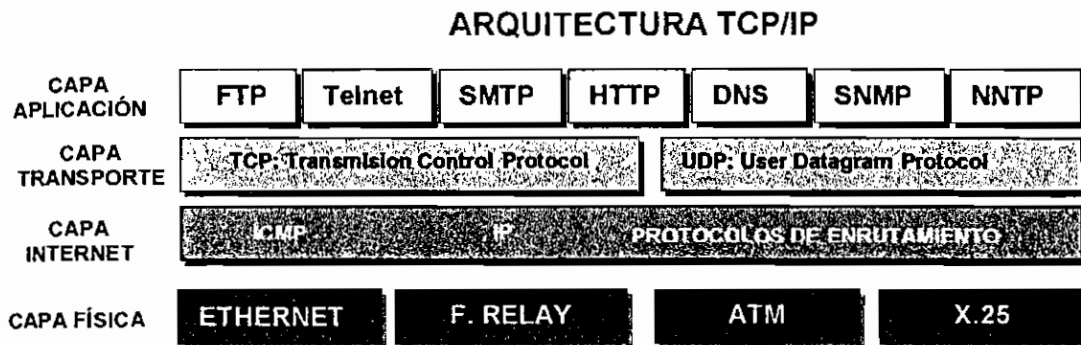


Figura 1.8. Arquitectura TCP/IP

Capa Internet, lleva los paquetes desde el origen al destino, a través de varias redes si es necesario. No garantiza que los paquetes arriben en el orden en que fueron enviados. El servicio ofrecido por esta capa se conoce como servicio de mejor oferta, lo cual quiere decir, que la red atenderá la entrega del tráfico pero si existen problemas, el tráfico se descarta. El principal protocolo de esta capa es IP. Este protocolo especifica las direcciones de Internet de los computadores que se conectan a una red IP. El requisito principal de cualquier dirección IP es que no existan dos direcciones IP iguales asignadas a dos máquinas. La estructura de datos contenida en un paquete IP se llama datagrama.

Capa Transporte, es la encargada de transportar y entregar los datos generados en la capa de aplicación, sin errores, duplicaciones, pérdida de orden, etc. Los principales protocolos de esta capa son: TCP orientado a conexión y UDP no orientado a conexión. Para diferenciar entre datos de diferentes aplicaciones, tanto TCP como UDP utilizan el parámetro puerto. A la combinación puerto-dirección IP se la llama *socket*, de modo que cualquier comunicación TCP/IP será una relación entre dos *sockets*, uno de origen y otro de destino.

Capa Aplicación, contiene los protocolos de aplicaciones de la red. Entre éstos se tienen: Transferencia de archivos (Protocolo FTP), acceso remoto (TELNET), y correo electrónico (Protocolo SMTP) entre otros.

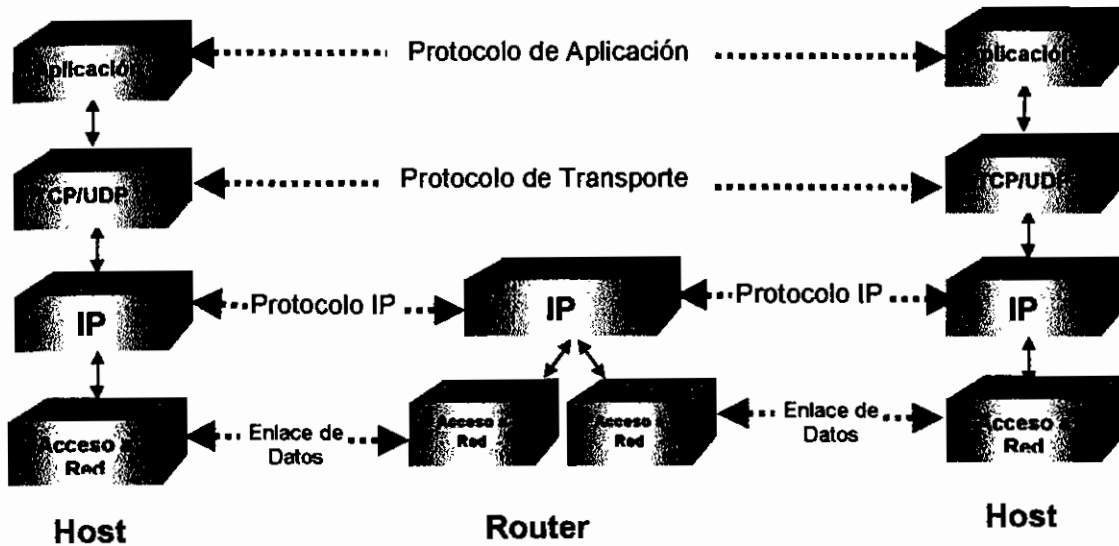


Figura 1.9 Comunicación de capas en una red TCP/IP

1.3.3 PROTOCOLO INTERNET IP (RFC 791)

IP es un protocolo que entrega un servicio no confiable y no orientado a conexión a las capas superiores. Esto significa, que los paquetes IP son transportados independientemente y sin garantía de entrega, desde el *host* de origen hasta el *host* destino. Consecuentemente puede haber pérdida, duplicación o el arribo de los paquetes puede darse fuera de secuencia.

La unidad de datos es el paquete o datagrama IP.

1.3.3.1 Formato del paquete

Un paquete IPv4 (versión 4) consiste de una cabecera, seguida de un campo de datos. La cabecera tiene una parte fija de 20 octetos más una parte opcional de longitud variable. La longitud total del campo de datos más la cabecera debe tener máximo 65.535 octetos^[3].

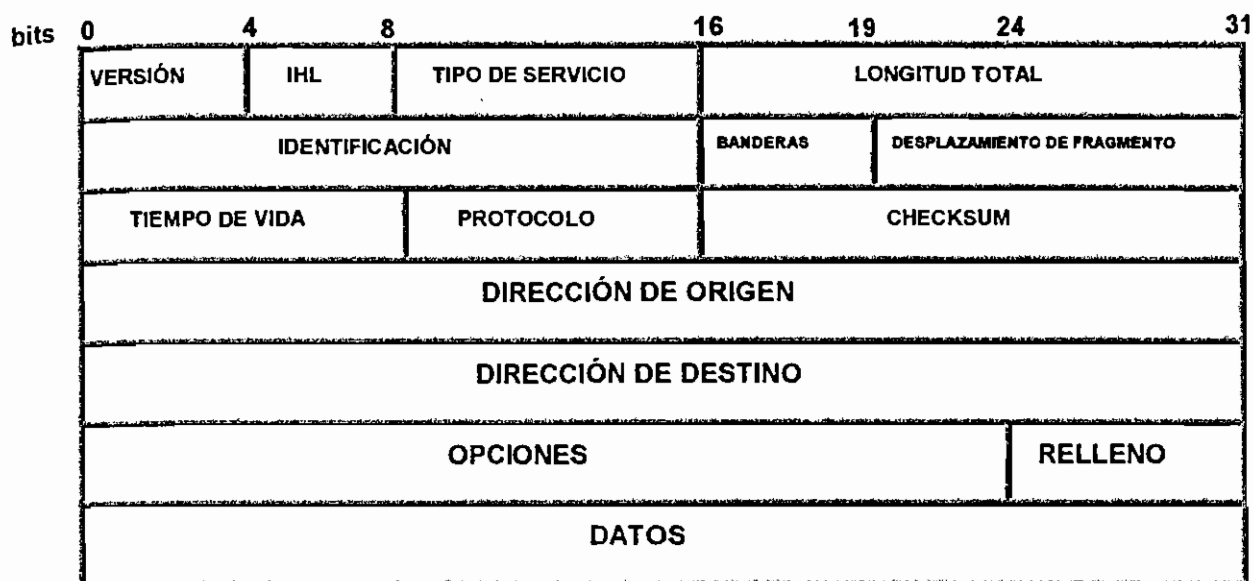


Figura 1.10 Formato del Paquete IPv4

Versión: (4 bits) indica a qué versión del protocolo pertenece cada uno de los datagramas.

IHL (Internet Header Length): (4 bits) indica la longitud de la cabecera en palabras de 32 bits. El valor mínimo es cinco ($20/4=5$). Este campo es necesario por no ser constante el tamaño de la cabecera. El valor máximo puede ser 15 (1111) lo que limita la cabecera a 60 bytes ($15*4$) y en consecuencia el campo de opciones a 40.

Tipo de Servicio: (8 bits) especifica parámetros de envío como confiabilidad y prioridad. Para voz digitalizada, por ejemplo, es más importante la entrega rápida que corregir errores de transmisión. En tanto que, para la transferencia de archivos, resulta más importante tener la transmisión fiable que entrega rápida. De los 8 bits, 3 son para el campo de precedencia que en realidad es una prioridad de 0 (normal) a 7 (para los paquetes de control de red). A continuación aparecen los bits de: retardo (cuando se intenta minimizar el retardo), rendimiento (cuando se intenta maximizar el rendimiento durante la transmisión del datagrama),

confiabilidad (cuando se requiere gran confiabilidad para el datagrama) y dos bits no utilizados.

Longitud Total: (16 bits) especifica el tamaño del datagrama, incluyendo la cabecera y los datos. La máxima longitud es de 65.535 octetos (bytes) ^[3]. Los *gateways* no pueden procesar este tamaño de datagrama, por lo que generalmente trabajan con tamaños de 576 bytes o menos ^[15].

Durante la transmisión de un paquete es posible que éste atraviese diferentes tipos de redes, y como cada red tiene especificado el máximo tamaño de trama que puede manejar, o su Unidad de Transferencia Máxima (MTU), puede darse el caso de que un paquete no pueda atravesar una determinada red, siendo necesario fragmentarlo, enviando cada parte en forma separada.

Identificación: (16 bits) ayuda en la reconstrucción de los datagramas fragmentados; en caso de fragmentación todos los fragmentos de un datagrama contienen el mismo valor en este campo. Cuando se envían datagramas IP, se incrementa este campo por cada datagrama enviado.

Banderas: Ocupa tres bits, El primer bit no se utiliza actualmente. El indicador de más fragmentos (**MF**) cuando vale 1 indica que este datagrama tiene más fragmentos y toma el valor 0 en el último fragmento. El indicador de no fragmentar (**DF**) prohíbe la fragmentación cuando vale 1. Es una orden que se le da a los encaminadores de que no fragmenten el datagrama cuando el destino es incapaz de reensamblarlo.

Desplazamiento de Fragmento: (13 bits) indica el lugar donde fue fragmentado el datagrama, medido en unidades de 8 bytes. Dado que se proporcionan 13 bits, hay un máximo de 8192 fragmentos por datagrama, dando así una longitud máxima de datagrama de 65.536 octetos, uno más que el campo de *Longitud total* ^[3].

Tiempo de Vida (TTL): (8 bits) es un contador que se utiliza para limitar el tiempo de vida de los paquetes, y evita que el datagrama viaje indefinidamente por la red. Cuando se llega a cero, el paquete se descarta. En la práctica el valor es decrementado únicamente en los *routers*.

Protocolo: (8 bits) sirve para indicar a qué protocolo de la capa de transporte le tienen que enviar el datagrama una vez reensamblado, de manera que pueda ser tratado correctamente cuando llegue a su destino.

Suma de Comprobación (checksum): (16 bits) se usa para validar el datagrama, y comprueba únicamente la integridad de los datos contenidos en la cabecera IP. Los protocolos de las capas superiores deberán realizar sus propios chequeos si desean asegurar la integridad de sus datos.

Dirección de Origen: (32 bits) contiene la dirección de la red y *host* que envía el paquete.

Dirección de Destino: (32 bits) contiene la dirección de la red y *host* que recibirá la información.

Opciones: (variable) solicitadas por el emisor, hay cinco opciones^[3] definidas actualmente, pero no todas son reconocidas por todos los dispositivos de encaminamiento. Estas opciones son: seguridad, encaminamiento estricto desde el origen, encaminamiento libre desde el origen, registro de ruta, marca de tiempo, así como otro tipo de información.

Relleno: Asegura que la parte final de la cabecera tenga un múltiplo de 32 bits.

Datos: Debe ser múltiplo de 8 bits.

1.3.3.2 Direccionamiento IP

IPv4 provee una dirección estándar y única a todos los *hosts* conectados a una red que maneje el protocolo IP. Esta dirección consta de 32 bits divididos en 4 octetos que identifican tanto a la red (*Net ID*) como al *host* (*Host ID*)^[12]. En la figura 1.11, se indica como ejemplo la división de los 32 bits de una dirección IPv4 clase B.

1.3.3.3 Clases de direcciones IP

Con IPv4 existen cinco diferentes clases de direcciones: A, B, C, D y E. Únicamente las clases A, B, C están disponibles al uso comercial. Dentro de la dirección IP los bits más significativos indican la clase de red. La tabla 1.1 provee información de las cinco clases de direcciones IP.

Clase de Dir. IP	Formato ¹	Propósito	Bits más significativos	Rango de direcciones de red	No. Bits Red/Host	Max. Hosts ²
A	R.H.H.H	Pocas organizaciones grandes	0	1.0.0.0 a 126.0.0.0	7/24	16,777, 214 ($2^{24} - 2$)
B	R.R.H.H	Organizaciones de tamaño mediano	1, 0	128.1.0.0 a 191.254.0.0	14/16	65, 534 ($2^{16} - 2$)
C	R.R.R.H	Organizaciones pequeñas	1, 1, 0	192.0.1.0 a 223.255.254.0	22/8	254 ($2^8 - 2$)
D	N/A	Grupos <i>Multicast</i> (RFC 1112)	1, 1, 1, 0	224.0.0.0 a 239.255.255.255	N/A	N/A
E	N/A	Experimental	1, 1, 1, 1	240.0.0.0 a 254.255.255.255	N/A	N/A

¹R= Número de Red, H= Número de *Host*

²Una dirección es reservada para *broadcast*, y una para identificación de red.

Tabla 1.1 Clases de direcciones IP

La figura 1.12 es un ejemplo de asignación de direcciones a diferentes computadores y dispositivos de encaminamiento (*routers*) que están conectados en tres redes diferentes: a una Token Ring de clase C, a una Ethernet de clase B y a una red de clase A, en concreto ARPANET. Para la interconexión de las tres redes se están utilizando 2 dispositivos de encaminamiento (*routers*). Además la

máquina A es una máquina *multihomed*¹⁾ pues está conectada directamente a dos redes, a la Token Ring y a la Ethernet.

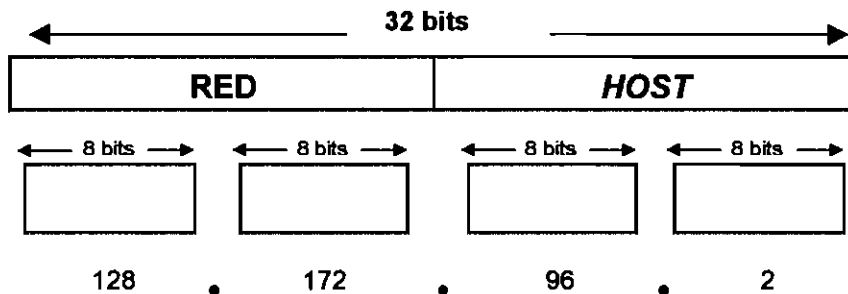


Figura 1.11 Una dirección IPv4 consta de 32 bits, agrupados en 4 octetos

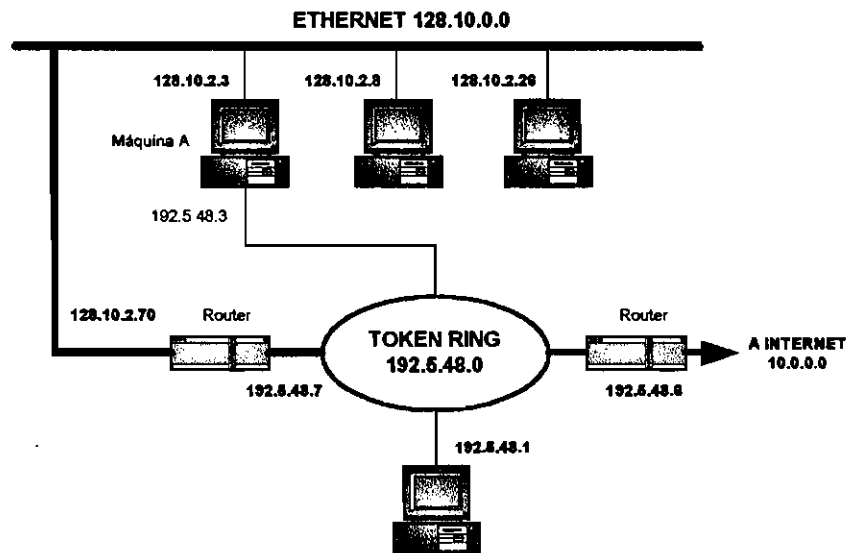


Figura 1.12 Ejemplo de asignación de direcciones IP

1.3.3.4 Encaminamiento IP

Cuando un paquete IP llega a un dispositivo de encaminamiento o *router*, éste debe determinar cuál es la dirección del siguiente dispositivo de encaminamiento, considerando la dirección IP destino almacenada en el campo correspondiente del paquete y de la información que hay almacenada en las

¹ Una máquina puede estar conectada a varias redes y tener una dirección IP diferente en cada red. En este caso recibe el nombre de "multihomed".

tablas de encaminamiento^(m). Si la dirección indica una red distante, se reenvía al dispositivo de encaminamiento indicado en la tabla, y si es para un computador local se envía directamente a la máquina. Cuando la red no está en la tabla, el paquete se envía a un dispositivo de encaminamiento predeterminado con tablas más extensas. De esta manera cada dispositivo de encaminamiento sólo debe llevar el control de otras redes y de los computadores locales.

Los dispositivos de encaminamiento o *routers* que intercambian información dentro de una red son llamados *routers* interiores, y tienen en su sistema configurado varios protocolos, denominados *Protocolos de Gateways Interiores* (IGPs), tales como: el Protocolo de Información de Ruteo RIP o el Protocolo OSPF (*Open Shortest Path First*). En cambio los *routers* que mueven información entre redes independientes, son llamados *routers* exteriores; en este caso los *routers* usan el *Protocolo de Gateway Exterior* para intercambiar información, como el *Protocolo de Gateway de Borde BGP* (*Border Gateway Protocol*).

Algunos de los protocolos de encaminamiento IP son dinámicos. Se llaman dinámicos, por que calculan las rutas dinámicamente en intervalos regulares mediante elementos de *software* de encaminamiento. En contraste con el encaminamiento estático, donde las rutas son establecidas por el administrador de la red y no varían hasta que el administrador las cambie.

1.3.3.5 Subredes IP

Las redes IP pueden ser divididas en redes más pequeñas llamadas subredes. La creación de subredes está bajo el control del administrador, a su vez proveen, mayor flexibilidad, eficiencia, en el uso de direcciones de la red, y capacidad para refrenar al tráfico de *broadcast* (un *broadcast* no atraviesa un *router*).

^m Una tabla de encaminamiento IP, consiste de cierto número de parejas de direcciones IP que facilitan el siguiente destino.

La manera de crear subredes, consiste en subdividir el campo correspondiente a la identificación de la máquina o *host* en dos subcampos, uno para la subred y otro para los *hosts*, y cuyo tamaño dependerá de la máscara de subred empleada^[12].

	RED	RED	SUBRED	HOST
Notación Binaria	11111111	11111111	11111111	00000000
Notación Decimal	255	255	255	0

Figura 1.13 Ejemplo de una máscara de subred de clase B

En el caso de las redes clase C se tiene que, por configuración la máscara de las direcciones de clase C que no poseen subredes es 255.255.255.0, en cambio el valor de la máscara para una dirección clase C que especifique por ejemplo, 4 bits para subredes será 255.255.255.240. Donde 4 bits crean 14 subredes posibles (2^4-2) (una de las direcciones identifica la red y la otra realiza *broadcast*), y cada una contará con 14 *hosts*.

Máscara de Subred	Número de Subredes	Número de Host/Subred
255.255.255.192	2	62
255.255.255.224	6	30
255.255.255.240	14	14
255.255.255.248	30	6
255.255.255.252	62	2

Tabla 1.2 Máscaras de subred de Clase C

1.3.3.6 Protocolos de control de Internet^[3]

Además de IP, que se utiliza para la transferencia de datos, se tiene varios protocolos de control que se emplean en la capa de red, incluidos ICMP, ARP, RARP, BOOTP.

a. ICMP (*Internet Control Message Protocol*) (RFC 792)

Es el protocolo utilizado para emitir mensajes de control y supervisión entre dos computadores. Todo fallo detectado por el protocolo IP provoca el intercambio de mensajes ICMP entre los nodos de la red. Este protocolo forma parte de la capa Internet y usa la facilidad de IP para enviar mensajes.

ICMP es un protocolo de control que utilizan los dispositivos de encaminamiento para notificar las diferentes incidencias que pueden haber en una red IP. Está definido en el RFC 792. Como los mensajes ICMP se transmiten en mensajes IP, no se puede garantizar que lleguen a su destino.



Figura 1.14 Encapsulado de un mensaje ICMP

b. *Protocolos de resolución de direcciones ARP y RARP*

Para que dos máquinas con direcciones IP correspondientes a dos redes LAN se comuniquen, deben conocer además de la dirección IP la dirección física o dirección MAC (*Medium Access Control*), por cuanto la capa de enlace de datos no procesa direcciones IP. Por tanto, es necesario una conversión de dirección IP a dirección MAC. Este proceso, se efectúa de manera automática mediante el protocolo de resolución de direcciones *ARP* (*Address Resolution Protocol*)⁽ⁿ⁾.

ARP resuelve el problema de encontrar la dirección Ethernet correspondiente a una dirección IP de destino mediante *broadcast ARP*^[3], en el cual envía un paquete de difusión "preguntando por el dueño de tal dirección IP", de modo que, únicamente el "dueño" de esa dirección IP responderá indicando su dirección MAC de Ethernet.

ⁿ Al recibir una dirección MAC, el (los) dispositivo(s) ingresan el resultado en caché, por si necesita establecer contacto con la misma máquina inmediatamente, evitándose un *broadcast ARP*.

En el caso inverso, es decir, cuando se conoce la dirección MAC y se averigua por la dirección IP, se emplea el protocolo de resolución de direcciones en reversa *RARP (Reverse Address Resolution Protocol)*, el cual, difunde la dirección de Ethernet, para llegar al servidor de RARP y obtener de éste la correspondiente dirección IP.

La desventaja de RARP es que los mensajes de difusión no son reenviados por los enrutadores, necesitándose un servidor RARP en cada red.^[3]

1.3.4 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

Los protocolos de la capa transporte de la arquitectura TCP/IP son: el Protocolo de Control de Transmisión TCP (orientado a conexión), y el Protocolo de Datagrama de Usuario UDP (no orientado a conexión). Los bytes que se transmiten en TCP reciben el nombre de segmento TCP y los que se transmiten en UDP el de datagrama UDP.

En el establecimiento de una comunicación entre dos *hosts* es necesario conocer tanto el puerto^(o) que identifica la aplicación destino como la dirección IP que identifica el terminal o el servidor dentro del conjunto de redes. Para que el *host* origen pueda saber el puerto destino que identifica la aplicación deseada, se utilizan los llamados puertos conocidos que consisten en un número de puerto reservado para identificar una aplicación determinada. La tabla 1.3 muestra los valores de los puertos conocidos que utilizan el protocolo UDP:

Puerto	Aplicaciones
7	Eco
53	DNS (<i>Domain Name Server</i>)
69	TFTP (<i>Trivial File Transfer Protocol</i>)

Tabla 1.3 Puertos de aplicaciones

^o El puerto es un número de 16 bits (65.535 puertos por host) que se coloca en cada paquete y sirve para identificar la aplicación que requiere la comunicación. La utilidad de los puertos es que permite multiplexar aplicaciones sobre protocolos del nivel de transporte.

En el caso del modelo cliente/ servidor, el servidor responderá a las peticiones de cualquier cliente. Como el cliente envía en el datagrama UDP y en el segmento TCP, tanto el puerto origen como el puerto destino, el servidor conocerá el puerto origen una vez que ha recibido una petición.

1.3.4.1 Protocolo TCP

Es un protocolo orientado a conexión y es responsable de la transferencia confiable del tráfico entre dos computadoras. Consecuentemente, usa secuencias numéricas y reconocimientos para hacer que todo el tráfico, sea correctamente entregado en el punto de destino. Como la cabecera debe implementar todos los mecanismos del protocolo, su tamaño es bastante grande, como mínimo 20 bytes.

TCP al permitir únicamente comunicaciones entre dos computadoras, hace que todos los servicios soportados sean *unicast*.

El protocolo TCP se caracteriza por:

- *Transferencia de Datos*: TCP entrega un flujo estructurado de bytes identificado mediante secuencias numéricas. Este servicio beneficia aplicaciones porque ellas no tienen que cortar los datos en bloques antes de manejarse por TCP. En lugar de ello TCP agrupa los bytes en segmentos y los entrega a IP.
- *Integridad de Datos*: TCP garantiza la integridad de los datos gracias a que es orientado a conexión. TCP puede tratar con paquetes perdidos, duplicados, y descartados. Un mecanismo temporizador permite que los elementos detecten la pérdida de paquetes y pidan retransmisión.
- *Control de Flujo*: Al establecerse una conexión se tiene que seleccionar el tamaño de la ventana. El receptor puede seleccionar una ventana en base al

tamaño del *buffer*. Si el transmisor se ajusta a su tamaño de ventana, no ocurrirán problemas de desbordamientos de *buffers* internos.

- *Operación Full Duplex*: TCP puede procesar los mensajes de ambos sentidos al mismo tiempo.
- *Multiplexación*: significa que varias conversaciones de capas superiores pueden multiplexarse sobre una sola conexión TCP.

El formato del segmento TCP es el siguiente:

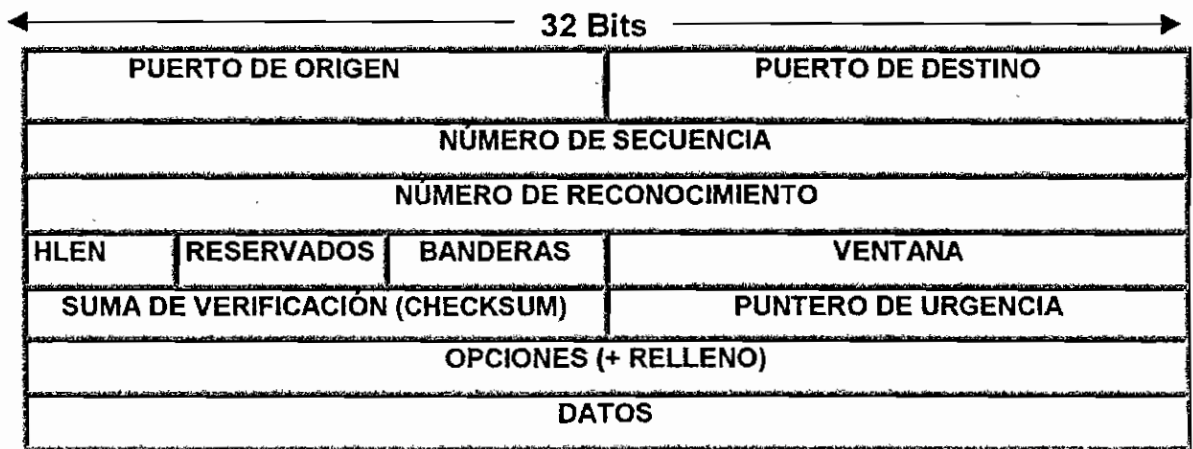


Figura 1.15 Formato del segmento TCP

Puerto de Origen: (16 bits) es el punto de acceso de la aplicación en el origen.

Puerto de Destino: (16 bits) es el punto de acceso de la aplicación en el destino.

Secuencia Numérica: (32 bits) identifica los números de secuencia requeridos por el sistema destino para ordenar la posición de cada segmento y asegurar que todos sean recibidos.

Número de Confirmación: (32 bits) indica que el segmento se ha recibido y contiene el número de secuencia del siguiente byte de datos que el transmisor espera recibir del receptor.

HLEN: (4 bits) indica la cantidad de palabras de 32 bits que hay en la cabecera. De esta manera TCP puede saber donde se acaba la cabecera y por lo tanto donde empiezan los datos. Normalmente el tamaño de la cabecera es de 20 bytes por lo que en este campo se almacenará el número 5. Si TCP utiliza todos los campos de opciones la cabecera puede tener una longitud máxima de 60 bytes almacenándose en este campo el valor 15.

Reservado: (6 bits) para un futuro uso.

Banderas: (6 bits) Este campo tiene varios bits independientes que realizan funciones específicas cuando están en 1, y son: URG, ACK, PSH, RST; SYN, FIN.^[3]

URG: Hay datos urgentes y en el campo "puntero urgente" se indica el número de datos urgentes que hay en el segmento.

ACK: Indica que tiene significado el número que hay almacenado en el campo "número de confirmación".

PuSH: indica al receptor que debe pasar a la aplicación todos los datos que tenga en la memoria intermedia sin esperar a que sean completados. De esta manera se consigue que los datos no esperen en la memoria receptora hasta completar un segmento de dimensión máxima.

ReSeT: Sirve para hacer un *reset* de la conexión.

SYN: Sirve para sincronizar los números de secuencia.

FINish: Sirve para indicar que el emisor no tiene más datos para enviar.

Ventana: (16 bits) especifica el tamaño en bytes de la ventana de transmisión del protocolo de control de flujo utilizando el mecanismo de ventana deslizante.

Suma de Comprobación (checksum): (16 bits) este campo se utiliza para detectar errores mediante el complemento a uno de la suma en módulo $2^{16} - 1$ de todas las palabras de 16 bits que hay en el segmento más una pseudocabecera.

La introducción de la pseudocabecera en el campo de la suma de comprobación del segmento TCP ayuda a detectar paquetes mal entregados. Esta pseudocabecera no es transmitida, y como se indica en la figura 1.16 contiene la dirección IP del origen y destino, el número del protocolo (6), la longitud del segmento TCP (incluida la cabecera) y un bloque de ceros de relleno para completar la longitud total a un múltiplo de 16 bits.

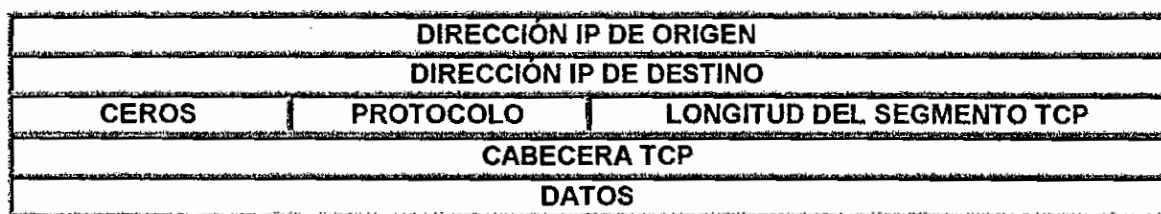


Figura 1.16 Pseudocabecera TCP

Puntero de Urgencia: (16 bits): Cuando el indicador URG está activo, este campo indica cual es el último byte de datos que es urgente. De esta manera el receptor puede saber cuántos datos urgentes llegan.

Opciones: (variable): Si está presente permite añadir una única opción de entre las siguientes:

- **Timestamp:** para marcar en qué momento se transmitió el segmento y de esta manera monitorizar los retardos que experimentan los segmentos desde el origen hasta el destino.

- Aumentar el tamaño de la ventana.
- Indicar el tamaño máximo del segmento que el origen puede enviar.

Datos: Contiene la información de las capas superiores.

➤ *Protocolos que utilizan TCP*

Entre los más importantes se tienen:

- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) (RFC 821 y RFC 822): Este es el protocolo utilizado para la transmisión de correo electrónico sobre una conexión TCP.
- Telnet (*Remote login*) (RFC 764 y RFC 854): Este protocolo permite a los usuarios conectarse a computadores remotos y utilizarlos desde el sistema local, mediante la emulación de terminal sobre una conexión TCP.
- FTP (*File Transfer Protocol*) (RFC 959): Permite la transferencia de ficheros de texto o binarios desde un computador a otro sobre una conexión TCP.
- HTTP (*Hyper Text Transport Protocol*) (RFC 1945): Este es un sencillo protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes *web* y los servidores HTTP.

1.3.4.2 Protocolo UDP

El protocolo UDP es clasificado como un protocolo no orientado a conexión y por lo tanto no proporciona ningún tipo de control de errores ni de flujo, aunque si utiliza mecanismos de detección de errores. Cuando se detecta un error en un datagrama en lugar de entregarlo a la aplicación se lo descarta. Utilizado por aplicaciones que requieren pocos retardos o para ser empleado en sistemas sencillos que no pueden implementar el protocolo TCP.

Dado que UDP no es orientado a conexión y no requiere de acuses de recibo, su utilización es adecuada para transmisiones en modo *multicast* (a muchos destinos) o en modo de *broadcast* (a todos los destinos).

Las características del protocolo UDP son:

- No garantiza fiabilidad. No se puede asegurar que cada datagrama UDP transmitido llegue a su destino. Es un protocolo del tipo *best-effort* o "mejor esfuerzo" porque hace lo que puede para transmitir los datagramas hacia la aplicación pero no puede garantizar que la aplicación los reciba.
- No preserva la secuencia de la información que proporciona la aplicación. La información se puede recibir desordenada (como ocurría en IP) y la aplicación debe estar preparada por si se pierden datagramas, llegan con retardo o llegan desordenados.
- Este protocolo principalmente sirve como un multiplexador /demultiplexador del tráfico enviado y recibido por IP.

El mensaje UDP se compone de una cabecera UDP seguida de un cuerpo donde se encapsulan los datos de la aplicación y todo este conjunto se encapsula en el paquete IP.

La cabecera de UDP contiene los puertos de origen y destino, los cuales identifican las aplicaciones de envío y recepción. Seguidamente contiene el número de bytes de los datos, que deben ser enviados, finalmente la cabecera contiene un espacio opcional para un chequeo de cabecera.

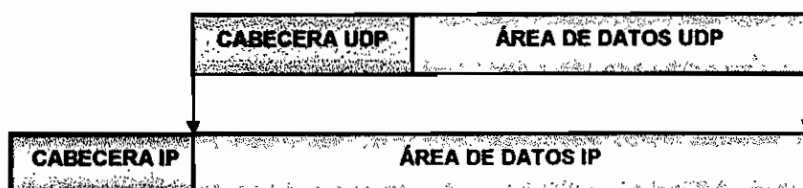


Figura 1.17 Encapsulado UDP

El formato de un mensaje UDP es el siguiente:

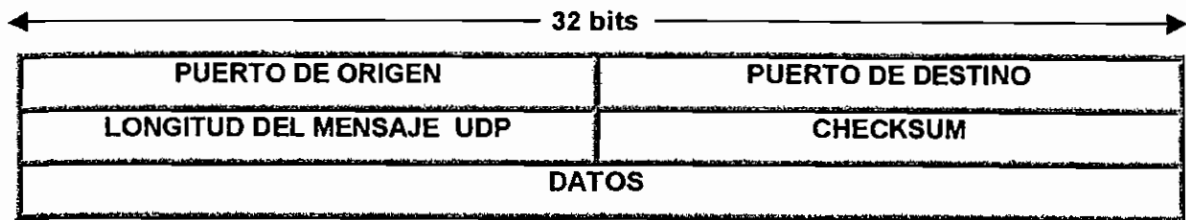


Figura 1.18 Formato del datagrama UDP

Puerto de Origen: (16 bits) identifica el puerto de la aplicación en el origen.

Puerto de Destino: (16 bits) identifica el puerto de aplicación del *host* de destino.

Longitud del Mensaje: (16 bits) indica en bytes la longitud del datagrama de usuario, incluye la cabecera UDP. La longitud del datagrama UDP es la longitud del datagrama IP menos el tamaño de la cabecera IP. Como la longitud máxima del datagrama IP es de 65.535 bytes y la cabecera estándar de IP es de 20 bytes, la longitud máxima de un datagrama UDP es de 65.515 bytes.

Suma de Verificación (checksum): (16 bits) a diferencia del campo equivalente de la cabecera IP que solo verifica la cabecera, éste protege tanto la cabecera como los datos.

Al igual que TCP este protocolo para calcular la suma de verificación, añade una pseudocabecera, en la que se incluyen las direcciones IP de origen y destino, con lo cual se asegura que el mensaje sea entregado al destinatario. En el receptor, si la suma de comprobación es correcta, el datagrama se acepta, de lo contrario se descarta.

DIRECCIÓN IP DE ORIGEN		
DIRECCIÓN IP DE DESTINO		
CEROS	PROTOCOLO	LONGITUD DEL SEGMENTO UDP

Figura 1.19 Pseudocabecera UDP

➤ *Protocolos que utilizan UDP*

- NFS (*Network File System*) (RFC 1094): Utiliza el protocolo UDP y está basado en el *Remote Procedure Call* de SUN.
- SNMP (*Simple Network Management Protocol*) (RFC 1448): SNMP es un protocolo cliente/servidor que normalmente es usado para configurar y monitorizar remotamente los equipos de la red Internet. Este protocolo se basa en el protocolo UDP.
- DNS (*Domain Name Server*) (RFC 1035): El servicio de nombres de dominio (DNS) se utiliza para relacionar los nombres de dominio de los nodos con sus direcciones IP. Cuando en un comando se ingresa un nombre de máquina, el sistema siempre convierte ese nombre en una dirección IP antes de establecer la conexión. Desde la máquina que necesita saber la dirección IP, se envía un paquete UDP a un servidor DNS, que busca el nombre y devuelve la dirección IP. Con la dirección IP, el programa puede entonces establecer una conexión TCP con el destino, o enviarle paquetes UDP.

1.4 VOZ SOBRE REDES IP o VoIP

La voz sobre el protocolo de Internet representa un cambio radical en las telecomunicaciones, puesto que, utiliza la tecnología de conmutación de paquetes (*tecnología en la que se basa la Internet*), en la cual las transmisiones de voz o de datos son digitalizadas y recortadas en paquetes. Estos paquetes son enviados a través de la Internet o cualquier otra red basada en IP a su destino, individualmente a lo largo del recorrido más eficiente disponible en ese momento

entre los dos teléfonos^(p); esto elimina en primera instancia los costos típicos asociados al tráfico de larga distancia de la telefonía tradicional de conmutación de circuitos, pudiendo reducir el costo de una llamada de larga distancia a una tercera o cuarta parte^[15].

Entregar información de voz en paquetes de datos tiene algunas ventajas con relación al sistema de telefonía clásico. Cuando se realiza una llamada telefónica normal, se establece un camino entre el origen y el destino de la llamada. Entonces se tiene una cantidad fija de ancho de banda durante toda la llamada; la mayor ventaja de esta situación es que se dispone de alguna garantía acerca de la calidad de servicio, dado que se tiene un ancho de banda específico disponible. Pero en este sentido, una cantidad de ancho de banda es desperdiciado, porque durante una conversación hay intervalos de silencios de cada persona que interviene en la misma.

Usando VoIP estos intervalos de silencio, pueden ser detectados. La aplicación de VoIP puede examinar cada paquete y detectar si el paquete contiene información de la llamada o solamente silencio; en el último caso el paquete puede ser descartado.

Otra ventaja es la posibilidad de compresión. Con los métodos de compresión disponibles hoy en día, es posible reducir el requerimiento de los 64 Kbps que emplea una comunicación telefónica no comprimida. Sin embargo una gran tasa de compresión frecuentemente significa pérdida de calidad en la señal de voz. Así la voz paquetizada tiene ciertas desventajas respecto al clásico sistema telefónico.

Es preciso definir algunos de los términos que de una u otra forma intervienen en el desarrollo de la convergencia de redes y que se los encontrará a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación; además de que evitará tener tergiversaciones con documentos relacionados al tema:

^p El paquete de voz es un paquete UDP/IP que reduce los retardos al evitar la tentativa de corregir un paquete con errores por retransmisión.

- *Voz sobre IP VoIP* “.- Término utilizado para describir la tecnología que permite hacer llamadas telefónicas para ser transportadas a través de redes basadas en IP tal como LANs, Intranets o la Internet.” ^[13]
- *Telefonía Internet o Voz sobre Internet*.- “Una aplicación que permite transportar llamadas sobre el Internet o el *World Wide Web* (WWW), con una pobre calidad en la voz, dado que la calidad de la conexión del Internet es impredecible y extremadamente variable”. ^[13] La telefonía Internet es una aplicación de comunicaciones de voz de larga distancia usando el Internet público.
- *Telefonía IP*.- “Una práctica aplicación de la tecnología VoIP, que se dispone como una completa infraestructura telefónica proveyendo características y capacidades equivalentes a las de la PSTN o a las de centrales privadas PBX, sobre una infraestructura IP, como por ejemplo una intranet”. ^[13]

1.5 DESARROLLO DE VoIP

El fenómeno de voz sobre IP empieza en febrero de 1995, cuando la empresa *VocalTec Communications*, muestra a través de su producto *Internet Phone*⁽⁹⁾ la posibilidad de establecimiento de “llamadas telefónicas gratuitas” de PC a PC, utilizando la Internet.

Luego, en septiembre de 1996, esta misma empresa, introduce el primer *gateway*⁽¹⁰⁾, *VocalTec Telephony Gateway*TM, con el cual se hace posible realizar llamadas desde un teléfono ordinario a otro sobre redes IP ^[14]. A partir, de 1997 productos similares de diferentes marcas, como Lucent Technologies, Cisco, Alcatel se introdujeron en el mercado; además aparecen dispositivos como teléfonos IP, PBX basadas en IP, *hubs* telefónicos, etc., que llevan hoy en día a considerar al transporte de Voz sobre el Protocolo IP o VoIP como la tecnología que permitirá la integración de los servicios de voz y datos, y por ende, a

⁹ *Internet Phone*: Paquete de software que instalado en la PC y utilizando el Internet permite llamadas telefónicas.

¹⁰ *Gateway*: Es un elemento de red que permite enlazar la red de VoIP con la red telefónica convencional o la red de servicios integrados.

considerar a la Telefonía IP como la próxima generación telefónica, que reemplazará a la telefonía tradicional de conmutación de circuitos.

El enviar la voz por la misma red como si fuesen datos, posibilita nuevas aplicaciones, las mismas, que usan las mejores características de las comunicaciones de voz y del procesamiento de datos. Estas aplicaciones son las comunicaciones de voz y fax de PC a PC, de PC a teléfono, y de teléfono a teléfono en Internet o cualquier otra red basada en IP.

Aunque el uso de voz sobre redes de paquetes es relativamente limitado en el presente, algunas firmas investigadoras de renombre internacional como, *Probe Research, Frost & Sullivan, IDC (International Data Corporation)* pronostican un enorme crecimiento en cuanto a comunicaciones mediante IP .

Por ejemplo, "*Frost & Sullivan* indica que el tráfico de telefonía sobre IP alcanzó los 6.3 millones de minutos por mes en diciembre de 1997 y pronostica un crecimiento promedio del 151% en el período de 1997 al 2002^[17]. Los analistas de la industria en una manera conservadora estiman que, hacia el 2001, la cantidad de minutos de telefonía sobre Internet podría llegar a 12.500 millones.

Para el año 2010, se calcula que un 25% de las llamadas telefónicas en todo el mundo, será efectuado sobre redes basadas en IP (Protocolo de Internet) y tal crecimiento será impulsado primariamente por el tráfico internacional, que según IDC, representará el 75% del mercado. A criterio en cambio de ITXC para este mismo año se tiene que todas las comunicaciones interactivas serán transportadas sobre el Internet público.

1.6 ¿POR QUÉ VOZ SOBRE IP?

¿Por qué IP, si IP fue diseñado para el transporte de datos y tiene una limitada calidad de servicio?.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Crecimiento (%)
Red IP	1.0	3.0	9.0	27.0	81.0	243.0	300
PSTN	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	10
IP/PSTN	<u>1.0</u>	<u>2.7</u>	<u>7.4</u>	<u>20.3</u>	<u>55.3</u>	<u>150.9</u>	

Tabla 1.4 Crecimiento del tráfico de Datos vs el Tráfico de Voz ^[14]

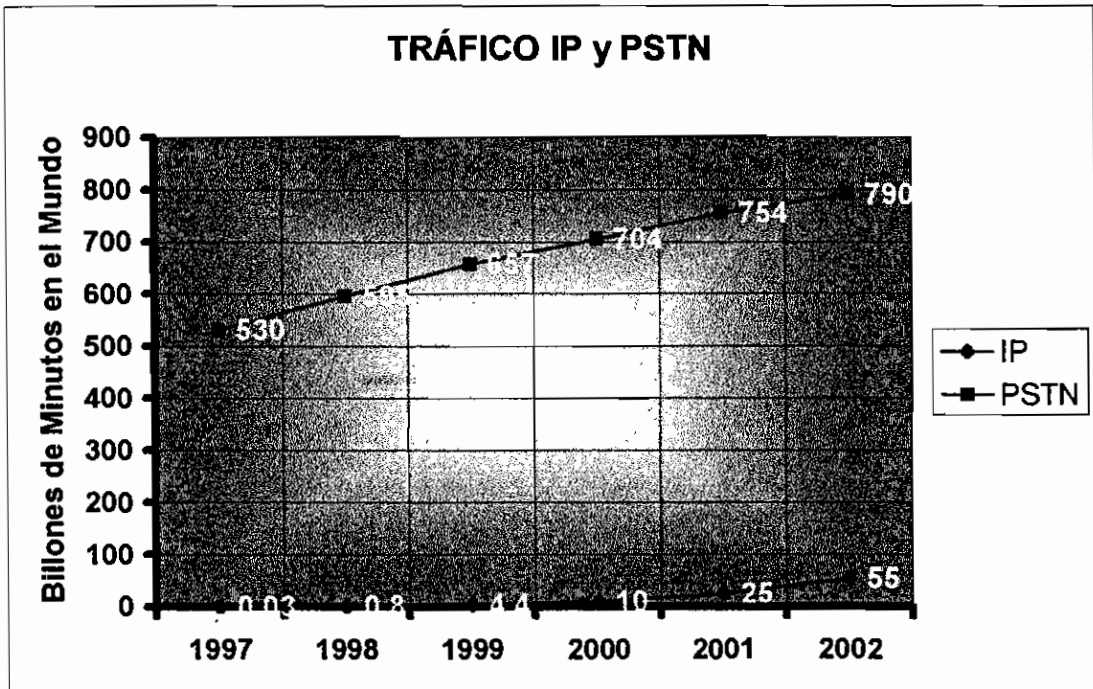


Figura 1.20 Estimación del consumo de minutos en IP y en la PSTN según la consultora Probe Research.

Existen varias razones que motivan el interés por llevar voz sobre IP, y van más allá de la concepción que tienen algunas personas y empresas de la voz sobre IP, que es el bajo costo de llamadas telefónicas. ^[15]

Entre las principales se tienen:

1. Nuevo mercado
2. Reducción de costos

- Por Integración de Voz y Datos
- Tarifación

3. Consolidación de Ancho de Banda
4. Presencia Universal del Protocolo IP
5. Maduración de la Tecnología
6. Aplicaciones y Servicios

1.6.1 NUEVO MERCADO

El mercado de la Telefonía IP es atractivo para las más grandes empresas tanto fabricantes de equipos como aquellas que brindan servicios de telefonía convencional como es el caso de *AT&T* y *Qwest Communications*.

Por un lado, los grandes fabricantes de equipos de comunicación, como Cisco, Alcatel, Siemens, Nortel, Lucent Technologies, entre otros, influenciados por el desarrollo del protocolo IP, se ven obligados a desarrollar equipos asociados a este protocolo y que permitan manejar servicios de telefonía IP; constituyéndose para ellos una nueva posibilidad de competir dentro del mercado de las comunicaciones. Por otro lado, el establecimiento y rápido de crecimiento de ITSPs (*Internet Telephony Service Providers*) o proveedores de servicio de telefonía IP en todo el mundo, que han instaurado redes IP especiales justamente para brindar servicios de telefonía IP, compiten ya, por el tráfico internacional, tanto entre ellos como con las empresas de telefonía convencional. Entre algunas empresas ITSPs representativas se tienen Access Power y MCI en Estados Unidos, Telenova en Europa, y a ITXC (*Internet Telephony eXchange Carrier*) que opera la más extensa red IP (ITXC.net), establecida sobre 194 ciudades en 75 países hasta diciembre del 2000.

1.6.2 REDUCCIÓN DE COSTOS

Una buena razón que tienen muchas empresas para implementar Voz sobre IP, es el ahorro de costos en las llamadas internacionales. Pero este no

constituye todo el ahorro que se puede obtener, puesto que la reducción de costos también incluye: ahorros de operación, ahorro económico por ubicación de puntos telefónicos, ahorros en ancho de banda, y en general todos aquellos gastos que tienen que ver con el mantenimiento de dos redes diferentes, que siempre tienden al crecimiento. El ahorro de costos puede relacionarse con los siguientes puntos:

1.6.2.1 Por Integración de Voz y Datos: Los costos asociados con construcciones y operaciones de múltiples redes para datos, voz y vídeo son más altos que los costos asociados a una sola red unificada, por lo que, las empresas pueden consolidar su red telefónica existente con su red de datos, logrando tener un ahorro en costos de servicio. Más aún, si se diera el caso de que se tuviera una red de vídeo, puede ser también consolidada dentro de la misma red.

El ahorro de costos también puede verse en la reducción del costo de transporte, ya que muchas empresas gastan millones en traslados de oficinas y cambios en sus teléfonos. Los teléfonos IP eliminan ese problema porque llevan sus números con ellos a su nueva conexión LAN, sin generar costos de alambrado y programación de PBX. Pero lo más atractivo para la empresa es la idea de integrar las redes de voz y datos en una sola.

1.6.2.2 Por Tarifación: El costo por minuto de una llamada para voz consiste del costo de capital de los equipos usados para entregar el servicio (conmutadores, cables, etc.) y el costo de operación de la red. No obstante, el costo que se daría a un minuto de voz, usando tecnología VoIP, viene a ser significativamente bajo.

En la Internet normalmente se impone un precio "simple" por mes, el cual no es relativo ni a la distancia ni al tiempo de conexión. Las PSTNs existentes, en comparación imponen precios basados, en torno a los 64 [Kbps] de capacidad de canal, aún si la mayor parte de este ancho de banda es innecesario, al destino de la llamada (distancia), al lapso de tiempo, y algunas veces según la hora del día o semana. Por lo tanto, el costo de las llamadas desviadas al *backbone* de la

Internet, reducirá el pago de los costos de las llamadas internacionales, a un costo, de prácticamente la contratación del servicio de la Internet^[13].

El impacto del bajo costo de las llamadas mediante tecnología IP, se refleja en la rebaja de las tarifas de llamadas internacionales por parte de empresas telefónicas tradicionales. Fenómeno que en el Ecuador ya se está percibiendo.

1.6.3 CONSOLIDACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La integración de voz y datos permitirá de forma más eficiente la ocupación de los canales de la red de datos. Las comunicaciones de voz generan una gran cantidad de silencios; usando el esquema estadístico TDM (STDM) se posibilita un uso más eficiente del ancho de banda. STDM simplemente usa el ancho de banda cuando lo necesita, y por tanto, el ancho de banda queda disponible para otra conversación que necesite en ese instante.

En Telefonía TDM, cerca del 50% de una conversación es silencios. Las redes de voz que son estructuras TDM usan el ancho de banda para transportar estos silencios. Las redes de datos no lo hacen. Además, el 20% de la conversación consiste en repetitivas muestras que pueden ser eliminadas a través de algoritmos de compresión^[15]. TDM convencional no explota esta situación.

Más aún usando algoritmos modernos de compresión de voz, se puede enviar voz con una buena calidad en una fracción de la capacidad de canal requerida por la conmutación de circuitos convencional (64 [Kbps]), alrededor de 4.8 a 8 [Kbps]. Esta baja capacidad unida con la habilidad para remover silencios de una conversación, puede reducir el ancho de banda que se necesita para la implementación de VoIP con calidad comparable. Tal reducción puede ser de hasta menos de una décima parte de lo que se usa para los circuitos digitales conmutados, generalmente, la tasa de consumo es de 8:1 a favor de la red basada en paquetes. Para la consolidación de ancho de banda son necesarios otros protocolos de comunicación, los mismos que se detallarán más adelante.

1.6.4 PRESENCIA UNIVERSAL DE IP

La presencia universal de IP y protocolos asociados, es importante por el hecho de que IP reside en las PCs de usuarios finales dando a IP una gran ventaja sobre otras tecnologías como ATM y Frame Relay (que operan con interfaces de usuario UNI). Además IP opera en redes WAN y redes LAN, mientras tecnologías como Frame Relay operan solo en WAN.

Según Vincet Cerf ejecutivo de MCI^[17] afirma que " A finales del año 2000 existieron 300 millones de usuarios de Internet y 200 millones de computadoras de red, y hacia el 2005 la red tendrá el mismo tamaño que el sistema telefónico de hoy. En el 2007, el 90% del tráfico será datos."

1.6.5 MADURACIÓN TECNOLÓGICA

El amplio desarrollo de los procesadores de señal digitales (DSPs), hace también posible la Telefonía IP. Los procesadores de señal se los encuentra en *codecs* (codificadores y decodificadores de voz, *Voice coders* y *decoders*), en módems de alta velocidad, *gateways*, *swiches*, *routers* y en muchos otros elementos como las PCs. Además un desarrollo tecnológico paralelo al de los DSPs permite tener:

- Incremento en la capacidad de enlaces de comunicación
- Incremento en la capacidad de computadores

Una comunicación convencional de 64 [Kbps] utiliza máquinas que funcionan a 2 MIPS (*millones de instrucciones por segundo*). Actualmente el desarrollo de los DSPs que se emplean en algunos de los dispositivos de VoIP manejan alrededor de 200 MIPS y en un futuro cercano bordearán los 400 MIPS^[15].

1.6.6 APLICACIONES Y SERVICIOS

Los servicios entregados por sistemas telefónicos tradicionales generalmente son restringidos; por nombrar un ejemplo, el servicio de mensajería está destinado a solo correo de voz, y no permiten un acceso a fax o *e-mail*.

Para VoIP aunque la telefonía básica y el facsímil son las aplicaciones iniciales, a largo plazo se espera beneficios derivados de aplicaciones multimedia y multiservicio. Los usuarios tendrán aplicaciones sofisticadas (nuevas formas de valor agregado o diferenciado) en tiempo real, basadas en voz, movimiento de imagen y despliegue de datos al mismo tiempo y mediante un solo medio.

Las nuevas aplicaciones aprovechan la flexibilidad del protocolo IP estandarizado, además de la flexibilidad de PCs y teléfonos IP, para hacer posible la ejecución de estas aplicaciones utilizando la Internet o cualquier otra red basada en IP, como intranets privadas.

En particular una PC tiene una interfaz muy flexible, y la información se puede presentar de maneras más complejas. Si a esto se le suma la eminente migración hacia sistemas de acceso de banda ancha por parte de las empresas, negocios, universidades, y hogares, las aplicaciones que se realicen en las PCs y que requieran un gran ancho de banda tendrán un mejor manejo y calidad de la voz.

Por lo tanto, en un futuro servicios de comunicación de PC a PC serán más prominentes en comparación con los modos tradicionales de comunicación. La comunicación de PC a PC incluye: capacidades multimedia, una interfaz de usuario flexible, el concepto de puntos finales de red inteligentes, acceso IP de banda ancha, y la aparición de potenciales PCs de bajo precio.

La telefonía IP alcanza lo que no puede entregar la PSTN o sistemas de telefonía convencional que es un control sobre las comunicaciones según necesidades y preferencias de un usuario; de ahí que, la telefonía IP tomará las aplicaciones de voz, pero no las substituirá, únicamente las ampliará

presentándolas como nuevas aplicaciones y servicios, según los requerimientos de usuarios individuales, o de una empresa.

Entre los servicios mejorados:

- Segunda Línea Virtual
- Llamada en espera
- *Call Centers* para la Red WWW
- Teleconferencias
- Mensajería Unificada
- Control personalizado de llamadas
- Aplicaciones de Fax
- Redes Privadas Virtuales de Voz

A continuación se detallan algunos de estos servicios:

1.6.6.1 Segunda línea virtual

Para locales o sitios con solamente una línea telefónica, las personas podrán utilizar una PC para hacer una llamada, de tal modo que con la red IP se tendrá como una línea de datos y una línea telefónica. Por ejemplo, en una empresa, el usuario puede emplear la PC en lugar de la adición de una tarjeta nueva en la extensión del PBX y la instalación de nuevas líneas telefónicas hasta cuando sea realmente necesario. Una consecuencia de esto es la llamada en espera en la telefonía IP^[16].

1.6.6.2 Llamada en espera de Internet

Uno de los principales problemas de las compañías telefónicas locales alrededor del mundo es la recepción de la señal de ocupado especialmente cuando el abonado final está navegando en la red.

Un ejemplo práctico de esta aplicación se da cuando una persona consigue una señal de ocupado porque el cliente está en la Internet, esto resulta no solo una llamada perdida sino que pierde un cliente por no completar la llamada además de réditos para la compañía. Con esta aplicación el usuario de la PC que está en la Internet, puede recibir la notificación en el computador que alguien está intentando hacerle una llamada telefónica; pudiendo tomarla a través del computador o enviarla al correo de voz.

1.6.6.3 Llamadas tripartitas en forma de teleconferencias

La comunicación entre múltiples puntos o comunicaciones tripartitas es una necesidad relativamente grande establecida especialmente en el ambiente corporativo; esta aplicación es un significativo productor de réditos para las compañías telefónicas convencionales, aunque esta aplicación se vea limitada a únicamente voz mediante el uso del teléfono tradicional.

La telefonía IP revoluciona este tipo de aplicación, puesto que ofrece ventajas en costo, con llamadas multimedia que van más allá de voz, un interfaz de usuario flexible, y reducidos costos en el sistema. Las aplicaciones incluyen: teleconferencias privadas para reuniones de trabajo en empresas, comunicaciones públicas o "comunidades virtuales" entre grupos de personas afines por un interés común. Hoy se ve el inicio de estas comunidades virtuales en los denominados "chats", donde los usuarios comparten información principalmente de texto.

Así la telefonía IP mediante las teleconferencias, permite a los usuarios tener una conferencia tripartita con equipos tales como una cámara de escritorio, una PC multimedia, e interfaces amigables de usuario como Windows, evitando a las empresas los requerimientos de costosos equipos y salas especializadas. Los usuarios podrán compartir documentos a través de pizarras electrónicas, compartir alguna aplicación instalada en una computadora en particular y transferir archivos entre los miembros de la conferencia en tiempo real.

1.6.6.4 *Call Centers* en páginas *Web*

La concepción de una página *web* va más allá de un sitio para mirar información estática; actualmente es un lugar en el que se manejan transacciones financieras, o en otras palabras, es el medio por donde se realiza, comercio electrónico. Como ejemplos: *shopping* en línea, transferencia electrónica de fondos, renta de autos, entre otros. Compañías como Amazon.com son ejemplos de empresas de comercio electrónico.

Hoy por hoy muchas compañías están experimentando un gran incremento de visitantes a su respectiva página *web*, de ahí que, habilitar a las *web* con centros de llamadas no solamente permitiría que un agente hable con un cliente, sino que envíe folletos, muestre mercancía, e incluso se observe al agente, vía videoconferencia. Estas comunicaciones IP con la *web* podrían iniciarse haciendo "*click*" en un icono de la misma.

Analistas del comercio electrónico indican que permitir que el usuario hable con un operador en vivo mientras navega, logra un aumento en las ventas y alivia miedos de seguridad, puesto que se permite que el cliente provea información de las tarjetas de crédito mediante voz en vez de datos^[14].

1.6.6.5 Servicio global 1-800

Como el *web* es un medio global y estándar, las comunicaciones con la *web* pueden ser utilizadas para proporcionar servicios 1-800 mundiales. Por ejemplo, un centro europeo de llamada puede instalar un *gateway* en su oficina, conectarla a su sitio *web*, y permitir a cualquier persona alrededor del mundo llamarlos gratis mediante el "*click*" de un botón en su página *web*^[14].

1.6.6.6 Mensajería unificada

La mensajería está definida como sistema de comunicación en tiempo no real realizada a través de diversos medios tales como correo de voz, fax, e-mail, etc. Con la proliferación de estos dispositivos de comunicación, aumenta el número de mensajes que cada persona diariamente debe recibir, dar prioridad,

categorizar y contestar. Una aplicación permitiría que el usuario obtuviera todos los mensajes a partir de un dispositivo unificado (en la PC por ejemplo) o enviara mensajes a partir de un dispositivo a muchos dispositivos (difusión unificada)^[14].

Por el mismo hecho de que el envío de mensajes no se realiza en tiempo real, no es significativo los tiempos de retardo, por lo que la mensajería mediante IP puede garantizar una muy buena calidad.

1.6.6.7 Control personalizado de llamadas

Esta aplicación permite que el usuario instale un perfil personalizado de comunicación que ordene que la comunicación siga al usuario en vez de a los dispositivos. Un usuario puede filtrar los mensajes basándose en la persona llamante y no solo en el dispositivo. Por ejemplo, un usuario puede configurar que si una llamada viene del jefe, la llamada se toma enseguida, pero si es una llamada de ventas después de las 5 p.m., la llamada se encamine al correo de voz.

1.6.6.8 Aplicaciones de FAX

Al igual que se hace con la voz, cabe la posibilidad de realizar transmisiones de FAX sobre redes de Telefonía IP, consiguiendo de esta manera reducir de forma significativa los costes de una empresa en transmisión de fax. En este caso no es necesario para el usuario que recibe el fax que disponga de equipos especiales ya que los faxes se seguirán recibiendo a través de una máquina de fax convencional. Una aplicación típica en este tema es el envío masivo de fax, ya que el usuario sólo enviará una copia del fax que desea enviar, así como la lista de números telefónicos de destino y el sistema se encargará de realizar todos los envíos, enrutando los faxes al punto desde donde la llamada al destino es más económica.

1.6.6.9 Redes privadas virtuales de voz

Esta aplicación consiste en la interconexión de centralitas telefónicas a través de la red IP corporativa, de manera que se puede realizar una llamada desde una extensión de la oficina A a otra extensión de la oficina B a través de la red de datos de la empresa, produciéndose esta llamada de forma gratuita ya que se aprovecha la infraestructura de datos ya existente. Un ejemplo claro de este servicio son los bancos y su red de oficinas.

1.7 EL FORUM VoIP

El Forum VoIP⁽⁶⁾ ha publicado "El Acuerdo de Implementación e Interoperabilidad de Servicio (VoIP IA)"^[27], que intenta proporcionar un protocolo completo para la interoperabilidad de la telefonía Internet. Además, incluye las especificaciones tanto para el *software* del cliente de la telefonía Internet como para los *gateways* utilizados para la red de telefonía pública.

El estándar básico recomendado por el Forum VoIP, es el estándar H.323 de la ITU. H.323 es un estándar para comunicaciones multimedia sobre redes de paquetes, menciona otros estándares incluyendo definiciones para el transporte de voz, datos y vídeo, así como también estándares para compresión y descompresión de audio y vídeo. Los elementos dominantes del VoIP IA son:

1. H.323 se utiliza para el establecimiento de la llamada y negociación de la capacidad.
2. La señalización de llamada entre elementos se efectúa usando la recomendación Q.931 (parte de H.323). Cada elemento provee la conversión necesaria H.323/Q.931.

⁶ *FORO VoIP: Constituido por personas de diferentes compañías de telecomunicaciones que trabajan en la IMTC (International Multimedia Teleconferencing Consortium)*

3. Requisitos específicos de telefonía tales como la transferencia y reproducción de datos DTMF (*Dual Tone Multifrequency*), para proporcionar un alto nivel de conectividad con la infraestructura telefónica tradicional.
4. Los servicios de directorio no se cubren en la recomendación básica H.323. El VoIP IA define mecanismos dinámicos de resolución de direcciones IP vía RAS H.323.

El VoIP IA usa los protocolos y servicios de la IETF (*Internet Engineering Task Force*) y la ITU-T. La interconexión entre las conexiones VoIP y la PSTN es proporcionada a través del uso de *gateways* H.323

1.8 ESCENARIO DE UNA LLAMADA IP

Las llamadas realizadas mediante tecnología VoIP, transportan voz, fax o datos sobre redes IP. Se conectan hacia su destino (un dispositivo IP) vía una dirección IP única y un plan de numeración local. Los usuarios no necesitan memorizar la dirección IP, solamente el número telefónico de destino, ya que las conversiones numéricas respectivas se dan en los *gateways*. Las llamadas originadas en teléfonos normales, por ejemplo, pueden ser transmitidas usando una red de datos IP, ingresando las señales analógicas o digitales propias de los sistemas de telefonía convencional, en conmutadores habilitados con VoIP (*gateways*). Los conmutadores, transforman los números telefónicos en direcciones IP, convierten la información a formato de paquetes, para que pueda efectuarse la llamada sobre la red IP, como la Internet.

Una vez que se establece una red que soporte VoIP el escenario de una llamada sería como el que se muestra a continuación.

PASO 1: el usuario, una vez escuchado el tono de marcación, debe marcar el número telefónico de destino.

PASO 2: el *gateway* local (o *switch* de VoIP), reúne los dígitos marcados y transforma estos dígitos según un plan de numeración previamente configurado en direcciones IP. Una vez que los *gateways*, determinan que la llamada de VoIP puede realizarse a través de la red IP, los dígitos son enviados desde el *gateway* local hacia el *gateway* remoto y a su vez éste los entrega al teléfono, o a una PBX. Además la llamada puede procesarse como local o de larga distancia dependiendo de cómo esté configurado el *gateway* remoto.

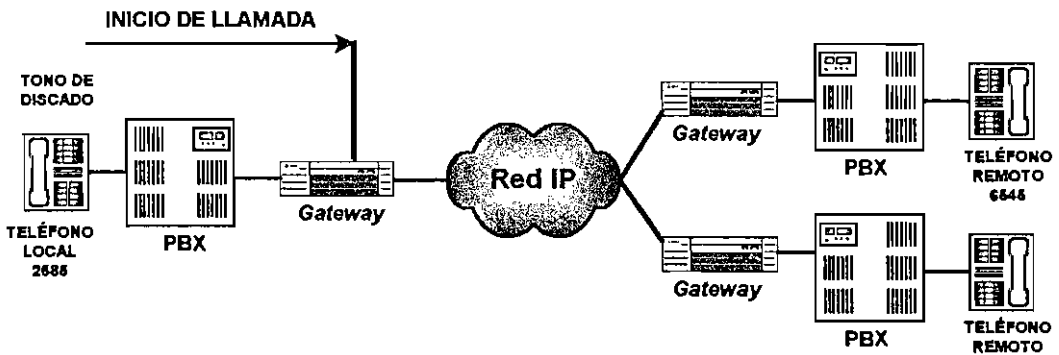


Figura 1.21 PASO 1: Inicio de la llamada

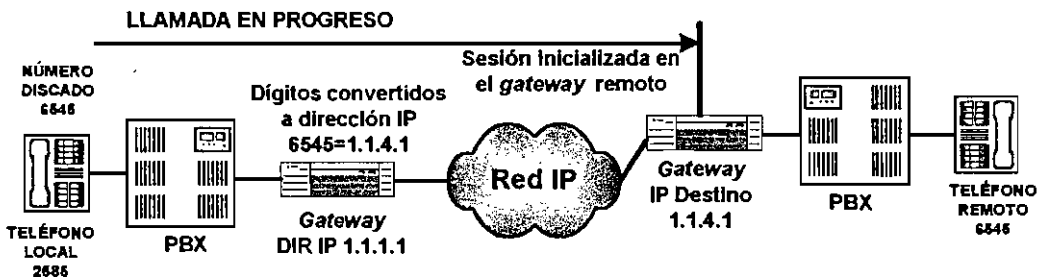


Figura 1.22 PASO 2: Llamada en progreso

PASO 3: una señal de timbrado o de ocupado se transmitirá hacia el abonado que efectúa la llamada, siempre y cuando exista una conexión IP. Si la llamada es contestada, el *gateway* envía voz o fax. Si la red IP no está disponible, entonces la llamada no puede efectuarse y en este caso quien realiza la llamada recibe un tono de ocupado.

PASO 4 : los usuarios entran en comunicación, y cuando cualquier usuario cuelga, la sesión IP se da por terminada.

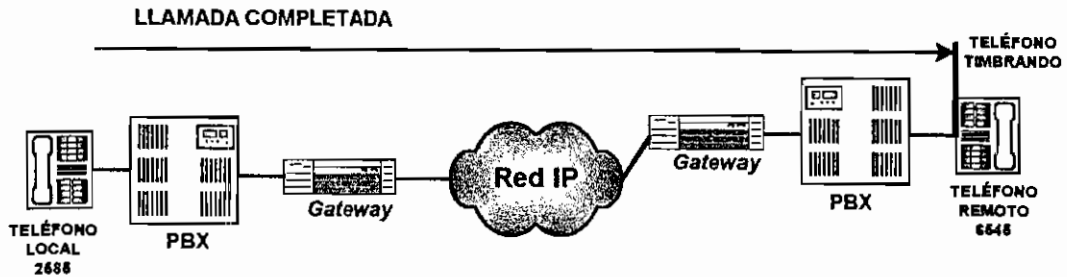


Figura 1.23 PASO 3: Llamada completada



Figura 1.24 PASO 4: Comunicación establecida

1.9 CONFIGURACIONES BÁSICAS DE VoIP

En la actualidad existen tres configuraciones para tener voz sobre una red IP y más específicamente sobre la Internet. Estas configuraciones se muestran a continuación:

1.9.1 PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE TELÉFONOS)

En esta modalidad para la transmisión de voz, se emplean redes telefónicas convencionales como la PSTN con teléfonos convencionales y la red Internet.

En esta configuración, el *gateway* es el dispositivo de interfaz entre la red Internet y la red telefónica convencional. Puede ser de relación **N : 1** (aceptar **N** conexiones telefónicas y multiplexarlas sobre un enlace de Internet o intranet). Al *gateway* se lo puede establecer en el Proveedor de Servicios Internet ISP, en el Proveedor de Servicios de Telefonía IP (ITSP) o en la propia compañía telefónica.

En el lado del transmisor, el *gateway* usa un codec de bajo *bit-rate*, *hardware* y *software* especiales para codificar, comprimir y encapsular el tráfico de voz dentro de los paquetes de datos (datagramas IP).

El *gateway* acepta tráfico de voz convencional (usualmente codificado por la oficina central en señales de 64 [Kbps] T1 o E1) y el codec lo transforma en señales sumamente comprimidas entre 6-8 [Kbps]. En el lado de recepción, el proceso es revertido dentro del *gateway*, convirtiendo voz de bajo *bit-rate* a señales de telefonía convencional, luego convertidas a analógicas y enviadas al usuario telefónico.

La limitación de esta configuración está en la eficiencia de la Internet en el transporte del tráfico hacia el *gateway* receptor.

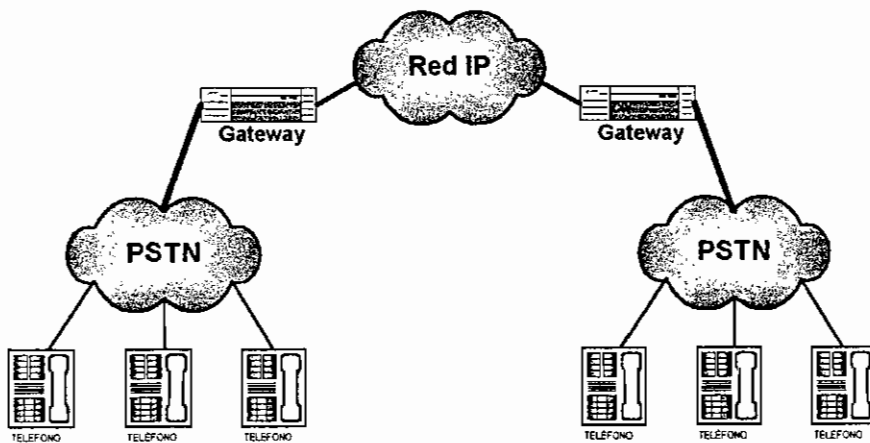


Figura 1.25 PSTN sobre Internet

1.9.2 PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE PCs)

En esta modalidad se da el uso de computadoras personales o PCs, que con características multimedia, y programas adecuados como el *Net2Phone*, pueden entablar una conversación en tiempo real, con otra similar, ubicada en cualquier parte del planeta.

Ahora, se prescinde el empleo del *gateway*, puesto que, las operaciones de codificación, compresión y encapsulación serán realizadas dentro de los PCs, y la ubicación del destino estará a cargo de un router.

En este esquema, la comunicación entre computadoras necesita del uso de micrófonos de PCs para aceptar las señales de voz, y por lo tanto, el ruido de fondo es tomado como parte de la voz. Por supuesto que, el ruido puede ser tratado por el codificador de voz pero muchos PCs no están diseñados para este nivel de sofisticación.

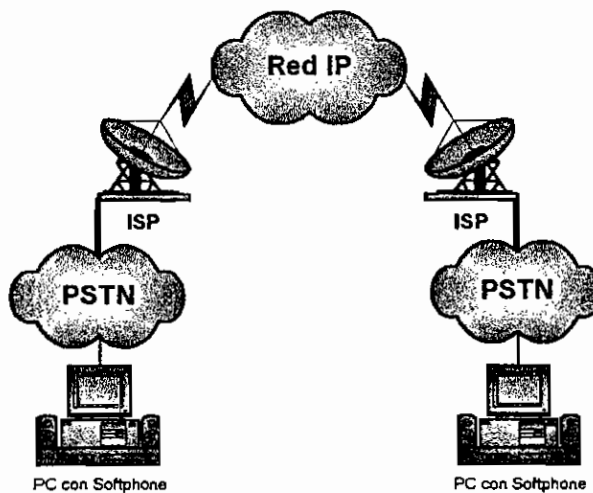


Figura 1.26 Telefonía entre PCs con micrófono

1.9.3 PSTN SOBRE INTERNET (PC A TELÉFONO)

La tercera configuración es una variación a la anterior, y consiste en una comunicación Teléfono a PC o PC a Teléfono (el empleo de un teléfono elimina el

ruido de fondo de la configuración anterior), normalmente se utiliza un teléfono conectado a la PC, como muestra la figura 1.27.

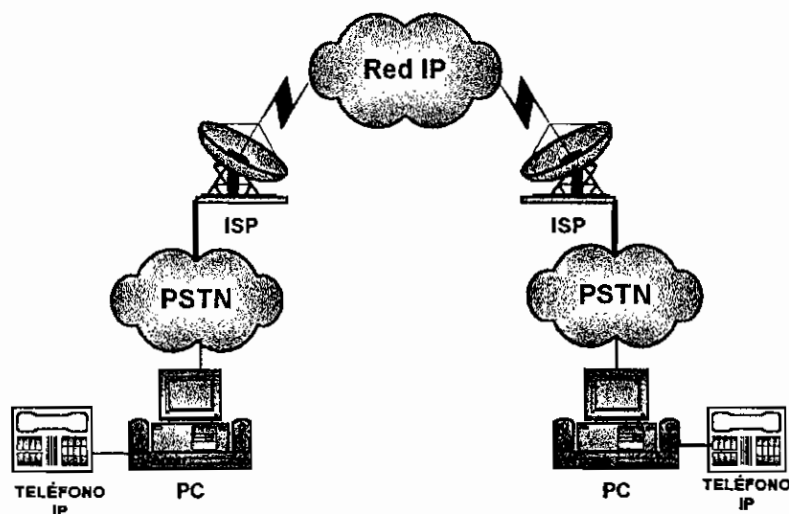


Figura 1.27 Eliminación de ruido de fondo con el teléfono

1.10 ANÁLISIS DE LAS CONFIGURACIONES

Las configuraciones mostradas anteriormente representan a sistemas de bajas funciones, ya que, estas configuraciones no incluyen el equipo para soportar, llamadas en espera, identificador de llamadas, entre otros servicios de voz, que son brindados actualmente por las compañías telefónicas tradicionales, o por los sistemas PBXs en el caso de una organización privada.

Adicionalmente estas configuraciones únicamente describen el uso del Internet público y/o compañías telefónicas públicas para convertir señales de voz entre dos usuarios.

Cabe señalar que la red pública de Internet, no es configurada para soportar tráfico en tiempo real, y por tanto, el ancho de banda requerido para un envío adecuado de tráfico de voz (voz paquetizada) es limitado (dependiendo de

la congestión en la red), reflejando una pobre calidad de voz si se compara con la calidad otorgada por la telefonía tradicional.

Por tal razón, la mejor alternativa desde el punto de vista de calidad de voz, son las *REDES PRIVADAS DE VoIP*, ya que en este caso, el ancho de banda que se requiere para el manejo de voz dependerá de cómo se administre la intranet y no del enlace de Internet.

Además, en redes privadas al incorporar las características de la plataforma IP con las de PBX, se obtienen dos ventajas significativas:

- Se optimiza el aprovechamiento de los recursos de red, al emplear la misma red de datos para el envío de voz.
- La red de datos se adaptará rápidamente a cambios de tecnologías proporcionando flexibilidad tanto a usuarios como al administrador, y por tanto, se eliminan las infraestructuras propietarias.

En la figura 1.7 (sección 1.3.1.3) puede verse el esquema de una red IP privada con todos los elementos básicos que se requieren inicialmente para dar servicios de voz paquetizada. Sin embargo, su descripción y diseño se revisarán en el capítulo III.

En la tabla 1.5, se indican a manera de resumen los métodos que pueden emplearse en cualquiera de las configuraciones anteriores para realizar Telefonía IP. Adicionalmente se indica dos métodos que están en desarrollo.

Tecnología	Qué es?	Pros	Contras	Disponible
PC Web Phone	Software que permite a cualquier PC con tarjeta de sonido transmitir voz sobre Internet.	Llama a cualquier PC, equipada de manera similar, en todo el mundo, por lo que cuesta conectarse a Internet	Mala calidad de voz, requiere que prepare anticipadamente las llamadas	Desde 1995
Compuerta VoIP o Gateway	Un dispositivo de hardware entre un PBX y una red IP que transmite tráfico de voz	Reduce las cuentas telefónicas locales y de larga distancia.	Calidad de voz variable, costo inicial alto.	Ahora
Portador de voz de IP público.	Una compañía telefónica alternativa que usa compuertas VoIP.	Inmune a los impuestos de las compañías telefónicas, ofrece un servicio telefónico barato.	Disponible sólo en mercados especializados, calidad de voz regular.	Ahora
Visualizador con capacidad para voz	Una tecnología web que ofrece acceso de voz mediante un visualizador	Proporciona servicio personalizado con el cliente para sitios web y comercio electrónico.	Ninguno	En los próximos años estimación de tiempo no determinada
Reemplazo de red pública conmutada	Una red extensa de paquetes IP que reemplaza la conmutación de circuitos	Soporte mucho más barato que con la conmutación de circuitos.	Calidad de voz variable	En los próximos 10 a 15 años

Tabla 1.5 Métodos actuales y futuros para Telefonía IP^[34]

2.1 LA VOZ

La voz humana es una señal continua tanto en el tiempo como en amplitud, es decir, se presenta como una señal analógica. Desde el punto de vista acústico, la señal de voz consiste en una onda sonora, condensaciones y rarefacciones del aire, que se propagan en la misma dirección de la vibración. El origen de esta onda está en una corriente de aire, procedente de los pulmones, y modulada por los órganos de la laringe y del tracto vocal^(a).

La señal de voz, es una señal limitada en banda, aproximadamente está entre los 20 Hz y 20 KHz. Sin embargo, la mayor parte de la energía se concentra por debajo de 2 KHz, asegurando casi toda la inteligibilidad mediante un ancho de banda que está entre los 300 y 3400 Hz. Por otra parte, la voz es redundante, y en cualquier aplicación el receptor final es muy robusto (el oído y el cerebro humano), por lo que se pueden aplicar estrategias de codificación que permiten almacenar y transmitir la voz con un régimen binario moderado y recuperarla con una calidad aceptable.

2.2 DIGITALIZACIÓN DE LA VOZ

La transmisión de voz sobre redes de datos es la clave hacia la convergencia de datos y telefonía. Actualmente, como ya se ha venido mencionando, voz y datos se transmiten por infraestructuras separadas. La visión de llevar estos diferentes tipos de tráfico por un único medio, conduce primeramente a codificar la voz, comprimirla, y luego transformarla en paquetes de información, susceptibles de ser manejados por el protocolo IP ó *Internet Protocol*.

^a El tracto vocal se considera como un tubo acústico, con una serie de frecuencias de resonancia. La corriente de aire cuando pasa por el tracto adquiere muchas de las características diferenciales de los fonemas a través de un filtrado.

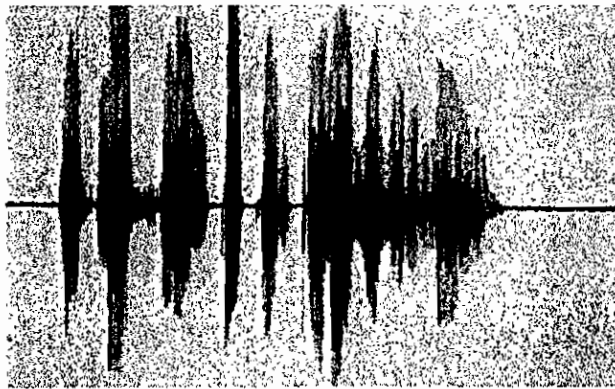


Figura 2.1 Forma de onda de voz natural

Toda red de la actualidad, ya sea telefónica o de datos, se constituye por elementos de *hardware* y *software* digital. Por ejemplo, en el caso de las redes de datos los protocolos como el IP transportan la información como un flujo de bits. De ahí que, la voz para ser transmitida sobre estas redes, necesite una representación digital (conversión analógico/digital - A/D).

Digitalizar la voz consiste en establecer un convenio mediante el cual se transforma la representación analógica de la voz a otro tipo de representación que, aunque menos natural, resulta más adecuado para transmitir la voz a través de medios que presentan un limitado ancho de banda. Además las técnicas de procesamiento digital de señales que se emplean minimizan las necesidades de memoria y reducen la diferencia entre la voz original y la digitalizada.

Un típico ejemplo de digitalización de voz se presenta cuando: se dispone de un ordenador o PC que tiene conectado un micrófono, las ondas sonoras se pueden traducir a valores numéricos sin más que ir midiendo periódicamente el resultado de la excitación del micrófono. Posteriormente, los valores almacenados podrían utilizarse para excitar un altavoz, y así reproducir nuevamente la voz.

En el proceso de conversión de la señal analógica de la voz en una secuencia binaria se emplea: la codificación de forma de onda, el *vocoding*, y la

combinación de ambos, cuyos principios de funcionamiento constituyen la base para la clasificación de los Codificadores de Voz o CODECs.

La codificación de forma de onda, ha sido usada en aplicaciones de telefonía tradicional desde la introducción de la multiplexación. Ésta es una técnica directa para convertir muestras de voz en grupos de 8 dígitos binarios.

Vocoding, es una tecnología que crea flujos de bits diferentes dependiendo de los modelos de frecuencias encontrados en la voz.

Ambos métodos convierten la voz a un flujo de datos digital mediante tres pasos que son: muestreo, cuantización, y codificación. Estos pasos son los que se utilizan en un sistema telefónico convencional, pero en el caso particular de la telefonía IP, se necesita además de una compresión para su posterior paquetización^[35].

2.2.1 MUESTREO

El muestreo consiste en el proceso de conversión de señales continuas a señales discretas en el tiempo. Este proceso se realiza midiendo la señal en intervalos periódicos del tiempo, de acuerdo al *Teorema de Nyquist*. Así entonces, la señal muestreada se compone de una serie de muestras o pulsos igualmente espaciados de muy corta duración, que representan la amplitud de la señal original en el instante de muestreo; y su envolvente (de la señal muestreada), es lo más aproximadamente posible a la señal original. Ejemplos de valores de frecuencia de muestreo típicos son 8 [KHz] para aplicaciones telefónicas, y 44 [KHz] para codificación de muy alta calidad (*Compact Disc*).

2.2 CUANTIFICACIÓN

La cuantificación es la conversión de una señal discreta en el tiempo evaluada de forma continua (señal modulada en amplitud, o señal PAM) a una señal discreta en el tiempo discretamente cuantificada en amplitud; en otras palabras, el valor de cada muestra de la señal PAM, se representa mediante el

valor discreto (más cercano a su valor real) que se elige entre un limitado número de intervalos de cuantificación, los mismos que dependen del tipo de cuantificación que se utilice.

La telefonía convencional (que usa codificación de forma de onda) emplea la cuantificación logarítmica, que supone una distribución logarítmica de los niveles de cuantificación a lo largo del margen dinámico de la señal, y asigna el valor cuantizado de la muestra tomándolo de una escala de valores. La ITU-T en la Recomendación G.711 indica dos leyes de aproximación logarítmica conocidas como la Ley A (Europea) y Ley μ (Americana), las cuales representan aproximaciones con segmentos lineales a curvas de compresión logarítmica.

La cuantificación en el método de *vocoding* establece un proceso más complejo que el dispuesto por la cuantificación logarítmica. En este proceso las muestras son agrupadas como tramas de datos, y mediante *Transformada Discreta de Fourier* se cambia su representación en magnitud a su correspondiente representación como un grupo de frecuencias. Los parámetros que describen esta representación frecuencial son extraídos y posteriormente cuantizados.

2.2.3 CODIFICACIÓN

El pionero de la codificación de voz fue Homer Dudley, que trabajaba en los laboratorios de la compañía *Bell*. Su investigación surgió por la necesidad de transmitir voz por los cables de telegrafía de pequeño ancho de banda. Dudley instituye el *vocoder* (*voice coder, codificador de voz*), con la finalidad de analizar la voz para extraer algunas de sus características en el lado transmisor, las cuales son necesarias para que el lado receptor pueda reconstruir la voz lo más proximadamente posible a su forma original.

Este proceso crea el flujo de datos digital que representa la señal. En los sistemas que usan codificación de forma de onda, éste es un proceso directo que cambia el valor decimal del intervalo de cuantificación a su equivalente binario. En los sistemas que utilizan *vocoding*, la codificación incluye determinar el orden en

el cual los parámetros son transmitidos en el flujo de datos. Literalmente en sistemas *vocoding*, la codificación es a menudo el término usado para describir todo lo que le sucede a la señal después de que se haya muestreado para crear una secuencia digital, incluyendo cualquier compresión.

2.2.4 COMPRESIÓN

Sin compresión, la velocidad requerida para la voz digitalizada es de 8.000 x 8 bits por segundo, o 64 [Kbps]. La telefonía conmutada por circuitos, usando multiplexación por división de tiempo, tiene la capacidad de procesar y de transportar voz a esta velocidad. Pero en la telefonía conmutada por paquetes cuya estructura es diseñada para compartir las conexiones físicas, la voz paquetizada consumiría rápidamente los recursos existentes de la red (ancho de banda total de las conexiones físicas entre los nodos de los datos).

La compresión aumenta el número de conversaciones que se pueden llevar por una red de paquetes a una determinada tasa de datos. La compresión no se limita a las redes conmutadas por paquetes. La industria telefónica ha utilizado un tipo de compresión conocido como Modulación Codificada de Pulsos Adaptiva Diferencial (ADPCM, *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*), con un requerimiento de 32 [Kbps] de velocidad para una llamada telefónica, considerándose bastante alto para telefonía IP.

El proceso de compresión, propiamente dicho, *toma como señal de entrada la obtenida de la conversión A/D a una velocidad de $f_m * N$ bits/segundo utilizando ciertas propiedades de la señal de voz obtiene una nueva codificación con una velocidad de R bits/segundo inferior a la inicial, mediante la asignación de un adecuado código a las muestras^(b).*

f_m: Frecuencia a la que se toman las muestras. En telefonía esta frecuencia está estandarizada en 8 [kHz] como lo indica la recomendación de la ITU-T G.711.

N = número de bits que se asignan a los niveles de cuantificación, en telefonía está estandarizado en 8 bits por muestra.

R = *f_m* * *N* = velocidad de transmisión en el sistema telefónico por tanto se tiene 64 [Kbps] palabra PCM.

La ITU-T ha establecido algunos estándares en la compresión de voz^(c), entre los más utilizados se tiene: G.711 PCM a 64 [Kbps], G.721 ADPCM a 32 [Kbps], G.723.1 ACELP y MP-MLQ a 5.3 [Kbps] y 6.3 [Kbps], G.729 CS-ACELP a 8 [Kbps], G.728 LD-CELP a 16 [Kbps]. De ellos, los empleados en los elementos de VoIP o de Telefonía IP son los estándares G.729 y G.723.1.

2.3 CODIFICADORES DE VOZ (CODECS O CODERS)

Los codificadores de voz trabajan explotando las propiedades tanto temporales como frecuenciales de la señal de voz y del sistema auditivo humano, puesto que, en último término, va a ser el sistema auditivo humano quien va a juzgar la calidad de la señal según su naturaleza e inteligibilidad.

La principal función de los codificadores de voz es convertir la voz analógica a datos digitales y viceversa. Los codificadores de voz también realizan compresión de voz para reducir los requerimientos de ancho de banda en la transmisión de voz sobre redes digitales.

La correlación de la señal de voz es utilizada por los codecs para reducir el margen dinámico de la señal y de este modo poderla cuantificar con un número menor de bits, como por ejemplo en el codificador ADPCM que permite reducir a 32 [kbps] la velocidad de transmisión sin degradar la calidad de la señal.

Una parte importante de los esquemas de codificación de voz hacen uso extensivo del modelo digital de producción del habla, en el cual, se divide la señal de voz en intervalos (entre 20 y 30ms), en los que mantiene sus características, y se supone que las propiedades de la señal en cada intervalo se extienden indefinidamente en el tiempo. En cada uno de estos intervalos se separan e independizan las características de la excitación y del tracto vocal.

^c En algunos textos estos estándares de la ITU son conocidos como: Estándares de Codificación de Voz.

En el modelo digital de producción de voz se emplean distintos modelos de excitación^(d): En el caso más sencillo, el modelo de excitación es una señal periódica de pulsos (caracterizada por el período de repetición de los pulsos), o ruido (normalmente ruido blanco gaussiano). Esta descripción es bastante pobre, y limita la calidad de estos sistemas. Surgen por tanto sistemas híbridos para representar la excitación: una versión filtrada del residuo del análisis LPC (RELP)(*Linear Predictive Coding*) (*RELP Residual Excited Linear Prediction*), una señal de excitación seleccionada entre un amplio registro ya fijado (CELP, *Code Excited Linear Prediction*), o una secuencia de pulsos, cuya amplitud se ajusta para minimizar el error (definido sobre el espectro) entre la señal original y la reconstruida (*MPLPC Multipulse Linear Predictive Coder*).

El desarrollo de los codificadores de voz va encaminado a utilizar un menor ancho de banda y proporcionar una mejor calidad de voz con bajo *retardo* (*para un típico codificador híbrido el retardo estará en el orden de los 50 a los 100ms*)^(e), permitiendo aprovechar con más eficiencia los canales de transmisión y sistemas de almacenamiento.

En referencia a este punto, la calidad de voz en los codificadores puede ser expresada mediante una evaluación MOS (*Mean Opinion Score*), y esta evaluación se espera sea similar a la que se tiene en el sistema telefónico convencional, en el que generalmente se emplean codecs que utilizan Codificación por Modulación de Impulsos PCM con un puntaje de MOS de 4.11. Una evaluación MOS superior a 3 es bastante común encontrarla en sistemas de telefonía celular. Para la tecnología VoIP se tienen valores MOS en el rango de 3.5 a 4 ^[15].

Una de las principales aplicaciones de la codificación de voz ha sido en la telefonía móvil; así, en Estados Unidos se utiliza un estándar de 8 [Kbps] (VSELP) y otro similar, a 6.7 [Kbps], en Japón. En Europa, dentro del sistema GSM, se

^d La excitación determina principalmente las características personales de la voz, así como la entonación.

^e El retardo de un codificador de voz es definido como el tiempo tomado desde que una muestra llega a la entrada del codificador hasta que la correspondiente muestra es producida a la salida de su respectivo decodificador.

usa un codificador a 13 [Kbps]. Ahora, en Voz sobre IP la adecuada codificación de la voz viene a ser un punto importante, puesto que, la disponibilidad de ancho de banda en las redes de datos casi siempre es limitado, por tanto los estándares que se han desarrollados están entre los 5.3 [Kbps] y los 8 [Kbps] establecidos en las recomendaciones de la ITU-T G.723.1 y G.729 respectivamente.

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CODIFICADORES DE VOZ

Se tienen tres tipos de codificadores de voz que son: Codificadores de Forma de Onda, *Vocoders*, y Codificadores Híbridos. Para VoIP el codificador empleado es un codificador híbrido, sin embargo, se resume algunas de las características de los otros dos tipos de codificadores, puesto que el codificador de VoIP posee características tanto del codificador de forma de onda como del *vocoder*.

2.3.1.1 Codificadores de forma de onda

Codificadores que reproducen la forma de la onda de la señal de entrada (señal analógica), sin tener en cuenta la naturaleza de la misma, lo más exactamente posible incluyendo el ruido de fondo.

Pueden ser usados para codificar una gran variedad de señales, puesto que no son muy dependientes de las propiedades espectrales y estadísticas de la voz. Estos codificadores tienen la ventaja de baja complejidad y retardo, proporcionan una alta calidad de voz a velocidades medias, del orden de 32 [Kbps]. Sin embargo, no son útiles cuando se quiere codificar a bajas velocidades. Por ejemplo la ITU-T G.711 (PCM) especifica el uso de 64 [Kbps].

Los codificadores de forma de onda pueden llevar la codificación de dos maneras: en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia, siendo los codificadores temporales los más utilizados en la telefonía tradicional.^[18]

Dentro de los codificadores temporales se tiene los siguientes:

- **PCM.-** Modulación por Codificación de Pulsos. Recomendación G.711. Consiste en un proceso de cuantificación. Cada muestra que entra al codificador se cuantifica tomando un determinado nivel de entre un conjunto finito de niveles de reconstrucción. Cada uno de estos niveles se hace corresponder con una secuencia de dígitos binarios, y esto es lo que se envía al receptor.
- **DPCM.-** Modulación por Codificación de Pulsos Diferencial. Aprovecha la correlación existente entre muestras adyacentes que son producidas por los efectos del tracto vocal y las vibraciones de las cuerdas vocales, para reducir el *bit-rate*^f.
- **ADPCM.-** Modulación por Codificación de Pulsos Diferencial Adaptivo, a diferencia de DPCM, en esta técnica la predicción se adapta a la señal de voz, permitiendo disminuir el error de predicción continuamente, con independencia de la señal de voz y de quien la emita. La ITU-T en 1980 propone un estándar de codificación de voz telefónica a una velocidad de 32 [Kbps] en el estándar G.721 con una calidad de voz similar a la de PCM. Más tarde en las recomendaciones G.726 y G.727, se estandarizan codecs que operan a velocidades de 40, 32, 24, y 16 [Kbps].

2.3.1.2 *Vocoders (Voice + Coder)*

Son codificadores que no reproducen la forma de onda original pero sí tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar. Explotan las características de la voz de tal manera que no producen buenos resultados cuando la fuente no es la voz humana. Los *vocoders* trabajan a muy bajas velocidades, pero entregan una señal de voz demasiado sintética, por lo que no es lo bastante bueno para usarse en los sistemas telefónicos.

^f El número de muestras por unidad de tiempo se conoce en inglés como *bit-rate*

Los *vocoders* (*VOICE CODERS*) en general para obtener mayores tasas de compresión, suponen el modelo de producción de voz^[15] generalmente basado en el cálculo de un filtro, por ejemplo LPC-10. En sí, este modelo funciona de la siguiente manera: En el transmisor cada *trama de voz*^(g) es analizada para calcular los coeficientes del filtro, la energía de la excitación, decisión de voz (*sonoro o sordo*)^(h), y el valor de tono si es sonoro. En el decodificador un conjunto de pulsos regular, para sonido sonoro o ruido blanco si es sordo, se pasa a través de un filtro lineal y se multiplica por la ganancia para producir voz.

Este es un sistema muy eficiente y típicamente produce voz a tasas de 1200 - 2400 [bps]. Pero su desventaja es la pérdida de la naturaleza de la voz y ocasionalmente pérdida de la inteligibilidad.

Entre los *vocoders* de 2.4 [Kbps] más utilizados se tiene el *Vocoder* de Predicción Lineal que supone que el tracto vocal se puede describir por un filtro de respuesta impulsiva infinita (filtro IIR), llamado también filtro LPC (*Linear Predictive Coding*), y el LPC-10 (FS-1015) que se basa en el modelo de análisis por síntesis para señales de voz pudiendo representar a las señales de voz mediante unos pocos parámetros.

2.3.1.3 Codificadores híbridos

Son codificadores que toman las características de los codificadores de forma de onda y *vocoders* proporcionando una alta calidad de voz a bajas velocidades. Como ya se mencionó anteriormente es el codificador de voz para VoIP.

^g Las tramas son partes discretas de la voz y cada trama se actualiza basándose en muestras de voz.

^h Se considera que la voz emite dos tipos de sonidos: sonoros y sordos. Los sonidos sonoros son de gran energía y alta periodicidad típicamente entre 2 [ms] y 20 [ms], mientras que los sonidos sordos son turbulencias o ruidos producidos en el tracto vocal, son de poca energía y presentan una pequeña periodicidad.

La codificación híbrida combina las técnicas de los codificadores de la forma de la onda con las de los *vocoders* con el propósito de obtener una alta calidad de voz a bajos *bit rates* (inferiores a 8 [Kbps]). En estos codificadores, las muestras de la señal de entrada se dividen en bloques de muestras (vectores) que son procesados como si fueran uno solo. Llevan a cabo una representación paramétrica de la señal de voz para tratar que la señal sintética se parezca lo más posible a la original.

También se les conoce como codificadores de análisis-por-síntesis. En el emisor se lleva a cabo un análisis que obtiene los parámetros de la señal para luego sintetizarla y conseguir el mayor parecido a la original.

Los codificadores híbridos exhiben aceptable puntaje MOS para medianas velocidades. En este escenario, dentro de los más representativos que emplean las técnicas LPAS (*Linear Prediction Analysis by Synthesis*) se tienen: a los codecs de adelanto adaptivo LPAS especificados en las recomendaciones de la ITU-T G.729 y G.723.1 y a los codecs de retraso adaptivo LPAS especificados en la recomendación G.728. Los mismos que pertenecen a la *familia CELP (Code Excited Linear Prediction)*⁽¹⁾.^[19]

a. Recomendación ITU-T G.723.1 Codec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedia a 5.3 y 6.3 [Kbps]

El codec G.723.1 está diseñado para cumplir con anchos de banda de filtros de telefonía convencional (G.712) y convertidos a PCM de 16 bits para entrar al codificador. Este códec posee dos velocidades binarias asociadas: 5,3 y 6,3 [Kbps]. La velocidad más alta ofrece mejor calidad, mientras que, la velocidad más baja entrega una buena calidad y proporciona a los diseñadores de sistemas mayor flexibilidad para la transmisión conjunta de voz y datos.^[20]

¹ **CELP (Code Excited Linear Prediction):** La predicción lineal excitada por tabla de códigos es una técnica de codificación de voz en la cual la señal de excitación (la de mejor parecido a la señal de voz original) es seleccionada de una serie de posibles señales de excitación a través de una exhaustiva búsqueda. Las velocidades típicas que se tienen son de 4800 [bps] a 9000 [bps].

G.723.1 codifica voz u otras señales de audio en tramas mediante la codificación predictiva lineal de análisis por síntesis. La señal de excitación del codec de alta velocidad es la cuantificación multiimpulso de máxima verosimilitud (MP-MLQ, *multipulse maximum likelihood quantization*) y la del codec de velocidad baja es la predicción lineal excitada por tabla de códigos algebraicos (ACELP, *algebraic code excited linear prediction*). Tanto el codec como el *decoder* deben soportar ambas velocidades pudiendo conmutar entre ambas velocidades, en cualquier frontera de trama. Música y otras señales de audio son comprimidas y descomprimidas también, pero el codificador es óptimo para voz.

G723.1 maneja una trama de 30 [ms] y 7.5 [ms] de preanálisis, lo que resulta en un retardo algorítmico total de 37.5 [ms]. Retardos adicionales resultan del uso de la red y sistemas de almacenamiento. Opera con tramas de 240 muestras cada una. Ello equivale a 30 [ms] a una velocidad de muestreo de 8 [kHz]. Cada trama se divide en cuatro subtramas de 60 muestras, después de haberse suprimido la componente continua mediante filtrado.

Luego, se realiza una variedad de operaciones, tal como, el cálculo de un filtro de predicción lineal (LPC, *linear prediction coder*) de décimo orden.

Por cada subtrama el filtro LPC es calculado utilizando la señal de entrada no procesada. El filtro LPC para la última subtrama se cuantifica con un cuantificador vectorial de división predictiva (PSVQ, *predictive split vector quantizer*).

En el anexo C de la recomendación G.723.1 se especifica un esquema de canal codificado escalable en velocidad, el cual puede ser usado para un gran número de aplicaciones, entre las que se incluyen H.323, H.324 y VoIP. El rango de velocidad del canal fluctúa desde los 0.7 [Kbps] a 14.3 [Kbps], y soporta tres modos de operación del codec G.723.1: alta velocidad, baja velocidad, y modos discontinuos de transmisión.

b. Recomendación ITU-T G.729 Codificación de la voz a 8 [Kbps] mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada

Codec diseñado para aplicaciones con bajo retardo. Opera con tramas de 10 [ms] y un preanálisis de 5 [ms], por lo que el retardo algorítmico total es de 15 [ms]. Además se producen otros tipos de retardo debido al:

- Tiempo de procesamiento necesario para las operaciones de codificación y decodificación.
- Tiempo de transmisión en el enlace de comunicación.
- Retardo de multiplexación por la combinación de datos de señales vocales y otros.

Generalmente, en el *codec* G.729 se habla de 25 [ms] de retardo usuario-usuario con una velocidad de 8 [Kbps]; se lo emplea para codificar voz u otras señales de audio mediante predicción lineal con excitación por código algebraico con estructura conjugada (CS-ACELP, *conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction*),^[21]

Existen dos versiones de codecs basados en G.729 que son: el original G.729 más complejo que G.723.1 y el G729a menos complejo que G723.1, obviamente este último codec (G.729a) entregará escasamente una baja calidad en la señal de voz. Sin embargo, ambos codecs incluyen provisión para tratamiento de errores en tramas y cancelación de paquetes perdidos, por lo que se consideran una elección para usarlos con VoIP^[15].

c. Codec LPAS de retraso adaptivo: codificación de la voz a 16 [Kbps] mediante predicción lineal con excitación por tabla de códigos de bajo retardo (LD-CELP)^[15]

G.728 es un híbrido entre el codec de baja velocidad por LPAS (G729 y G723.1) y el codec de retraso ADPCM. Es un codec LD-CELP y opera sobre 5 muestras en un intervalo. LD-CELP para la predicción de los valores de las muestras usa un filtro de retroceso adaptivo que se actualiza cada 2.5 [ms].

G.728 es un codec de voz sugerido para vídeo telefonía ISDN a "bajas velocidades" (56-128 [Kbps]). Es un codec de bajo retardo, pero es más complejo que otros codecs puesto que el orden 50 de su filtro de análisis LPC debe ser repetido en el decodificador. También está provisto de un postfiltro adaptivo que aumenta su desempeño.

2.3.2 EVALUACIÓN DE LOS CODECS

Para la evaluación del desempeño de los codecs se toman en cuenta varios factores. En resumen estos factores se muestran a continuación:^[15]

- **Tamaño de Trama:** Representa la longitud del tráfico de voz medido en el tiempo. Se llama también *retardo de trama*.
- **Longitud de Trama:** Representa el número de bytes resultado del proceso de codificación (se excluye cabeceras).
- **Velocidad de Voz:** Este parámetro es la velocidad de salida del codec cuando su entrada es estándar (modulación de código de impulso a 64 [Kbps]).
- **DSPs MIPS (Millones de instrucciones por segundo de un DSP):** Este valor indica la mínima velocidad del procesador DSP para soportar a un codificador específico.

- **RAM Requerida:** Este valor describe las necesidades de RAM para soportar un proceso específico de codificación.
- **Retardo del Codec:** El retardo es un factor significativo en la evaluación de los codecs especialmente para los que transportan voz a través de las redes de datos. Dos factores que contribuyen al retardo total de codificación son *el retardo de procesamiento de trama* y *el retardo de preanálisis*. Los retardos de decodificación son importantes también, pero en la práctica están alrededor de la mitad del tiempo del retardo de codificación.
 - **Retardo de procesamiento de trama:** Es el retardo incurrido en el codec para manejar una sola trama de voz, es decir la cantidad de voz a paquetizarse sobre un paquete. Este retardo se conoce también por *retardo algorítmico*.
 - **Retardo de Preanálisis:** Es el retardo introducido por el procesamiento de una cierta cantidad de la siguiente trama con el fin de examinar alguna correlación en tramas sucesivas de voz. La idea del preanálisis es tomar ventaja de estrechas correlaciones existentes entre sucesivas tramas de voz.

En un codec el tiempo referido como *latencia de un sentido* o *retardo de sistema de un sentido*, es calculado como:

Retardo en un sentido = Tamaño de trama + retardo de procesamiento + retardo de preanálisis

En las tablas 2.1 y 2.2 se indica un resumen de los esquemas de codificación con sus respectivas tasas de velocidad así como su evaluación MOS, también se muestran ejemplos de requerimientos en RAM y MIPS de codecs G.723.1, G.729, y G.728, los mismos que trabajan con el procesador MOTOROLA de la familia DSP56300.

ESTÁNDAR	TIPO DE CODIFICACIÓN	BIT RATE (Kbps)	MOS	MIPS	RETARDO (ms)
G.711	PCM	64	4.3	2	0.125
G.726	ADPCM	32	4.0	11	0.125
G.728	LD-CELP	16	4.0	30	0.625
G.729	CS-ACELP	8	4.0	20	15
G.723.1	ACELP	5.3	3.8	18	37.5
G.723.1	MP-MLQ	6.3	4.0	18	37.5
FS-1015	LPC-10	2.4	SINTETICA		22.5

Tabla 2.1 Estándares de codificación de voz^[15]

G.723.1	MIPs	Prog ROM	Data ROM	RAM Datos
Codificador	19.7	9.3 K	4.2 K	1.4 K
Decodificador	2.2	6 K	3.7 K	1.3 K
Total (Full duplex)	21.9	15.3 K	5.1 K	2.7 K

G.729		ROM		RAM		
G.729	MIPs	PROG	DATA	Xspace	Yspace	Stack
Codificador	21	8.1 K	3.0 K	2.5 K	2.5 K	0.1 K
Decodificador	3	5.7 K	3.0 K	2.1 K	1.6 K	0.1 K
Total (Full duplex)	24	11.3 K	3.0 K	3.8 K	2.8 K	0.1 K

G.728	MIPs	Prog ROM	Data ROM	RAM Datos
Codificador	15	1.5 K	1 K	1.2 K
Decodificador	8.3	2.1 K	1.5 K	1.1 K
Post Filtro	2.8	0.7 K	0.2 K	0.6 K
Total (Full duplex)	26.1	3.3 K	1.9 K	3.3 K

NOTA: Todos los valores de memoria están dados en Bytes

Tabla 2.2 Requerimientos de RAM y MIPS de los CODECs G.723.1, G.729, y G.728 con procesador MOTOROLA^[22]

2.4 PAQUETIZACIÓN DE LA VOZ

La paquetización consiste en agrupar el flujo de bits en unidades de datos, conformadas por una sección de carga útil y una cabecera. Los paquetes que se formen se operan en la tercera capa del modelo de referencia OSI (*Open systems interconnections*), la cual rutea la información a través de la red de datos.

En un paquete de voz se diferencian dos partes que son: la cabecera conformada por todas las cabeceras de protocolos que intervienen en el procesamiento de la voz y que contiene información tal como direcciones de origen y destino, valores de prioridades, y mecanismos de detección de error; y la sección de carga útil o *payload* donde está la información codificada de la voz.

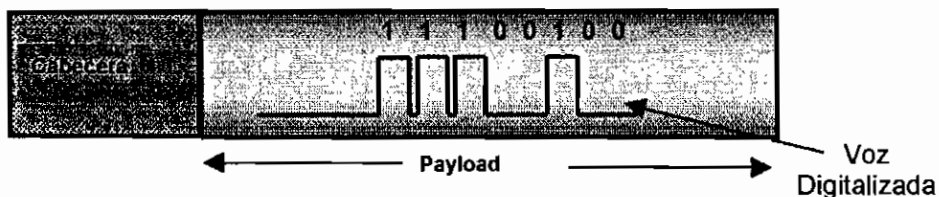


Figura 2.2 Paquete de Voz

2.5 VOZ SOBRE PROTOCOLO IP

Para la transmisión de flujos multimedia, tal como voz y vídeo (aplicaciones de tiempo real), sobre una red IP, se requiere de protocolos especiales para su transmisión en tiempo real, como son:

- El Protocolo de Transporte en Tiempo Real RTP, que lleva la información multimedia (voz o vídeo) en tiempo real, y
- El Protocolo de Control en Tiempo Real RTCP, que lleva información de control y estado.

Estos dos protocolos no reducen el retardo total de la transmisión (en tiempo real) de la información ni tampoco garantizan calidad de servicio.

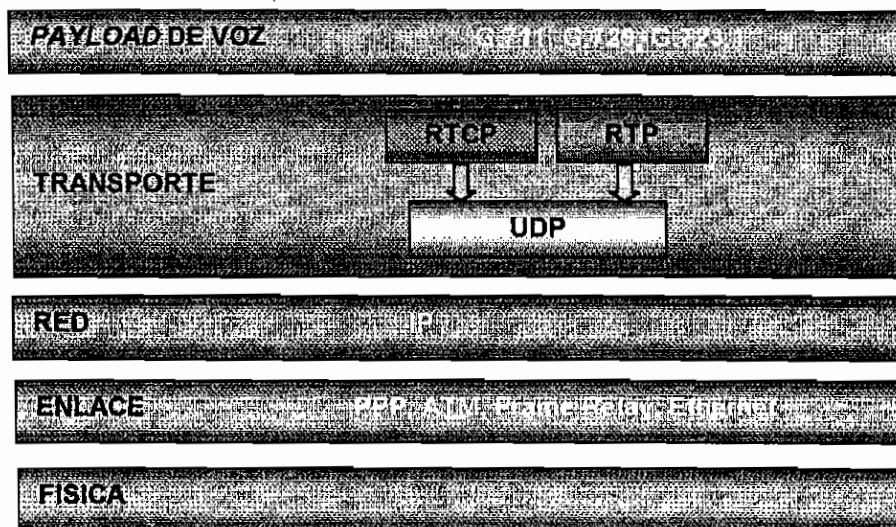


Figura 2.3 Ubicación de los protocolos RTP y RTCP según el modelo OSI

2.5.1 PROTOCOLO RTP

RTP es el protocolo de transporte diseñado para soportar tráfico en tiempo real⁽¹⁾. Fue desarrollado por la IETF (*Internet Engineering Task Force*) y está especificado en los RFCs 1889 y 1890. RTP es utilizado en aplicaciones de tiempo real, tales como, conferencias de vídeo y de audio (telefonía IP)^[15].

RTP es también un protocolo de encapsulación, ya que el tráfico que soporta está en el campo de datos del paquete RTP y la cabecera contiene información acerca del tipo de tráfico que está transportando.

Las dos principales características de RTP son^[15]:

- RTP convierte (codifica) de un tipo de sintaxis de *payload* en otro diferente. Por ejemplo cuando dos usuarios trabajan en redes de diferentes velocidades,

⁽¹⁾ Tráfico que necesita ser enviado y recibido en un corto periodo de tiempo.

entonces RTP permite la comunicación de estos usuarios haciendo transparente la diferencia de velocidad.

- RTP desempeña operaciones de mezcla mediante un mezclador; combinando múltiples fuentes dentro de un flujo de datos. Esta operación es típica en aplicaciones de audio (audio conferencias), y no decreta la calidad de la señal en los receptores.

El formato del mensaje para RTP es diseñado para soportar diferentes tipos de **payloads** o tipos de tráfico, como por ejemplo el estándar de audio de la ITU G.723, y el estándar de vídeo JPEG. La unidad de datos (cabecera + datos) del protocolo RTP es transportada en la unidad de datos del protocolo UDP y del protocolo IP.

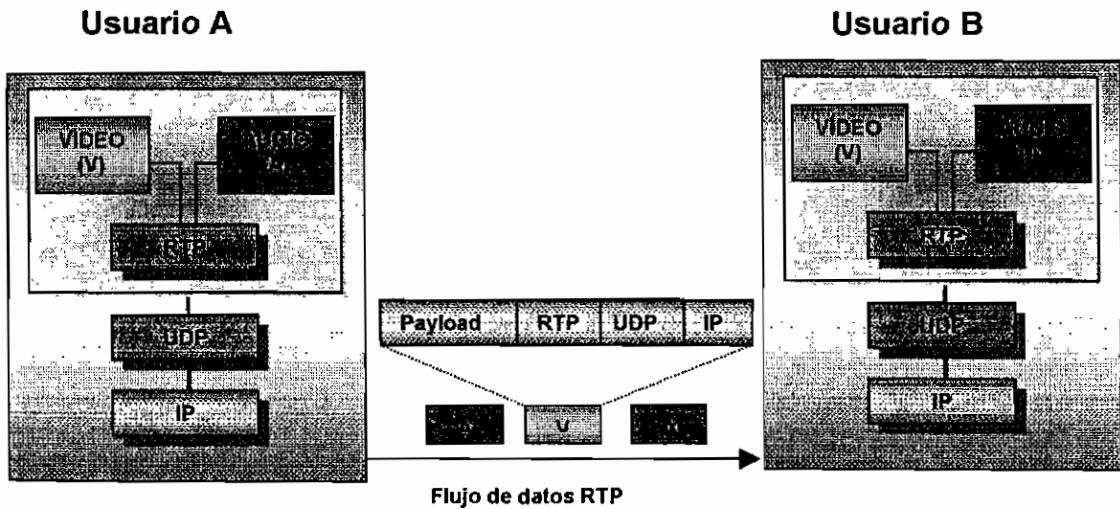


Figura 2.4 Transporte RTP del tráfico multimedia de A a B^[23]

La cabecera del paquete RTP tiene el siguiente formato:

v	R	E	Cont. CSRC	M	Payload	Número de Secuencia
Impresión de Tiempo						
Identificador SSRC						
Identificador CSRC						

Figura 2.5 Formato de Cabecera del Protocolo RTP

Donde:

Versión V : (2 bits), indica la versión de RTP actualmente v2.

Relleno R: (1 bit), si está en 1, hay uno o más octetos adicionales de relleno al final del paquete, que no son parte de la carga útil.

Bit de Extensión E: (1bit), si está en 1, indica una cabecera de extensión a continuación de la cabecera fija RTP (no utilizado todavía).

Contador CSRC: (4 bits), indica el número de identificadores de fuentes que aportan en el mensaje.

Bit de Marca: Utilizado para la demarcación de límites en el flujo de datos.

Tipo de Payload: (7 bits), especifica el tipo de tráfico en el campo de datos del paquete RTP, por ejemplo 4 equivale a G.723. El *payload* de un paquete RTP puede estar en formato de audio o vídeo. La capa de aplicación en el transmisor escribe el código que indica el tipo de *payload* en la cabecera de RTP, y así la capa de aplicación receptora conoce cuál formato (audio o vídeo) debe ser decodificado. Los diferentes tipos de *payload* están definidos en el RFC 1890.

Número de Secuencia: (16 bits), número que se incrementa en uno por cada paquete RTP enviado. El campo de secuencia numérica es usado en RTP, para almacenar el orden de los paquetes en el *host* receptor y poder detectar pérdida de paquetes.

Impresión de tiempo: (32 bits), o *time stamp*, este campo contiene el valor que representa el instante en que el primer octeto en el paquete de datos RTP fue muestreado. El valor inicial de la impresión de tiempo es aleatorio y debe ser derivado de un reloj que se incrementa linealmente.

Identificador SSRC: (32 bits), contienen el identificador SSRC del *host* que envió el paquete.

Lista CSRC: (32 bits), identifica a las fuentes que aportan para el *payload* del paquete. El número de identificadores está dado por el contador CSRC. Este campo es usado si se combinan diferentes flujos de paquetes RTP con el mismo tipo de carga, por ejemplo audio de diferentes transmisores.

2.5.2 PROTOCOLO DE CONTROL DE TIEMPO REAL

El Protocolo de control RTP (RTCP) controla y monitorea las sesiones RTP. RTCP provee los procedimientos necesarios para que las máquinas de una sesión establecida, se mantengan informadas acerca de^[23].

1. La calidad de servicios que están entregando (punto de vista del proveedor de servicios)
2. La calidad de servicios que están recibiendo (punto de vista del cliente de servicios)

En este concepto, un servidor puede ajustar sus operaciones de calidad de servicio, dependiendo de los reportes que recibe de sus clientes.

Las funciones de RTCP pueden ser comparables con las funciones de control de flujo y control de congestión de otros protocolos.

La figura 2.6 muestra la correlación de operación del protocolo RTP y el protocolo RTCP.

Los paquetes RTCP cumplen con diferentes funciones, por tanto, hay diferentes formatos definidos^[23], como son:

- SR: Reporte del transmisor
- RR: Reporte del Receptor
- SDES: Descripción de fuente

- BYE: Fin de la participación
- APP: Aplicación específica

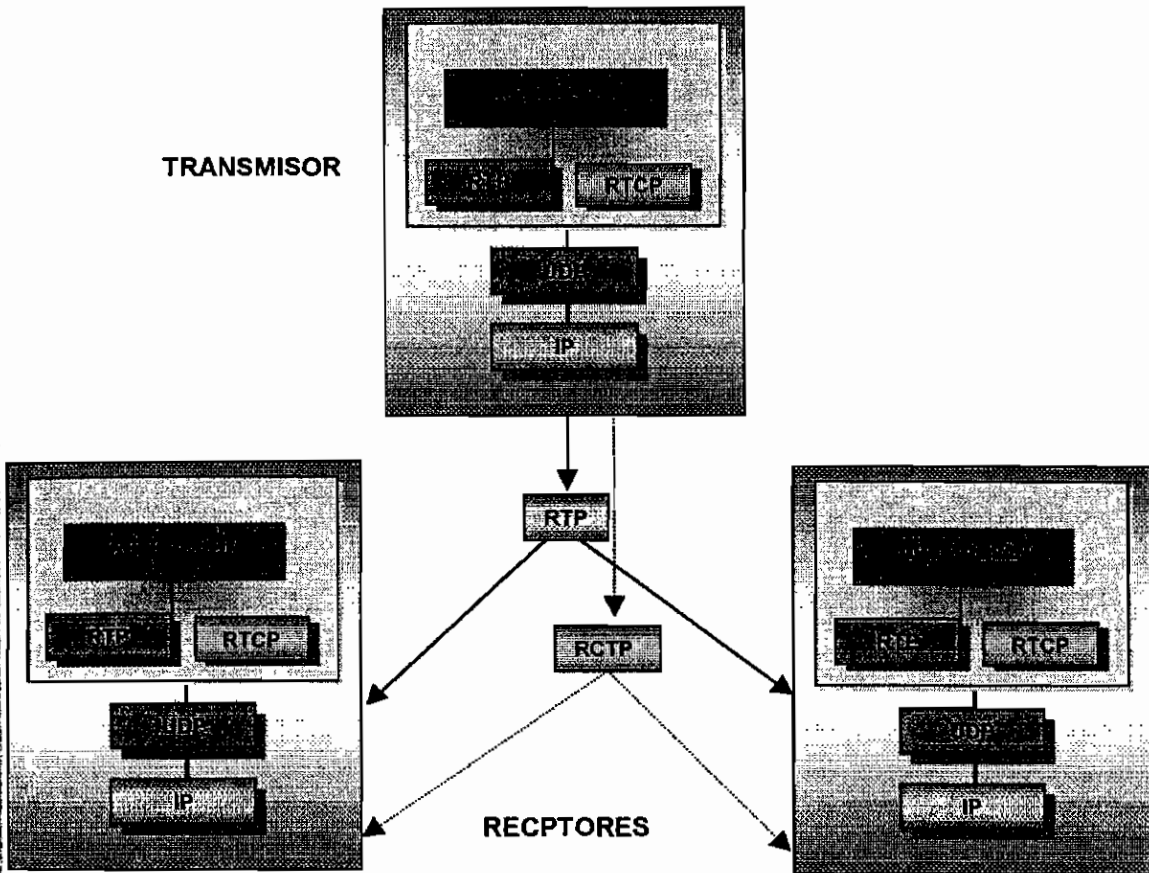


Figura 2.6 Correlación de RTP con RTCP^[23]

2.5.2.1 Reporte de Transmisión RTCP

El paquete de Reporte de Transmisión de RTCP es enviado por las fuentes transmisoras de una sesión RTP para informar a los receptores que ellas deben haber recibido datos. Este tipo de paquete se lo puede dividir en tres partes^[15]:

- Primera parte: constituida por la cabecera, que especifica el tipo del paquete de RTCP, la longitud del paquete y la identificación del transmisor.
- Segunda parte: contiene la información de la fuente transmisor.

- Tercera parte: constituida por reporte(s) de recepción.

En la figura 2.7 se tiene el formato de un mensaje de transmisión RTCP.

V	R	RC	TP=200	Longitud
SSRC de la fuente transmisora				
NTP <i>time stamp</i>				
NTP <i>time stamp</i>				
RTP <i>time stamp</i>				
Contador de paquetes transmitidos				
Contador de octetos transmitidos				
SSRC_1 (SSRC de la primera fuente de recepción)				
Porcentaje de pérdida Acumulado de paquetes perdidos				
Extensión del número de secuencia recibido				
<i>Jitter</i> de arribo				
Último reporte de transmisión SR (LSR)				
Retardo del último reporte de transmisión				
SSRC_2 (SSRC de la segunda fuente)				
.....				
Extensiones de aplicaciones específicas (variable)				

Figura 2.7 Cabecera del mensaje de transmisión RTCP

Donde :

Versión V: (2 bits), el campo de versión actualmente v.1

Relleno R: (1bit) , indica si hay uno o más bytes adicionales de relleno en el final del paquete.

Contadores de Bloques de Recepción RC: (5 bits): indica cuántos bloques de informes de recepción están contenidos en el mensaje.

Tipo de Paquete: (8 bits): Para mensajes de reportes de transmisión está establecido en 200.

Longitud: (16 bits): Longitud del paquete en bytes (incluyendo algún relleno).

SSRC: (32 bits), contienen el identificador SSRC del *host* que envió el paquete.

NTP time stamp: (64 bits) contiene el tiempo en que este informe fue enviado; es utilizado conjuntamente con los campos impresión de tiempo devueltos en informes de recepción, con el fin de estimar el tiempo de propagación a esos receptores.

Tiempo de Impresión RTP: (32 bits) contiene el tiempo de impresión del paquete RTP.

Contador de Paquetes de Transmisión: (32 bits) informa a los receptores el número total de paquetes de datos transmitidos.

Contador de Octetos del Transmisor: (32 bits) indica el número total de bytes transmitidos desde el inicio de la transmisión.

SSRC_n (identificador de fuente receptora): (32 bits) establece el identificador SSRC de la fuente receptora a la que le pertenece este bloque de información.

Porcentaje de Pérdida: (8 bits) representa el porcentaje de paquetes de datos RTP que fueron perdidos después de que el paquete SR o RR fueron enviados desde la fuente SSRC_n

Acumulación de Paquetes Perdidos: (24 bits) representa el número total de paquetes RTP perdidos de la fuente SSRC_n.

Máximo Número de Secuencia Recibido: (32 bits) contiene el número de secuencia más alto recibido en un paquete RTP desde la fuente SSRC_n.

Jitter de Arribo: (32 bits) contiene una variación estimada del tiempo de arribo de los paquetes RTP.

Impresión de Tiempo del Último Reporte de Transmisión LSR: (32 bits) corresponde a los 32 bits del campo NTP *time stamp* del último reporte de transmisión enviado por la fuente SSRC_n.

Retardo del Último Reporte de Transmisión: (32 bits) expresado en unidades de 1/65.536 segundos, indica el retardo entre la recepción del último reporte de transmisión desde SSRC_n y el envío del reporte actual.

2.5.2.2 Reporte de Recepción RTCP

El reporte de recepción RTCP (RR) es un paquete similar al del reporte de transmisión. El campo "tipo de paquete" toma el valor constante de 201 y no se incluye en este mensaje la sección de información de transmisión (impresiones de tiempo NTP y RTP, contadores de octetos y bytes). Los otros campos en el reporte de recepción tienen la misma función desempeñada en el mensaje SR.

2.5.2.3 Paquete RTCP de descripción de fuente

Un paquete de descripción de fuente (*source description*, SDES) tiene el número 202 en el campo de tipo de paquete. Es utilizado por las fuentes emisoras de paquetes RTP para entregar mayor información sobre ellas mismas. Los puntos que define este paquete son:

CNAME	El nombre único de la fuente
NAME	El nombre de usuario real de la fuente
E-MAIL	La dirección de correo electrónico del usuario
PHONE	Número telefónico del usuario
LOC	Localización geográfica del usuario
TOOL	Aplicación de usuario
PRIV	Extensiones privadas

El paquete SDES está constituido de la cabecera básica RTCP y una serie de identificadores de fuentes y descripción de ítems.

2.5.2.4 Mensaje BYE RTCP

El mensaje BYE RTCP tiene el número 203 en el campo tipo de paquete. Es utilizado por una fuente si termina una conferencia. Es especialmente útil para los mezcladores, ya que un mezclador puede enviar un mensaje BYE conteniendo todas las fuentes participantes de la sesión.

2.5.2.5 Mensaje APP RTCP

El mensaje de aplicación específica RTCP tiene el número 204, y es de uso experimental destinado para el desarrollo de nuevas características y aplicaciones.

2.6 TAMAÑO DEL PAQUETE DE VOZ

El tamaño del paquete es muy importante en las aplicaciones de voz, puesto que es un factor que limita el número de llamadas, que una red IP pueda transportar. El tamaño del paquete es una especificación del fabricante, por ejemplo^[24]:

- El Router Cisco con G.729 maneja un tamaño de paquete de 20 bytes de *payload* a 50 paquetes por segundo.
- El Teléfono IP Cisco con G.723.1 maneja un tamaño de paquete de 24 bytes de *payload* a 33 paquetes por segundo.

El paquete de voz para redes basadas en IP, requiere de la adición de tres cabeceras; una por cada capa; estas cabeceras son IP, UDP y RTP. Una cabecera IPv4 tiene 20 bytes, una de UDP tiene 8 bytes y una cabecera RTP tiene 12 bytes. Además, cuando el paquete IP pasa a la capa de enlace, la cabecera que se agregue dependerá del tipo de protocolo que se maneje, por ejemplo PPP, Ethernet, y se sumará al resto de cabeceras. La tabla 2.3 lista algunos tamaños de cabeceras de capa 2.

MEDIO	TAMAÑO DE CABECERA DE CAPA 2
Ethernet	14 bytes
PPP	6 bytes
Frame Relay	4 bytes
ATM	5 bytes/celda

Tabla 2.3 Tamaños de cabecera de capa 2

En la figura 2.8 se muestra en detalle el conjunto de cabeceras que se utilizan en la operación de paquetización de la voz.

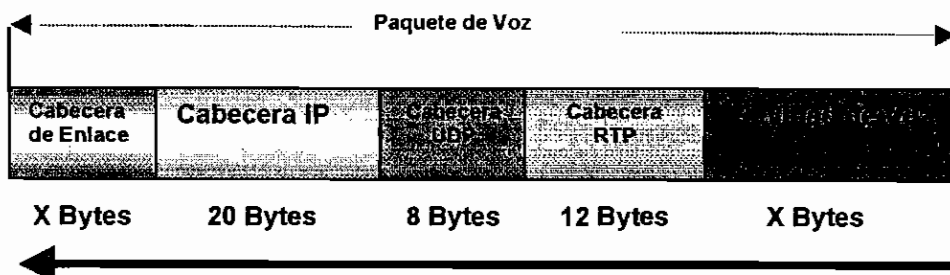


Figura 2.8 Cabeceras del paquete de Voz

Por lo tanto, la longitud de un paquete, es función del número de bits de las cabeceras de los protocolos utilizados y del tipo de codificación de señal empleada (tipo de codec); por ejemplo, para un típico CODEC G.729, muestras de voz en intervalos de 35 milisegundos requerirían de 40 bytes^(k) para la parte de la carga útil o *payload* del paquete.

2.6.1 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DEL PAQUETE DE VOZ

La longitud de la cabecera IP/UDP/RTP de 40 bytes o 320 bits, se considera constante y es enviada por cada paquete de voz transmitido. Por tanto, la velocidad adicional que se necesita para la transmisión de la información de cabecera, es determinada por el número de paquetes que se envían en cada segundo.

Generalmente, se asume que la información de cabeceras sumará 16 [Kbps] a los requerimientos de velocidad para Voz sobre IP. Por ejemplo, si se utiliza G.729, se tiene 8 [Kbps] de *bit rate*, que sumados los 16 [Kbps] adicionales da un total de 24 [Kbps] de velocidad requerida para transmitir voz^[26].

La consideración anterior, sugiere que cada paquete transporte 20 [ms] en muestras de voz. Sin embargo, por un lado, algunos algoritmos utilizan períodos de muestreo más pequeños, pudiéndose almacenar muestras por encima de los 20 [ms]; y por otro lado, otros algoritmos (G.723.1 con muestras de 30 [ms]) producen muestras que no pueden ser contenidas exactamente en paquetes de 20 [ms] de duración por lo que en estos casos la consideración de los 16 [Kbps] no funciona.

Actualmente no existe una recomendación acerca de la duración del paquete de voz (cuánta cantidad de voz se transporta en un paquete IP). Sin embargo, el RFC 1889 de la IETF incluye un ejemplo donde se toma una duración de 20 [ms], pero no lo sugiere como un valor recomendado. Por otra parte, en

^k G.729 tiene un tamaño de trama de 10 [ms] que equivalen a 10 bytes, pero por defecto se envían dos tramas por paquete, o sea 20 bytes. Por tanto los 35 [ms] requerirán 40 bytes.

otros ejemplos existen cálculos de la velocidad tomando muestras diferentes de 20 [ms]⁽¹⁾.

Para los cálculos de este proyecto de titulación, se asume representaciones de voz de 20 [ms] enviadas por cada paquete. La tabla 2.4 muestra los diferentes estándares de codificación con sus respectivos tamaños de paquetes, para intervalos de voz de 20 [ms], excepto para G.723.1.

ESTÁNDAR	TIPO DE CODIFICACIÓN	Bit rate (Kbps)	Muestras de Voz (ms)	Bits por muestra de voz	Tamaño del Paquete de voz (Bytes)	Paquetes de voz por segundo
G.711	PCM	64	20	1280	160	50
G.726	ADPCM	32	20	640	80	50
G.728	LD-CELP	16	20	320	40	50
G.729	CS-ACELP	8	20	160	20	50
G.723.1	ACELP	5.3	30	159	20	33.33
G.723.1	MP-MLQ	6.3	30	189	24	33.33

Tabla 2.4 Tamaños de paquetes de los diferentes estándares^[35]

Existen varios factores que influyen en el cálculo de la velocidad de transmisión que requiere un paquete de voz en una red de datos, como son:

- Tamaño de las cabecera IP/UDP/RTP
- Compresión de cabeceras
- Tamaño de cabecera de la capa de enlace de datos
- Detección de actividad de voz
- Selección del tamaño de *payload* de voz
- La tasa de bits del codec empleado

El más crítico de estos factores, es la selección del tamaño de *payload*, puesto que, su elección es un compromiso entre calidad y ancho de banda. Por un lado, pequeños *payloads* demandan mayores anchos de banda por canal (a causa de los 40 bytes de cabecera), y por otro lado, si se incrementa el *payload*,

¹ Un paquete IP contiene entre 40 y 80 [ms] de información de voz^[16]

se incrementa el retardo y el sistema será más susceptible a la pérdida de paquetes individuales.

Para determinar la velocidad de transmisión se realizan los siguientes cálculos^[25]:

Tamaño del Paquete de Voz = (cabecera de capa 2) + (cabecera IP/UDP/RTP) + (Payload de Voz)

Paquetes de Voz por Segundo (pps) = Bit rate del Codec / Tamaño del Payload de Voz

Velocidad de Transmisión = Tamaño del paquete de voz X pps

Si estos cálculos se los aplica por ejemplo para determinar la velocidad de transmisión requerida para una llamada con un codec G.729 (8 [Kbps]) con un *payload* por defecto de 20 bytes (160 bits) y con trama Ethernet de capa dos se tiene:

Tamaño del paquete de voz = 14 bytes +20 bytes +8 bytes + 12 bytes + 20 bytes
+ 4 bytes = **78 bytes**

Paquetes de Voz por Segundo (pps) = 8Kbps / 160 bits = **50 pps**

Velocidad de transmisión = 78 * 8 *50 = **31200 bps**

De esta manera, se obtienen los resultados de requerimiento de velocidad de transmisión para los diferentes estándares de codificación, y que se resumen en la tabla 2.5.

2.6.2 REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Si se desea reducir la velocidad de transmisión, se puede aumentar el *payload* de voz, o incluir supresión de silencios, y compresión de cabeceras RTP.

2.6.2.1 Incremento de *payload*

El incrementar el *payload* de voz puede minimizar la velocidad de transmisión requerida para VoIP. Si bien, el incremento del *payload* de voz, reduce la velocidad, esto también incrementa el retardo, por lo que, el incremento del *payload* no debe sobrepasar el máximo retardo de 150 [ms] para paquetes de voz especificado por la ITU en la recomendación G.114.

ESTÁNDAR	TIPO DE CODIFICACIÓN	Bit rate (Kbps)	Tamaño del Paquete por Defecto (Bytes)	Velocidad de transmisión sin cabecera Ethernet (Kbps)	Velocidad de transmisión con cabecera Ethernet (Kbps)
G.711	PCM	64	160	80	87.2
G.726	ADPCM	32	80	48	55.2
G.728	LD-CELP	16	40	32	39.2
G.729	CS-ACELP	8	20	24	31.2
G.723.1	ACELP	5.3	20	16	20.8
G.723.1	MP-MLQ	6.3	24	17	21.8

Tabla 2.5 Requerimientos de velocidad para los diferentes estándares^{[35][25]}

Los siguientes cálculos muestran la reducción de velocidad que se tiene cuando el *payload* de voz es duplicado:

Consideraciones:

- G.729, 8 [Kbps] de *bit rate*,
- Tamaño de *payload* por defecto 20 bytes, y
- No se considera cabecera de capa 2

Llamada G.729 = (40bytes IP/UDP/RTP + 20 bytes de *payload*) * 8 bits/byte * 50 pps = **24 [Kbps] por llamada VoIP**

Ahora, con un *payload* de 40 bytes

Llamada G.729 = (40 bytes de cabecera IP/UDP/RTP + 40 bytes *payload*) * 8 bits/byte * 25pps = **16 [Kbps] por llamada VoIP**

Nota: al duplicar el *payload* el número de paquetes por segundo se reduce a la mitad.

ESTÁNDAR	Bit rate (Kbps)	Tamaño del Paquete por Defecto (Bytes)	Velocidad sin cabecera Ethernet (Kbps)	Velocidad con el doble de <i>payload</i> (Kbps)
G.711	64	160	80	72
G.726	32	80	40	40
G.728	16	40	32	24
G.729	8	20	24	16
G.723.1	5.3	20	16	10.6
G.723.1	6.3	24	17	11.6

Tabla 2.6 Reducción de velocidad por duplicación del *payload*^[25]

2.6.2.2 Supresión de silencios

Una conversación puede contener entre 35% a 50% de silencios. Las redes de telefonía tradicional no distinguen qué porcentaje de la información que circula es voz y qué porcentaje es silencios. En cambio, con redes de VoIP, tanto voz como silencio es paquetizado, y empleando *Detección de Actividad de Voz VAD (Voice Activity Detection)*, los paquetes de silencios pueden ser suprimidos, proporcionando mejor utilización de ancho de banda. VAD se estima que reduce en un 65% el requerimiento de capacidad de canal^[25].

VAD es habilitado por defecto en todas las llamadas VoIP, y mientras suprime los silencios, también genera confortable ruido de fondo CNG (*Comfort Noise Generation*), con el fin de evitar equivocaciones a los usuarios, ya que al haber silencios la llamada parecería desconectada. G.729 y G.723.1 incluyen funciones integradas de VAD.

2.6.2.3 Compresión de Cabeceras

Todos los paquetes están conformados por dos partes: el *payload* de muestras de voz y las cabeceras IP/UDP/RTP. Aunque el tamaño del *payload* pueda variar, dependiendo del codec empleado, la cabecera en cambio es constante (40 bytes), pero usando cRTP o Compresión de Cabeceras, la cabecera IP/UDP/RTP puede ser comprimida a 2 o 4 bytes, lo que significa una reducción de la velocidad que se requiere para VoIP. Por ejemplo una llamada IP con G.729 (20 bytes de *payload*) consume 24 [Kbps] sin cRTP, y 12 [Kbps] con cRTP.

Nota: Ambos puntos del enlace deben tener configurado compresión de cabeceras cRTP.

Entonces, los cálculos para la velocidad de transmisión con una compresión de cabeceras a 2 bytes para el codec G729 y 20 bytes de *payload* serían:

Tamaño del paquete = 14 bytes + 2 bytes + 20 bytes + 4 bytes = 40 bytes

Paquetes de Voz por Segundo (pps) = 8Kbps / 160 bits = 50 pps

Velocidad de transmisión = 40 * 8 * 50 = 16 [Kbps]

ESTÁNDAR	Tamaño del Paquete por Defecto (Bytes)	Velocidad de transmisión con cabecera Ethernet (Kbps)	Velocidad de transmisión con cabecera Ethernet con cRTP (Kbps)	Velocidad de transmisión con cabecera Ethernet y con DAV (Kbps)	Velocidad de transmisión con cabecera Ethernet, con cRTP y VAD (Kbps)
G.711	160	87.2	72	56.68	46.8
G.726	80	55.2	40	35.88	26
G.728	40	39.2	24	25.48	15.6
G.729	20	31.2	16	20.28	10.4
G.723.1	20	20.8	10.6	13.50	6.9
G.723.1	24	21.8	11.6	14.15	7.6

Tabla 2.7 Comparación de requerimientos de velocidad con cRTP y VAD^[25]

2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE VOZ EN VoIP

La calidad de voz en VoIP se ve afectada por tres causas principales^[15]:

- Retardo o Latencia
- Pérdida de Paquetes
- *Jitter*

2.7.1 RETARDO O LATENCIA

La latencia es el tiempo necesario para que la voz viaje de un extremo al otro, incluye los tiempos o retardos necesarios para la compresión, transmisión y descompresión. Este tiempo tiende a minimizarse pero jamás podrá ser suprimido. Es uno de los desafíos más grandes que tiene la telefonía IP. Demasiado retardo puede dañar la calidad de la voz, debido al apareamiento de eco, o por la superposición de la señal del hablante.

El eco es causado por las reflexiones de las señales de la voz del portavoz en el equipo de teléfono del extremo lejano que retornan al oído del portavoz. Debido a que se percibe el eco como un problema de calidad significativo, los sistemas de paquetes utilizados para el envío de voz deben controlar el eco mediante la implementación de medios de cancelación de eco.

La superposición de la señal del hablante, es un problema que se suscita cuando la señal de un hablante (señal de voz) se superpone sobre la señal del otro hablante, y obliga a realizar una comunicación en modo *half-duplex*. Este problema es significativo si el retardo en un sentido es mayor que 250 milisegundos^[16].

Los retardos por debajo de los 150 [ms] son aceptables para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo retardos entre los 50 y 400 [ms] son aún aceptables para comunicaciones a larga distancia, como por ejemplo entre Ecuador y Australia, dado que los usuarios están preparados mentalmente al

inevitable retardo de propagación. La calidad de la voz se deteriora significativamente por encima de los 400 [ms]. Apreciándose este efecto en una conversación interactiva, no así en el correo de voz o música en espera.

En redes telefónicas tradicionales se tiene un retardo promedio de 10 [ms] por cada 1000 millas, en cambio en una red VoIP se tiene por ejemplo: Codificación G.723.1 37.5 [ms], decodificación (G.723.1) 18.75 [ms], paquetización con tamaño de trama G.723.1, 30 [ms], *Jitter* 100 [ms] y transporte 100 [ms] dando un retardo total de 286.25 [ms]. De ahí que, se considera que un retardo típico del Internet es menor a los 400 [ms] y el de una intranet es menor a 50 [ms]^[15].

Varios factores contribuyen al retardo total o latencia en la telefonía IP, mientras unos son fijos y predecibles otros en cambio son variables e impredecibles y fácilmente pueden sobrepasar el límite de los 400 [ms]. Algunos de estos factores son^[16]:

a. Retardo de Codec: Implica el retardo de procesamiento, el retardo por preanálisis y el retardo de decodificación.

b. Retardo de Serialización: Es determinado por la velocidad de transmisión de la línea. Por ejemplo si a 1 [byte] de información le toma 125 [us] de tiempo para su transmisión a una velocidad de 64 [Kbps], este retardo puede reducirse a 0.05 [us] en una línea de 155 [Mbps]. Este retardo dependerá del tamaño de trama utilizado por el codec, grandes tramas implicarán grandes retardos en la transmisión del paquete.

c. Retardo de Encolamiento: Se produce en todos los puntos de transmisión y conmutación de red, como *routers* y *gateways*, donde los paquetes de voz esperan ser transmitidos sobre algún enlace de salida. Este retardo es variable debido a que los paquetes llegan en forma estadística. Este retardo puede ser reducido en una red privada IP utilizando enlaces de gran capacidad o los mecanismos del IETF (*Internet Engineering Task Force*), tales como servicios

diferenciados (DiffSer) y el Protocolo de Reservación de RSVP, para priorizar los paquetes de voz sobre los paquetes de datos, minimizando el retardo de colas para aplicaciones sensitivas al retardo como la voz.

d. Retardo de Propagación: Este retardo depende directamente de la distancia entre dos puntos, se lo puede considerar fijo puesto que las señales viajan a velocidades cercanas a la de la luz. En las redes PSTN y RDSI, es el principal factor de retardo, y pueden asegurarse un retardo bajo los 400 [ms] aún con enlaces satelitales. El retardo de propagación utilizando microondas terrestres es de aproximadamente 3 [us/Km], y con fibra óptica es de 5 [us/Km].

e. Otros Retardos: Otras fuentes de retardo se tienen en la utilización de modems, y en el desempeño ineficiente de la tarjeta de sonido de la PC, por el no uso de DSPs especializados.

Por tanto el valor de retardo de extremo a extremo es, por consiguiente, la mayor restricción y requerimiento de manejo para reducir el retardo a través de una red de paquetes.

2.7.2 PÉRDIDA DE PAQUETES

La pérdida de paquetes es un fenómeno común en todas las redes basadas en conmutación de paquetes. Un paquete se pierde en la red cuando no existe espacio suficiente en la cola; y mientras más personas utilicen la red IP, más congestión habrá en los *routers*, y provocará pérdida de paquetes. Los paquetes IP de muchos *hosts* son ubicados en cola para su transmisión sobre un enlace de salida del *router*, y son transmitidos uno por uno desde su cabecera hasta su cola.

La pérdida de paquetes causa un severo daño en la calidad de voz en telefonía IP, ya que la pérdida de muchos de ellos puede provocar una conversación ininteligible. Cada paquete contiene entre 40-80 [ms] de información de voz, de tal manera que cuando un paquete se pierde, se incide en la

continuidad de la voz. Típicamente la pérdida de paquetes en una intranet es menor al 1% y en la Internet es menor al 4%.^[16]

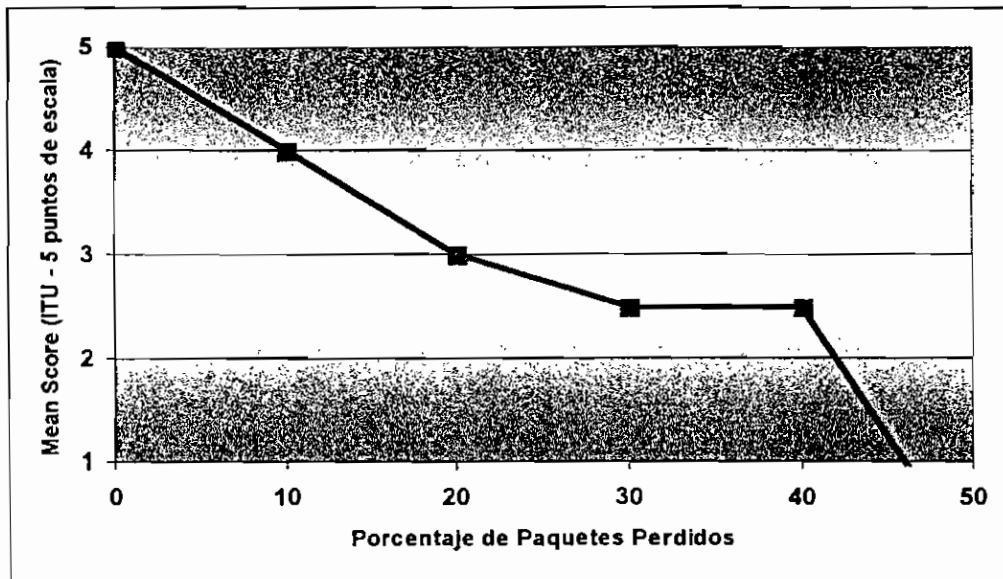


Figura 2.9 Calidad de Voz como función de los paquetes perdidos^[16]

Se usan diferentes técnicas para solucionar la pérdida de paquetes en telefonía IP, algunas de éstas se concentran en reducir el número de paquetes perdidos, y otras en reparar el daño que causa la pérdida de los mismos. Estas técnicas son:

a. Mejoramiento de la Red: Una de las causas de la pérdida de paquetes IP en una red es debido a la insuficiencia de ancho de banda en los enlaces, y/o a la velocidad de procesamiento en *routers* y *switches*. Entonces una solución para reducir la pérdida de paquetes sería el mejoramiento de la infraestructura IP mediante enlaces con altas tasas de transmisión, como ATM en el orden de los [Mbps] (Millones de bits por segundo), SONET, en el orden de los [Gbps] (Giga bits por segundo), WDM en el orden de los [Tbps] (Tera bits por segundo), y Gigabit Ethernet, añadiendo además altas velocidades de procesamiento en los *switches* y *routers*. Actualmente el procesamiento en los *routers* y *switches* está en el orden de los Millones de Paquetes por Segundo [Mpps].

b. Sustitución de Silencios: Cuando un paquete se pierde, su contenido no puede ser reproducido en el receptor. De tal manera algunos sistemas de VoIP, sustituyen el paquete perdido por silencios. Esta solución causa cortes en la voz, deteriorando la calidad de voz. El deterioro es más evidente en paquetes de mayor longitud y en situaciones de altas tasas de pérdida, de ahí que, esta técnica consigue un buen desempeño en paquetes menores que los 16 [ms] y tasas de pérdida menores que 1%.

c. Sustitución de Ruido: La sustitución de paquetes por ruido blanco muestra un mejor desempeño que la sustitución de silencios. Esto se atribuye a la habilidad del cerebro humano para reparar el mensaje recibido si aparece algún ruido, lo cual no sucede si hay silencios.

d. Repetición de Paquete: Reproduciendo el último paquete recibido y sustituyéndolo en lugar del paquete perdido es otra manera de solucionar la pérdida de paquetes.

e. Interpolación de Paquetes: En esta técnica se utilizan los paquetes cercanos al paquete perdido para su reemplazo. Con esta técnica se asegura que el reemplazo seguirá los cambios característicos del flujo de datos.

f. Interpolación de Tramas: El efecto de paquetes perdidos puede ser reducido mediante la interpolación de tramas de voz a través de diferentes paquetes. El procedimiento involucra un reordenamiento de las tramas originales para permitir que tramas consecutivas puedan ser separadas en la transmisión y rearregladas en su secuencia original en el receptor. Las tramas consecutivas son distribuidas sobre un número de paquetes, únicamente para su posterior reordenamiento en el receptor. La interpolación de tramas tiene la desventaja de incrementar el retardo.

g. FEC.- En la corrección de errores hacia delante, la información de un paquete es redundantemente transmitida en paquetes subsecuentes. En el caso de pérdida del paquete original, se lo puede reconstruir de los paquetes

subsecuentes. El protocolo RTP (protocolo de transmisión en tiempo real) empleado en telefonía IP se lo utiliza para llevar paquetes de voz redundantes.

2.7.3 JITTER

La variación del retardo que experimentan los paquetes al viajar del transmisor al receptor se la conoce como *jitter*. Esta variación generalmente se debe a la variabilidad de los retardos de encolamiento y retardos de propagación^[16].

Los paquetes IP viajan por diferentes caminos, entonces, experimentan diferentes retardos. Si un paquete tiene un alto retardo, éste no arribará a tiempo y se lo considera perdido. Si esto es muy frecuente la calidad de voz se afectará significativamente.

La eliminación del *jitter* requiere por lo tanto coleccionar paquetes y sostenerlos en un *buffer* del receptor el tiempo suficiente para permitir a los paquetes más lentos llegar a tiempo y ser manejados en la secuencia correcta. El tiempo que un paquete espera en el *buffer* se suma al retardo global, por consiguiente, un gran tiempo de retención o espera, ocasionará un gran retardo.

La selección del tamaño del *buffer* es vital en telefonía IP, puesto que si el tiempo del *buffer* es demasiado pequeño, puede existir pérdida de paquetes, y al contrario, si es muy grande, provocará más retardo. Idealmente el tamaño del *buffer* debería modificarse dinámicamente para satisfacer las variantes condiciones de la red. Tamaños comunes de *buffers* están en el rango de 50 [ms] a 100 [ms]. Cisco, Hypercom y Netrix entre otros, ofrecen *buffers* inteligentes que se ajustan automáticamente acorde a las variaciones de la red^[16].

3.1 MIGRACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA

El proceso de migración del sistema telefónico convencional de la Escuela Politécnica Nacional conformado por una central telefónica privada digital PBX, hacia un nuevo sistema de telefonía basado en el protocolo IP toma como punto de partida la situación actual del sistema telefónico de la Institución, analiza el estado de la central telefónica DEFINITY G3siV8, número y distribución de usuarios, intensidad de tráfico, y capacidad de la central para el manejo de IP. Las proyecciones de usuarios telefónicos están consideradas de acuerdo al análisis de crecimiento y también de acuerdo a las estimaciones de usuarios de la red de datos PoliRed a 10 años a partir del 2001.

El proceso de migración hacia este nuevo sistema, propone la introducción sistemática de equipos como *gateways*, teléfonos IP, *gatekeepers*, entre otros, a fin de que en un principio coexista el sistema de telefonía convencional y el sistema de telefonía IP; posteriormente únicamente existirá el sistema de telefonía basada en el Protocolo Internet IP, con su administración integrada a la red de datos (PoliRed).

Toda la descripción presentada sobre la red telefónica está basada en las entrevistas con el Administrador de la Central Telefónica de la E.P.N. Ingeniero Fabio González, información obtenida de los manuales de la central DEFINITY de la E.P.N, como también de la información brindada por la Tecnóloga Renata Chacón, funcionaria de la empresa proveedora de la central telefónica. Mientras que, la información de la red de datos o PoliRed está basada en la brindada por los Tecnólogos Juan Carlos Proaño y Marcelo Ramírez encargados del Centro de Cómputo de la E.P.N.

3.2 ESPECIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA TELEFÓNICO

La E.P.N no cuenta con una proyección del sistema telefónico ni a corto ni a largo plazo tampoco posee historiales o estudios que indiquen el crecimiento de

las necesidades en los usuarios o en la administración del mismo, lo cual limita en parte prever las necesidades que tendrá la E.P.N en un futuro.

No obstante, tomando las tendencias mundiales de telefonía y adaptándolas a la realidad de la Institución como ente educativo, se precisa que las necesidades del sistema telefónico, tanto del usuario como de la administración telefónica, están enfocadas desde dos puntos de vista:

- La integración y modernización de las comunicaciones, y
- El bajo costo de las comunicaciones.

3.2.1 ESPECIFICACIÓN DE NECESIDADES DE USUARIO

Los usuarios necesitan un sistema que les permita tener en una sola vía comunicaciones de voz y datos, y que les brinde las últimas aplicaciones en comunicación como por ejemplo, la llamada en espera en la PC, conferencias IP, mensajería unificada, entre otras.

Generalmente un usuario de cualquier red telefónica lo único que espera es recibir una conexión inteligible e inmediata con el destino, y además, que la conexión esté libre de fallas. Por lo que, óptimos niveles de eficiencia y confiabilidad son los que un sistema telefónico requiere para brindar su servicio de comunicación. De ahí que, estas características sean consideradas en el diseño de la nueva LAN Telefónica de la E.P.N.

3.2.2 ESPECIFICACIÓN DE NECESIDADES DE ADMINISTRADOR

Las proyecciones del sistema, los análisis de tráfico, requerimientos, costos, crecimiento y el funcionamiento en general de un sistema telefónico son responsabilidad del administrador del sistema. También es finalidad del administrador determinar los requerimientos y el equipo óptimo según las demandas esperadas o pronósticos de tráfico. Todo esto con el único objetivo de brindar un mejor servicio a sus usuarios.

Desde este punto de vista, y observando la realidad del sistema de administración tanto de la red de voz como de la red de datos de la E.P.N, se tiene que, las funciones de administrador se realizan con relativa eficiencia y de forma individual. Por lo tanto, la existencia de una administración integrada que contemple el sistema telefónico y el de datos de la E.P.N como uno solo, es vital para el manejo común de servicios que se implantarían con el sistema de telefonía IP. Algunas funciones como ingeniería de tráfico, colección de datos, actualizaciones de servicio, planificación de red, entre otras, brindarían al administrador una visión global de las demandas, requerimientos de red y estimaciones de crecimiento a largo plazo tanto de usuarios telefónicos como de usuarios de datos.

La administración integrada es crítica y compleja, puesto que para el administrador tener voz sobre la red de datos, le implica controlar el desempeño de la red en tiempo real, lo cual conlleva a tomar comportamientos instantáneos de tráfico de algunos elementos de red y de aplicaciones que se consideran críticas, a fin de que la capacidad de la red sea usada eficientemente. De esta manera se otorgará el suficiente ancho de banda para el tráfico de Voz sobre IP sensible a los retardos, mientras que las otras aplicaciones (correo electrónico, por ejemplo) que comparten el mismo enlace poseerán el ancho de banda necesario y no interferirán con tráficos críticos. En otras palabras, el administrador necesita llevar un control continuo de la red.

3.3 PLAN DE MIGRACIÓN AL SISTEMA DE TELEFONÍA IP

La migración de la telefonía convencional de la Institución hacia un sistema de Telefonía IP, requiere elaborar un Plan de Migración, el mismo, que de forma ordenada y sistemática indique las diferentes fases o pasos a seguirse. El sistema telefónico de la E.P.N. pasará de la técnica de conmutación por circuitos (a través de la central telefónica) a la de conmutación por paquetes (a través de la red de datos de la E.P.N o PoliRed).

Una limitación importante que influye en el plan migratorio, es que la Institución (E.P.N.) no tiene una visión clara sobre cuál será el futuro de su sistema telefónico, en el sentido, de qué esperan los usuarios sea su red de voz. Por lo tanto, en cada una de las fases, en función de requerimientos y necesidades a nivel de usuario o a nivel de dependencias de la E.P.N., se propone los lineamientos que debe manejar la nueva red de voz.

Según algunos expertos en integración de redes de voz y datos indican que una migración IP debe ejecutarse en fases (tres o cuatro), cuyo número depende de la actualización de cada una de las redes a integrar, del número de usuarios a cubrir y de las aplicaciones IP que se desea brindar a las comunicaciones de voz de los usuarios.

Para la Escuela Politécnica Nacional se plantea que el plan de migración IP, conste de las siguientes fases:

1. Fase 0: Telefonía convencional de la E.P.N.
2. Fase 1: LAN Telefónica H.323 de la E.P.N.
3. Fase 2: Migración IP con PBX – IP.

El tiempo de ejecución de este plan de migración IP se establece en cinco años la finalización de la Fase 1, y en diez años la finalización de la Fase 2, considerando que: *La migración hace uso de red de datos de la E.P.N, la cual, se encuentra en proyecto de re – diseño, mejoramiento y optimización estimado a 10 años.*

3.4 FASE 0: TELEFONÍA CONVENCIONAL DE LA E.P.N.

Es el punto de partida de la migración IP. Esta fase describe la situación actual del sistema telefónico de la E.P.N. Analiza los elementos y servicios telefónicos, como también las facilidades que el sistema brinda tanto a los usuarios como al administrador, a fin de determinar los requerimientos telefónicos que deberán ser satisfechos en las posteriores fases de migración IP con la

introducción de la menor cantidad de equipos y con el mejor aprovechamiento del *backbone* de fibra de la red de datos de la E.P.N.

A continuación se realiza el análisis del sistema telefónico de la Institución. Por otro lado, el Anexo B presenta una descripción de la estructura actual de la red de datos e indica algunas estimaciones de esta red en 10 años.

3.4.1 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA TELEFÓNICO DE LA E.P.N.

El sistema telefónico de la Escuela Politécnica Nacional, está concebido como un sistema totalmente independiente a la red de datos (PoliRed); tiene como finalidad cubrir las necesidades de comunicación interna (conmutación a través de la PBX) y externa (por medio de la interconexión con la red telefónica pública conmutada PSTN) de todas y cada una de las unidades académicas y administrativas que existen en la E.P.N.

A este sistema telefónico se lo puede considerar pequeño, ya que está conformado por una sola central telefónica PBX, que posee un bajo número de usuarios. Por lo tanto, la capacidad y administración del sistema están determinadas exclusivamente por las funciones y servicios que presta la PBX a sus usuarios.

3.4.1.1 Cableado telefónico

Según lo consultado al Administrador de la Central, el "cableado telefónico", que actualmente maneja el sistema, son tendidos de cable de cobre telefónico que no cumplen con ninguna de las normas establecidas por la ANSI/EIA/TIA para Sistemas de Cableado Estructurado.

En este punto es importante señalar que en algunos de los edificios de la Institución que poseen cableado estructurado, éste no está destinado para servicios de voz, y por tanto el sistema se lo emplea solo para transmisión de datos.

3.4.1.2 Líneas telefónicas

Todo el sistema telefónico de la EPN, está conformado por un sistema PBX marca DEFINITY Generic 3siV8 con 32 líneas telefónicas que funcionan como troncales de la central (20 bi - direccionales y 12 salientes) y 321 extensiones a dos hilos, más 96 líneas troncales telefónicas que se destinan a los principales departamentos de la Administración Central y de las carreras de la Escuela.

Estas 96 líneas telefónicas que se denominan directas pueden ser de dos tipos:

- Líneas telefónicas directas que no pasan por la central telefónica, es decir, líneas que no se benefician de los servicios y facilidades de la central DEFINITY.
- Líneas telefónicas directas que pasan por la central telefónica, esto es, líneas que se benefician de los servicios y facilidades de DEFINITY por ejemplo desvío de llamada, llamada en espera, etc., pero que están configuradas para ser tomadas por una extensión específica de la central.

3.4.2 CENTRAL TELEFÓNICA

La Escuela Politécnica Nacional, cuenta en su sistema telefónico desde el año 1993 con una central telefónica digital privada PBX marca AT&T modelo DEFINITY Generic 3iV3 y actualizada al modelo DEFINITY Generic 3siV8 a finales del año 2000. DEFINITY G3siV8 agrega nuevas mejoras y capacidades como por ejemplo el soporte del protocolo IP, con respecto a DEFINITY G3i u otras versiones anteriores de centrales de la misma familia.

DEFINITY Generic 3siV8 tiene la capacidad de procesar, conmutar, y transportar voz, datos y multimedia desde un punto a otro, además incluye la capacidad para funcionar como un servidor telefónico característico sobre una red de área local (LAN) y soportar llamadas multimedia en tiempo real y mensajería, mediante TCP/IP, ATM, T1/E1 e ISDN. Sin embargo, en la Escuela Politécnica

Nacional, la central DEFINITY G3siV8, se destina únicamente para las comunicaciones de voz, puesto que, para disponer de las otras capacidades posibles con la central, es necesario de *hardware* adicional, lo que implica costos para la Institución.

Vale anotar, que de aquí en adelante se hará referencia a la central telefónica de la E.P.N únicamente como DEFINITY o como central telefónica.

3.4.2.1 *Hardware* Actual

La central telefónica posee una arquitectura que permite el crecimiento de usuarios en forma modular y tiene una gran cobertura en cuanto al número de estaciones (extensión de voz, datos o líneas troncales). Soporta un máximo de 400 líneas troncales con una tasa de 20.000 llamadas completadas en la hora pico (BHCC), pudiendo estar activas 723 llamadas simultáneamente.

El elemento básico de DEFINITY, que se considera indispensable en sistemas de bajo número de usuarios, es el *Processor Port Network* (PPN), que es el controlador principal de las comunicaciones del sistema. Otro elemento es el *Expansion Port Network* (EPN), el cual es requerido en caso de crecimiento y puede conectarse al PPN mediante enlaces T1 o ATM. Frecuentemente es utilizado en sistemas con gran número de usuarios que están distribuidos geográficamente en diferentes oficinas. Por ejemplo en empresas que disponen de oficina matriz y oficinas sucursales.

Todo el *hardware* de la central se ubica dentro de gabinetes a excepción de las baterías. Los gabinetes contienen *slots* universales donde se puede colocar cualquier tipo de tarjeta (tarjetas de líneas troncales o de estaciones), excepto en aquellos destinados para las tarjetas de control.

- Las tarjetas de control ejecutan las funciones lógicas de memoria y conmutación.

- Las tarjetas troncales y de línea establecen interfaces para generar comunicaciones entre las diferentes terminales.

El *hardware* actualmente disponible en la central telefónica es el siguiente:

Tipo de <i>hardware</i>	1993	2001	Crecimiento en tarjetas	Crecimiento en Puertos
Tarjetas de 8 troncales	6	8	2	16
Tarjetas de 16 extensiones analógicas	14	15	1	16
Tarjetas de 8 extensiones digitales a dos hilos.	12	12	0	0
Tarjetas generadoras de tono.	2	4	2	-

Tabla 3.1. *Hardware de la central telefónica DEFINITY a Junio del 2001*

Como equipo adicional se tiene: un terminal de administración, un *pool* de módems, un juego de baterías, el módulo de distribución principal, aparatos telefónicos multifunción analógicos y digitales, consola operadora, módulos de datos, entre los principales.

En la tabla 3.2, se listan algunos parámetros de capacidades máximas que la central DEFINITY maneja, y además se presenta un esquema de la misma en la figura 3.1.

3.4.2.2 Servicio de Voz

La central telefónica de la Institución está destinada a brindar servicios de voz o simplemente comunicaciones telefónicas tanto internas como externas a los usuarios de las extensiones analógicas y extensiones digitales con la adición de determinados servicios a las llamadas (servicios adicionales).

Parámetro	Descripción	Disponibles	Máximo
Llamadas en la hora pico	Sistema Básico*	941	20.000
	Sistema ISDN**	0	8000
Llamadas Simultáneas		-	723
Líneas Troncales	Troncales en el sistema	32	400
Terminales***	Teléfonos Analógicos	228	2400
	Teléfonos Digitales	93	2400
	PCs	1	2400
	Módulos de datos	14	800
	ISDN-BRI	0	2400

* Máximo número de llamadas registradas en la hora pico en el período de muestreo.

** No se dispone el sistema ISDN en la E.P.N.

*** El máximo requiere *hardware* adicional.

Tabla 3.2 Parámetros máximos de la Central DEFINITY G3siV8

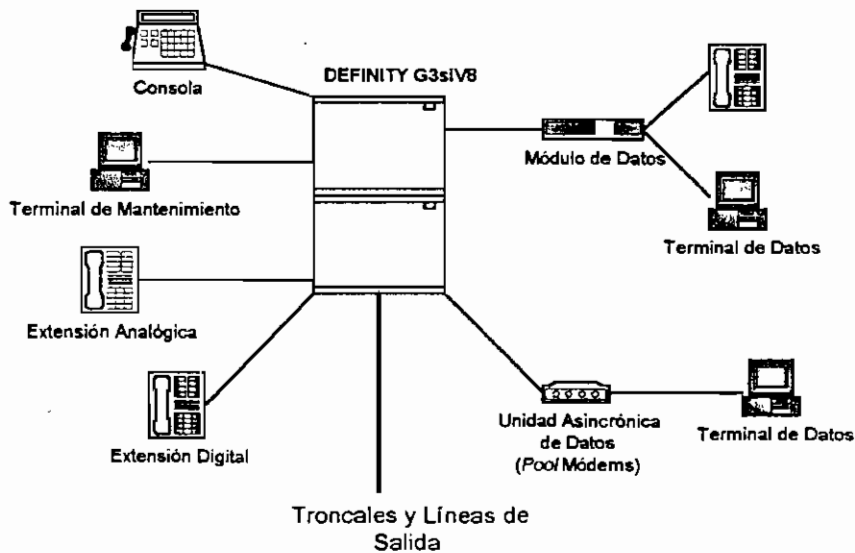


Figura 3.1 Esquema de conexión actual de la central telefónica

El sistema DEFINITY permite ofrecer a los usuarios algunos servicios adicionales en sus llamadas telefónicas, como son: conferencias de llamadas (llamadas tripartitas), transferencia de llamada, llamada en espera, marcación abreviada, marcación del último número discado, seguimiento de llamada, registrador de llamadas entre los principales servicios configurados en las extensiones de la central. Sin embargo, no todas las extensiones pueden beneficiarse de estos servicios ya que por ejemplo el servicio que registra el

número de llamada entrante requiere que el terminal sea digital y con pantalla digital.

Por lo tanto los dos tipos de extensiones (analógicas y digitales) de la central telefónica de la E.P.N disponen de diferentes terminales, que son: terminales analógicas y terminales digitales, cuya diferencia principal radica en el protocolo empleado para la comunicación entre ellas y la central.

Características más sofisticadas como: operadora automática y correo de voz, pueden también ser implementadas en la central con la adición de *hardware* especializado para el efecto, no obstante por razones específicamente económicas, no se disponen de estos servicios en la central de la Escuela Politécnica Nacional.

3.4.2.3 Servicio de datos

Esta facilidad no es aprovechada en la E.P.N. El manejo de datos es una importante característica de la central telefónica, ya que se puede establecer comunicaciones de datos entre dos terminales a través de la red telefónica mediante el empleo del módulo de datos mientras se transmite voz simultáneamente por el mismo par telefónico.

DEFINITY transmite la información analógica a velocidades de hasta 19.2 [Kbps] y la información digital a velocidades de hasta 64 [Kbps], relativamente bajas para transmisión de datos.

El manejo de datos que actualmente registra la central es para el envío de fax y para la conexión a proveedores de Internet por parte de algunas extensiones. Esta última, aprovecha en el mejor de los casos la velocidad de 56 [Kbps] de las tarjetas módems de las PCs (capacidad de conexión máxima a un proveedor de Internet por medio de la red telefónica pública conmutada).

3.4.2.4 Protocolos

Cuando existe flujo de datos hacia y a través del sistema DEFINITY se emplean varios protocolos, correspondientes a las capas 1, 2 y 3 del modelo OSI, para su transmisión y control. Algunos de estos protocolos se emplean entre el equipo terminal de datos (DTE) como un *host* y el equipo de comunicación de datos (DCE) como un *módem* o un módulo de datos, otros entre el equipo DCE y el sistema de puertos, y otros al interior del sistema.

Se detallan algunos de estos protocolos utilizados entre los diferentes puntos que intervienen en la transmisión de datos, y en la tabla 3.3 se puede ver el resumen de los mismos. Además, para mayor información acerca de otros protocolos que soporta DEFINITY puede referirse a los manuales de la central.

a. Protocolos de Capa 1

Los siguientes protocolos son usados entre el equipo DTE y el equipo DCE:

- *RS-232*.- Interfaz común usado para conectar el DTE hacia el DCE. Es típicamente usado para comunicaciones con velocidades de hasta los 19.2 [Kbps].
- *RS-449*.- Diseñado para vencer las restricciones de velocidad y distancia de RS-232 y limitaciones de control del módem.
- *V.35*.- Interfaz común usado para conectar un DTE a un DCE. Este protocolo es típicamente usado para transmisiones en 56 o 64 [Kbps].

Los siguientes protocolos son utilizados para regir la comunicación entre el equipo DCE y el puerto:

- *Protocolo de Comunicación Digital (DCP)*.- Este protocolo es de AT&T y envía voz y datos digitalizados en tramas de 160 [Kbps]. Consiste de 2 canales de

información (I) y un canal de señalización (S). Cada canal (I) provee una velocidad de 64 [Kbps] de comunicación de voz y/o datos y el canal S provee 8 [Kbps] de señalización. Permite la comunicación integrada de voz y datos entre un terminal y la central.

- *Interfaz de Velocidad Básica (BRI).*- Provee tres canales dispuestos de acuerdo al estándar ISDN 2B+D, 2 canales B de información de 64 [Kbps] y un canal D de señalización de 16 [Kbps]. Permite comunicaciones entre terminales de voz y datos y la central DEFINITY.
- *Interfaz de Velocidad Primaria (PRI).*- Permite el envío de voz y datos digitalizados en tramas T1 a una velocidad de 1.544 [Mbps] según el estándar americano ISDN 23B+D, o para el caso internacional en tramas E1 a una velocidad de 2.048 [Mbps] con 30B+D canales. Cada uno de los canales B y D transmiten a 64 [Kbps]. Mediante ISDN-PRI se puede establecer conectividad de alta velocidad con redes públicas o con otras centrales privadas. También puede ser usado para comunicaciones con un *host* que soporte esta interfaz.
- *Señal Analógica.*- Señal modulada para transportar frecuencias de voz.
- *ADU Propietario.*- Es una señal generada por un ADU (Unidad de Datos Asíncrona). Esta señal es para comunicaciones sobre distancia limitadas y puede ser entendida sólo por un ADU ubicado en el destino o por un ADU en un sistema de puertos.
- *DS1 (Señal digital de nivel 1).*- Protocolo que define el uso de código de línea, señalización y tramas sobre líneas de 24 canales. Por ejemplo PRI utiliza protocolo DS1 en capa 1.
- *European Conference of Postal and Telecommunications Rate 1 (CEPT 1) .-* Protocolo que define el uso de código de línea, señalización y tramas sobre líneas de 32 canales.

Al interior del sistema la transmisión de datos se da en una de las dos formas:

- *Raw bits.*- Cuando se trata de información digital, la información de los protocolos de capa física como DCP, es tomada del puerto de entrada e insertada en el puerto de salida.
- *PCM.*- Cuando se trata de señales analógicas (transmisión analógica mediante módem) se emplea un *CODEC* en el puerto de entrada para digitalizarlas mediante Modulación de Pulsos Codificados (PCM).

b. Protocolos de Capa 2

Los sistemas *DEFINITY* para el caso del canal de señalización de *ISDN-PRI* implementan capa 2 de acuerdo con la recomendación *Q.921*, y utilizan el protocolo de capa de enlace *LAPD*, (procedimiento de control de enlace para el canal *D*). Entre las principales funciones que provee *LAPD* se tiene corrección de errores, retransmisión y la facilidad de multiplexar señalización de muchos canales en un solo canal *D*.

Sin embargo, *DEFINITY* soporta otros protocolos de capa 2, y entre los más importantes se tiene:

- *Códigos de caracteres de 8 bits.*- Entre el equipo terminal *DTE* y el equipo *DCE*. Dependiendo del tipo de equipo usado, el código puede ser cualquier código propietario.
- *Interfaz Digital Multiplexado (DMI).*- Es propietario y empleado para transmitir información a través de la central, desde el *DCE* de origen al *DCE* de destino. Es semejante a *ISDN-PRI*, puesto que, maneja 24 canales de 64 [Kbps] (uno de los cuales es reservado para señalización).

- *Voice – grade data.*- Se utiliza entre el DCE de origen y el DCE de destino generalmente para transmisiones analógicas.

c. Soporte de otros protocolos

La información de los protocolos de capa 4 hasta capa 7 viaja en la corriente de datos que atraviesa la central telefónica, pero esta información es importante únicamente para los equipos terminales de datos como una computadora y no para la central; por tal razón, si se requiere que la central maneje otros protocolos principalmente de capa red y transporte es necesario instalar en su sistema el *hardware* que permita tal manejo. Por ejemplo si se necesita que la central maneje el protocolo IP, entonces, se requiere de la instalación de una tarjeta adicional en el sistema.

Tipo de Transmisión	Comunicación DTE a DCE	Capa OSI	Protocolos DTE a DCE	DCE al Sistema de Puertos	Al interior del sistema
Analógica	MÓDEM	1	RS-232,RS-449 o V.35	Analógica	PCM
		2	Código de 8 o 10 bits	<i>Voice –grade data</i>	<i>Voice –grade data</i>
Digital	Módulo de datos	1	RS-232,RS-449 o V.35	DCP o BRI	Raw bits
		2	Código de 8 bits	DMI	DMI
	Señal Digital de nivel 1 (DS1)	1	Cualquiera	DS1	PCM o Raw bits
		2	Código de 8 bits	DMI o <i>voice-grade data</i>	DMI o <i>voice-grade data</i>

Tabla 3.3 *Protocolos para comunicaciones de datos*

3.4.2.5 Administración

La administración del sistema DEFINITY de la Escuela Politécnica Nacional es realizada desde un terminal de datos el cual dispone del *software* y de las herramientas de programación en ambiente Windows necesarias para el efecto. Desde este terminal, el administrador de la red telefónica además de tener el

control de la central, puede efectuar configuraciones individuales que se ajusten a las necesidades de cada usuario.

Hay que anotar, que las funciones y capacidades que brinda este sistema de administración, son básicas si se comparan con las de otros sistemas más poderosos como el *Call Management System* (CMS), con los cuales puede haber un control y manejo más efectivo de la central. Sin embargo, estos sistemas no forman parte de la central telefónica de la Institución.

Con las herramientas de programación actuales, el administrador puede establecer en los usuarios algunas características importantes que le permiten controlar entre otras cosas el consumo telefónico de la Institución, restringiendo a determinados usuarios la salida de llamadas hacia la red pública, o a su vez, dependiendo de la jerarquía del usuario habilitándolo para efectuar solo llamadas locales, locales y regionales, locales, regionales y nacionales, etc. Además, DEFINITY puede emplear algunas características propietarias del sistema para la administración de las llamadas entrantes y salientes, y tener una mejor optimización de los recursos telefónicos.

A continuación, sin profundizar en estas características que tiene la central de la E.P.N., se describen algunas de ellas:

- Clases de Restricciones (COR): Éstas evitan el uso de ciertas características prohibidas para determinados usuarios dependiendo de su jerarquía. Se tienen restricciones tanto para la parte que llama como para la parte llamada. Entre estas restricciones se tienen: restricción de salida, restricción en el origen de la llamada, y restricción de llamadas entrantes.
- Clases de Servicio (COS): Establecen si un usuario puede o no acceder a servicios y funciones de la red telefónica, por ejemplo: retorno automático de llamada, acceso a operadora, prioridad para realizar llamadas, señal de mal colgado entre las más importantes.

- **Distribución Automática de Llamadas (ACD):** Para distribuir llamadas entrantes de manera eficiente y equitativa entre diferentes operadoras. Como en la Escuela Politécnica Nacional existe una sola operadora, esta función no está siendo utilizada.
- **Call Vectoring:** Enrutamiento interactivo de llamadas entrantes. Esta característica establece cómo las llamadas deben ser manejadas basándose en factores como por ejemplo la hora del día, prioridad, entre otros.
- **Call Prompting:** Programación del destino de las llamadas en función de parámetros programables. En esta característica los datos ingresados son tomados de la parte que llama. Una aplicación es la operadora automática.

3.4.2.6 Interconexiones con otras redes

Además de soportar interfaces de red pública, DEFINITY permite la migración a una red convergente compartiendo facilidades para comunicaciones con el objeto de reducir costos y complejidad de la red mediante la interconexión con otras redes.

Las capacidades flexibles de interconexión de DEFINITY incluyen comunicaciones usando IP, ATM, ISDN, T1/E1, lo cual permite converger a comunicaciones de voz y datos en la manera que mejor convenga a la Escuela Politécnica Nacional, especialmente en su migración a IP. Este punto es profundizado en la sección 3.9.8.

3.4.3 DISTRIBUCIÓN DE EXTENSIONES Y LÍNEAS TELEFÓNICAS EN LA E.P.N.

Como se mencionó en el inicio, el sistema telefónico de la Institución está constituido por 499 extensiones de las cuales 321 extensiones se consideran activas o en pleno funcionamiento; a su vez, de estas extensiones activas, 228

son extensiones analógicas y 93 son extensiones digitales. Adicionalmente dispone de 128 líneas telefónicas, de ellas 32 son troncales de la central, 20 líneas libres o sin asignación, y el resto líneas utilizadas como fax, módems, o líneas de voz directas.

Cabe anotar que existen otras 17 líneas telefónicas directas que no son propiedad de la E.P.N. y corresponden a la Cooperativa de Vivienda de la ADEPON, ADEPON, Cooperativa Politécnica, Porterías, Bar de Tecnólogos y Monederos (7 líneas).

Las extensiones en la actualidad están distribuidas en el Campus Politécnico, de acuerdo a una relación entre una serie numérica de extensiones y una carrera de Ingeniería, que en algunos casos, coincide con el edificio que la alberga. Por ejemplo: la serie del 200 al 299 es asignada al Edificio de Administración y distribuidas en las oficinas que alberga; la serie del 300 al 399 corresponde a los edificios Nuevo y Antiguo de Ingeniería Eléctrica. Mientras que, las líneas telefónicas directas no tienen ninguna relación de asignación en la E.P.N.

De acuerdo al orden numérico de las extensiones, se realiza un análisis acerca de la distribución de las extensiones telefónicas detallando el número de extensiones analógicas y extensiones digitales, ubicación de las mismas, y también de las líneas telefónicas directas, en tres tipos de dependencias u oficinas:

- Administrativo.- Reúne todas las oficinas encargadas de la administración de la Institución, así como oficinas de Bienestar Estudiantil, Bibliotecas, y otros.
- Laboratorios.- Abarca todas las dependencias destinadas a la investigación o a impartir clases, como también salas de computación.
- Docencia.- Incluye todas las oficinas de los profesores de la Institución.

3.4.3.1 Extensión 200 a Extensión 299

Este grupo de extensiones está asignado a la Administración Central de la Escuela, ubicada en el Edificio de Administración, sin embargo, muy pocas extensiones se disponen para el Teatro Politécnico, Casa Mata y el Edificio de Abastecimientos.

a. Edificio de Administración

En este edificio se concentra la Administración Central de la Institución. Además, se tienen también oficinas correspondientes a la Escuela de Ciencias.

Este edificio tiene, 31 extensiones analógicas y 26 extensiones digitales de esta serie numérica (200-299) más una extensión analógica de la serie asignada a (670-698) (para Administración Central), dos digitales de la serie de Ingeniería Civil (para Ciencias) y una digital de la serie de Gerencia Empresarial (Administración Central).

Del total de las extensiones únicamente 9 están en las oficinas de la Escuela de Ciencias que funciona en este edificio.

Prácticamente todas las extensiones digitales son asignadas a las jefaturas de los principales departamentos administrativos tanto en la Administración Central como en la Carrera de Ciencias, mientras que, las extensiones analógicas se otorgan a algunos departamentos, secretarías y personal de administración.

En cuanto a las líneas telefónicas, existen 22 líneas de las cuales únicamente 4 pasan por la central (Rectorado, Vicerrectorado, Departamento Financiero, y en la Ex – Facultad de Ciencias); 3 son fax (Rectorado, Vicerrectorado, Departamento Financiero) y las demás (15 líneas) no pasan por la central y se sitúan en los principales departamentos del Edificio de Administración. Cabe indicar, que la línea y fax del Rectorado tienen activo el servicio DDI (Discado Directo Internacional).

Las oficinas del Edificio del Teatro Politécnico, como son el Departamento de Cultura y de Ciencias Biológicas, cuentan con una extensión digital y una línea telefónica directa que no pasa a través de la central; para efectos de análisis se consideran como parte de este edificio.

Extensiones	Administración	Ciencias	Teatro
Analógicas	27	5	5
Digitales	25	4	1
Total Extensiones	52	9	6

Líneas	Administrativo	Ciencias	Teatro Pol.
Pasan por central	3	1	0
No pasan por central	15	0	1
Líneas de Fax	3	0	0
Total Líneas	21	1	1

Tabla 3.4 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Administración

b. Casa Mata

Es un edificio constituido prácticamente por laboratorios destinados a la realización de proyectos de investigación.

Cuatro extensiones son destinadas a este edificio, de las cuales 3 son analógicas y 1 digital, ubicadas todas ellas en laboratorios. Además, una extensión adicional pertenece a la serie de extensiones asignadas a Ingeniería Civil.

En cuanto a líneas telefónicas directas no existe ninguna que pertenezca a este edificio.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	0	4	0
Digitales	0	1	0
Total Extensiones	0	5	0

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Pasan por central	0	0	0
No pasan por central	0	0	0
Líneas de Fax	0	1	0
Total Líneas	0	1	0

Tabla 3.5 Extensiones y líneas telefónicas en Casa Mata

c. Edificio de Abastecimientos

Alberga en su totalidad dependencias administrativas como las Asociaciones de los trabajadores, profesores y estudiantes, Librería Politécnica, Cooperativa Politécnica. También se encuentra en este edificio la Carpintería de la Escuela.

Son muy pocas extensiones telefónicas las que se destinan para este edificio. Hay un total de 8 extensiones telefónicas de las cuales 2 son digitales correspondientes a las oficinas de Adquisiciones y la ADEPON y las demás al resto de dependencias que funcionan en el edificio.

Con respecto a líneas troncales telefónicas se disponen dos que no pasan a través de central: una para la Oficina de Inventarios y otra para la Federación de Estudiantes.

Extensiones	Administrativo
Analógicas	6
Digitales	2
Total Extensiones	8

Líneas	Administrativo
Pasan por central	0
No pasan por central	2
Líneas de Fax	0
Total Líneas	2

Tabla 3.6 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Abastecimientos

3.4.3.2 Extensión 300 a Extensión 399

Esta serie numérica sirve únicamente a la Ex – Facultad de Ingeniería Eléctrica. Físicamente este grupo de extensiones se encuentra en el Antiguo Edificio de Ingeniería Eléctrica y el Nuevo Edificio Eléctrica – Química.

a. Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica

Se ubican en este edificio dependencias administrativas y académicas, dentro de lo administrativo por nombrar algunas están: Coordinaciones de

Carreras, Dirección de Escuela de Ingeniería, Jefaturas de Departamentos, y dentro de lo académico: Laboratorios de las Carreras Electrónica y Eléctrica. En este edificio existen también algunas oficinas de profesores que disponen de extensiones analógicas o digitales.

En este edificio hay un total de 31 extensiones telefónicas, 23 son extensiones analógicas y 8 son extensiones digitales; si se considera la totalidad de extensiones, se tiene que, existe un número igual de extensiones entre laboratorios y administrativo, no así, si se compara con el número de extensiones asignadas a los docentes.

Un análisis por tipo de extensión muestra que de las extensiones analógicas, la mayor parte se concentra en los laboratorios y el resto de extensiones se divide entre lo administrativo y profesores; en cambio, en el caso de las extensiones digitales se observa que casi la totalidad están ubicadas en lo administrativo.

En cuanto a las líneas telefónicas, se tienen 4 líneas telefónicas de las cuales, una pasa a través de la central, otra es línea de fax (Ex - Decanato) y las dos últimas son líneas directas sin pasar por la central (Sistema de Información de la Ex – Facultad de Ingeniería Eléctrica), últimamente se han ubicado dos líneas para la Carrera de Ingeniería Eléctrica y una para la Maestría.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	5	12	6
Digitales	7	0	1
Total Extensiones	12	12	7

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	2	0	0
Líneas de Fax	1	0	0
Total Líneas	4	0	0

Tabla 3.7 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica

b. Edificio Nuevo de Eléctrica – Química (Análisis Eléctrica)

Es un edificio compartido por las Carreras de Ingeniería Electrónica, Eléctrica e Ingeniería Química. En la parte correspondiente para Ingeniería Eléctrica se ubican la mayor cantidad de aulas y oficinas de profesores, y unos pocos laboratorios.

Todo el edificio cuenta con 34 extensiones telefónicas, 16 extensiones para lo que es Ingeniería Eléctrica y 18 extensiones para Ingeniería Química.

Si se analiza las 16 extensiones telefónicas de Ingeniería Eléctrica se tiene que 13 son analógicas y 3 son digitales; considerando la totalidad de las extensiones (16), se tiene que 14 están asignadas a las oficinas de los docentes, incluyéndose en este grupo las tres extensiones digitales. En cuanto a líneas telefónicas, no existe ninguna para la parte de Ingeniería Eléctrica.

La tabla 3.8 se resume la distribución de extensiones telefónicas para Ingeniería Eléctrica del Edificio Nuevo de Eléctrica – Química.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	1	1	11
Digitales	0	0	3
Total Extensiones	1	1	14

Tabla 3.8 Extensiones telefónicas de Ingeniería Eléctrica en el Edificio Nuevo de Eléctrica - Química

3.4.3.3 Extensión 400 a Extensión 449

Este grupo de extensiones es asignado a la Ex – Facultad de Ingeniería Mecánica y está ubicado en su gran mayoría en el edificio de esta ingeniería; sin embargo, parte de estas extensiones se ubican en el Edificio del Ex – ICB, puesto que, algunos laboratorios y oficinas de docentes se sitúan en este edificio y una en los galpones del Ex – Americano, que para el análisis se la considera ubicada en el Edificio de Mecánica.

a. Edificio de Ingeniería Mecánica

Este edificio al igual que otros edificios que albergan una carrera de ingeniería posee departamentos administrativos, de docencia y laboratorios, que requieren de extensiones telefónicas.

El Edificio de Ingeniería Mecánica cuenta con 29 extensiones telefónicas, 25 de las cuales son extensiones analógicas y 4 son extensiones digitales. Un buen número de extensiones analógicas está asignado para el área docente y un número menor de extensiones en los laboratorios y lo administrativo. Sin embargo, en lo administrativo se ubican 3 extensiones digitales.

Adicionalmente, 6 extensiones telefónicas se ubican en el Edificio del Ex – ICB en oficinas de profesores y laboratorios.

En cuanto a líneas telefónicas, la Ex – Facultad de Mecánica, tiene asignadas 3 líneas telefónicas, una directa a través de la central y dos directas sin pasar por la central. (Ex - Decanato, Dpto. de Metalurgia Extractiva, Plan FIM).

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	6	6	13
Digitales	3	1	0
Total Extensiones	9	7	13

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	2	0	0
Líneas de Fax	0	0	0
Total Líneas	3	0	0

Tabla 3.9 (a) Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Mecánica

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	0	4	2
Digitales	0	0	0
Total Extensiones	0	4	2

Tabla 3.9 (b) Extensiones telefónicas de Ingeniería Mecánica en el Edificio Ex – ICB

3.4.3.4 Extensión 450 a Extensión 499

Este grupo de extensiones asignado a Ingeniería Química. Físicamente está repartido entre el Edificio Antiguo de Química, el Nuevo Edificio Eléctrica – Química y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) o Tecnológico.

a. Edificio Antiguo de Ingeniería Química

Reúne algunos laboratorios de la carrera, pocas oficinas de profesores, y como dependencia administrativa la Oficina de Maestría en Ingeniería Industrial.

Se cuenta con 12 extensiones telefónicas, 10 extensiones analógicas y 2 extensiones digitales. De las extensiones analógicas 7 se ubican en los laboratorios y el resto en lo administrativo y docencia; las 2 extensiones digitales se ubican en la parte de docencia.

La tabla 3.10 resume la distribución de extensiones telefónicas del Edificio Antiguo de Química.

Con respecto a las líneas telefónicas, se tiene que existe una línea telefónica directa que no pasa por la central en la Oficina de Maestría de Ingeniería Industrial.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	2	7	1
Digitales	0	0	2
Total Extensiones	2	7	3

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	0	0	0
No pasan por central	1	0	0
Líneas de Fax	0	0	0
Total Líneas	1	0	0

Tabla 3.10 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio Antiguo de Ingeniería Química

b. Edificio Nuevo de Eléctrica - Química (Análisis Química)

Como se describió anteriormente, este edificio es compartido por las Carreras de Eléctrica y Química, y únicamente se analizó la parte de Ingeniería Eléctrica.

Para Ingeniería Química este edificio reúne un notable número de dependencias académicas como laboratorios y además las respectivas dependencias administrativas de toda la carrera.

Ingeniería Química en este edificio posee (18 extensiones), el mayor número se encuentra en los laboratorios, sin embargo, es en lo administrativo donde se concentran casi la totalidad de las extensiones digitales. La tabla 3.11 resume la distribución de extensiones telefónicas para la parte de Ingeniería Química.

Con relación a las líneas telefónicas, se tiene que existe una línea telefónica directa que pasa a través de la central y una línea de fax.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	1	9	3
Digitales	4	1	0
Total Extensiones	5	10	3

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	0	0	0
Líneas de Fax	1	0	0
Total Líneas	2	0	0

Tabla 3.11 Extensiones y líneas telefónicas de Ingeniería Química en el Edificio Nuevo de Eléctrica - Química

c. Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT)

Es el edificio adjunto al Antiguo Edificio de Química, y en él se realizan distintas actividades relacionadas con la investigación en el área de alimentos.

Las pocas dependencias administrativas ocupan la totalidad de las extensiones digitales destinadas para este edificio.

Se destinan 7 extensiones telefónicas distribuidas conforme la tabla 3.12. Existen 2 líneas troncales telefónicas, una es línea de fax habilitada con el servicio de discado directo internacional y la otra en una línea telefónica directa que no pasa por la central.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	1	2	1
Digitales	3	0	0
Total Extensiones	4	2	1

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	0	0	0
No pasan por central	1	0	0
Líneas de Fax	1	0	0
Total Líneas	2	0	0

Tabla 3.12 Extensiones y Líneas Telefónicas en el Instituto Tecnológico

3.4.3.5 Extensión 500 a Extensión 530

Esta serie sirve únicamente al Ex – Instituto de Ciencias Básicas (ICB) y todas las extensiones se ubican físicamente en el edificio del mismo nombre.

a. Edificio del Ex – Instituto de Ciencias Básicas

En este edificio se concentran las dependencias administrativas y de docencia en el tercer piso del mismo, y no existe mayor cantidad de laboratorios en este edificio.

El Edificio del Ex - ICB cuenta con 12 extensiones telefónicas, 8 de las cuales son extensiones analógicas y 4 son extensiones digitales. Además, una extensión analógica se encuentra en el Edificio de Ingeniería Civil. La mitad de extensiones analógicas está en el área docente y la otra mitad repartida en

laboratorios y administrativo. Sin embargo, en lo administrativo se ubican 4 extensiones digitales.

Con respecto a líneas troncales telefónicas, existe una línea que pasa a través de la central y otra línea que se usa como fax.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	2	2	4
Digitales	4	0	0
Total Extensiones	6	2	4

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	0	0	0
Líneas de Fax	1	0	0
Total Líneas	2	0	0

Tabla 3.13a Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio del Ex – ICB

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	0	1	0
Digitales	0	0	0
Total Extensiones	0	1	0

Tabla 3.13b Extensiones telefónicas del Ex – ICB en el Edificio de Civil

3.4.3.6 Extensión 530 a Extensión 549

Esta serie comprende un pequeño grupo de extensiones asignado a la Carrera de Geología Minas y Petróleos, y físicamente se ubica en los edificios que albergan esta carrera.

a. Edificio de Geología, Minas y Petróleos

Está conformado por edificios contiguos, que reúnen las diferentes áreas de la Carrera de Ingeniería en Geología.

Hay un total de 14 extensiones con número similar de extensiones en lo administrativo y docente, superando a los laboratorios con muy pocas

extensiones; por otro lado, es en lo administrativo donde se ubica una mayor cantidad de líneas digitales.

Con relación a las líneas troncales telefónicas, se posee una sola línea telefónica que no pasa por la central.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	1	3	4
Digitales	5	0	1
Total Extensiones	6	3	5

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	0	0	0
No pasan por central	1	0	0
Líneas de Fax	0	0	0
Total Líneas	1	0	0

Tabla 3.14 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Geología, Minas y Petróleos

3.4.3.7 Extensión 550 a Extensión 599

Este grupo de extensiones está asignado al Ex – Instituto de Tecnólogos y físicamente en él están las diferentes dependencias que conforman el área de este Ex - Instituto.

a. Ex - Instituto de Tecnólogos

El Ex – Instituto de Tecnólogos, está conformado físicamente por varias áreas, las mismas que albergan en una manera definida las diferentes dependencias que se analizan: administrativo, laboratorios, y docentes.

Las extensiones del sector administrativo y de docentes se encuentran en el área administrativa y de docencia respectivamente, mientras que, las extensiones de los laboratorios no están concentradas en un sitio específico, en vista de que algunos de ellos se ubican en los galpones del Ex – Americano.

Cabe indicar, que en este estudio se considera parte del área de Tecnólogos los galpones ubicados en el Ex – Americano, y para efectos del análisis todas las extensiones se aprecian como si estuvieran concentradas en un solo edificio.

Existe un total de 28 extensiones telefónicas, 22 extensiones analógicas y 6 extensiones digitales; en lo administrativo y docente se concentran la mayor parte de extensiones, quedando un número mínimo de extensiones para laboratorios.

Todas las extensiones digitales se encuentran en la parte administrativa. Además, vale anotar que dos extensiones analógicas no corresponden a la serie de extensiones analizada, sino a la serie asignada a sistemas (ext. 690 – ext 698).

Como línea telefónica directa se tiene una que pasa por la central.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	5	3	14
Digitales	5	1	0
Total Extensiones	10	4	14

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docencia
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	0	0	0
Líneas de Fax	0	0	0
Total Líneas	1	0	0

Tabla 3.15 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Tecnólogos

3.4.3.8 Extensión 600 a Extensión 646

Esta serie numérica corresponde a lo que es Ingeniería Civil, pero físicamente este grupo de extensiones se halla en el Edificio de Civil, Edificio de Hidráulica, y muy pocas extensiones en los ya analizados Casa Mata y Edificio de Administración.

a. Edificio de Ingeniería Civil

Este edificio puede considerársele especial por cuanto tiene la presencia del Instituto Geofísico, el Centro de Estudios para la Comunidad de la EPN (CEC), la Carrera de Ingeniería Civil, Laboratorio de Física del Ex – ICB, departamentos de la Carrera de Ciencias Físicas y proyectos de investigación; por tanto, cada una de ellas aporta con dependencias administrativas, laboratorios y oficinas para docentes.

En total se cuenta con 31 extensiones telefónicas activas en este edificio, las mismas, que se distribuyen en forma general de acuerdo a la tabla 3.16.

De las 15 extensiones de Ingeniería Civil, las 4 extensiones digitales se ubican en el área administrativa y las 11 analógicas en la docencia y administración. Las extensiones correspondientes al CEC y Geofísico son todas administrativas; y con respecto a las extensiones de Ciencias Físicas, las dos analógicas se ubican en el Edificio de Civil en el área de docencia y las dos digitales en el Edificio de Administración, en el área de administración.

Extensiones	Ing. Civil	CEC	Geofísico	Cien. Físicas	Ex - ICB
Analógicas	11	3	0	2	1
Digitales	4	2	2	2	0
Total Extensiones	15	5	2	4	1

Líneas	Ing. Civil	CEC	Geofísico
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	1	1	4
Líneas de Fax	0	0	1
Total Líneas	2	1	4

Tabla 3.16 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Civil

En cuanto a líneas telefónicas directas, se tiene en este edificio un buen número, debido principalmente a que se encuentra el Instituto Geofísico quien posee 5 líneas telefónicas, de las cuales, 4 son líneas telefónicas directas sin pasar por la central y una funciona como fax. Además dos de ellas tienen apertura para llamadas internacionales (DDI).

Por otro lado en el CEC se tiene una línea telefónica que pasa por la central y por otro, dos líneas asignadas a la Ex – Facultad de Ingeniería Civil, una de las cuales pasa a través de la central y la otra no.

b. Edificio de Hidráulica

Es un edificio destinado para investigaciones en el área de Recursos Hídricos e Ingeniería Ambiental, por tanto en este edificio las extensiones son destinadas a los docentes de este edificio.

Son pocas las extensiones que se disponen en este edificio, en su mayoría son analógicas y destinadas a los profesores del área (Hidráulica e Ingeniería Ambiental). Además existe una línea telefónica que pasa por la central.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	0	3	4
Digitales	0	1	0
Total Extensiones	0	4	4

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	0	0	0
Líneas de Fax	0	0	0
Total Líneas	1	0	0

Tabla 3.17 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Hidráulica

3.4.3.9 Extensión 647 a Extensión 698

Esta serie corresponde a la Carrera de Ingeniería en Sistemas por ende al edificio de la misma carrera. Sin embargo de este grupo de extensiones se ocupan para las extensiones de Gerencia Empresarial, Bienestar Estudiantil (administrativo), una extensión para el teatro, otra para mantenimiento telefónico (administración) y dos para el Instituto de Tecnólogos.

a. Edificio de Ingeniería en Sistemas

Se ubican en este edificio dependencias administrativas, de docencia, y laboratorios de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, así como también, de posgrado; además, se tiene también las oficinas de Bienestar Estudiantil y aulas para algunos programas de posgrado de la Institución.

Este edificio cuenta con 27 extensiones telefónicas, 23 extensiones analógicas y 4 extensiones digitales más una adicional de la serie asignada al Edificio de Administración.

Existe una igual distribución de extensiones entre la parte administrativa y la docente. Sin embargo, observando únicamente las extensiones digitales, se tiene que la mayor parte están en lo administrativo.

El Edificio de sistemas cuenta con 13 líneas troncales telefónicas que no pasan por central, de las cuales, 10 se encuentran en laboratorios y son utilizadas para Servicio de Acceso Remoto (RAS), una línea está en la parte administrativa de la Carrera de Sistemas, una en el bar de sistemas (Bienestar Estudiantil), y una última en la FEPON (Administración Central).

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes	Bienestar Estudiantil
Analógicas	6	4	7	7
Digitales	3	0	1	0
Total Extensiones	9	4	8	7

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Bienestar E.
Pasan por central	0	0	0
No pasan por Central	2	0	1
Líneas de Módems	0	10	0
Total Líneas	2	10	1

Tabla 3.18 Extensiones y líneas telefónicas en el Edificio de Sistemas

b. Casa de Posgrado en Gerencia Empresarial

Se ubican dependencias administrativas y de profesores mas no laboratorios, esto por la naturaleza misma de los programas de postgrado. Están

destinadas 5 extensiones telefónicas, 4 digitales y una analógica que se utiliza como el Fax de Gerencia Empresarial. Sin embargo, esas pocas extensiones telefónicas son compensadas con 4 líneas telefónicas (una pasa a través de la central y tres no) más una línea que funciona como fax.

Extensiones	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Analógicas	1	0	0
Digitales	4	0	0
Total Extensiones	5	0	0

Líneas	Administrativo	Laboratorios	Docentes
Pasan por central	1	0	0
No pasan por central	3	0	0
Líneas de Fax	1	0	0
Total Líneas	5	0	0

Tabla 3.19 Extensiones y líneas telefónicas en la Casa de Posgrado

3.4.3.10 Resumen del sistema telefónico

La tabla 3.20 muestra, un resumen de la asignación y ubicación de las extensiones de la central telefónica en la Escuela Politécnica Nacional, de acuerdo al orden numérico de las extensiones o serie numérica. La tabla 3.21 presenta un resumen del número de extensiones activas que tiene cada uno de los edificios de la E.P.N y su correspondiente serie. Mientras que, en la tabla 3.22, resume la distribución de estas mismas extensiones pero ubicándolas en cada una de las dependencias administrativas, docencia y laboratorios de las diferentes carreras e institutos de la Escuela, así como en la Administración Central de la E.P.N. De esta última tabla, se puede determinar que el 52 % de todas las extensiones activas se encuentran en dependencias que tienen que ver con la administración, sea de la Escuela o de cada una de las carreras, el 28% de las extensiones se destinan a profesores y el 20% se encuentran en aulas utilizadas como laboratorios. Ahora, si únicamente se mira las extensiones digitales (93), se establece que el 85% de ellas se ubican en lo administrativo, 10% en lo docente y 5% en los laboratorios. Y, si se observa las extensiones analógicas (228), se tiene que entre lo administrativo y lo docente existe un porcentaje similar, 38% y 36% respectivamente, y un 26% en los laboratorios.

Por otro lado, la tabla 3.23. muestra la distribución de todas las líneas telefónicas de la Institución, sin incluir las 20 líneas libres o de reserva, 34 líneas de central (32 troncales y 2 para acceso remoto), las 17 líneas que no son propiedad de la E.P.N. y las 4 líneas ubicadas fuera del Campus de la E.P.N. y que pertenecen al Observatorio y a la Metalmecánica de San Bartolo. De esta tabla, se determina que varias dependencias importantes de la Escuela no tienen líneas directas a la central telefónica, es decir, no tienen las facilidades brindadas por el PBX; sin embargo, estas mismas dependencias poseen líneas telefónicas que no pasan por la central telefónica, y por tanto, están aisladas de la red telefónica.

A primera vista esto parece ser un problema de administración, el cual se solucionaría configurando las líneas que no pasan por central como líneas directas de la central. No obstante, considerando la falta de una operadora automática que maneje simultáneamente varias llamadas entrantes, esta solución por el momento provocaría un difícil acceso telefónico para quienes deseen llamar a una dependencia en particular.

Otras acotaciones de importancia tomadas a partir de la información de las tablas son:

- Las dependencias de la E.P.N tienen asignadas una serie numérica de extensiones con relación a su tamaño. Por ejemplo, el Edificio de la Ex – Facultad de Eléctrica, es considerado como el más grande, por tanto, posee el mayor número de extensiones al igual que Administración Central de la EPN (100 extensiones), mientras que, las carreras más pequeñas poseen un menor número de extensiones asignadas (entre 50 y 30 extensiones). Sin embargo, esta relación no está muy bien aplicada, ya que, el número de extensiones que realmente operan en algunas dependencias son menos y en otras más de las requeridas, esto se evidencia en los picos altos de tráfico que tiene las dependencias con pocos usuarios.
- El crecimiento de la Escuela Politécnica Nacional como Institución Educativa en los últimos años no ha influido significativamente en el

incremento de las extensiones telefónicas, según lo demuestra la diferencia entre el número de tarjetas de extensiones iniciales y las actuales.

- La utilización de la central para el envío de fax es pequeña, ya que de las 228 extensiones analógicas sólo seis se registran como extensiones de fax y corresponden a Ingeniería Civil, Mecánica, Postgrado en Gerencia, CEC, y al Ex – Instituto de Tecnólogos.

Serie Numérica Asignada	Edificio Asignado	Carreras y Dependencias Albergadas	No. Total de Extensiones Asignadas
200-299	Edificio de Administración, de Abastecimientos, Casa Mata y el Teatro	Ciencias, Administración Central.	100
300-399	Edificio Antiguo de Eléctrica y el Edificio Nuevo Eléctrica Química	Eléctrica	100
400-449	Edificio de Ingeniería Mecánica y el Edificio del Ex – ICB	Mecánica	50
450-499	Edificio Antiguo de Química, Edificio Nuevo Eléctrica Química y el Edificio del Instituto Tecnológico	Química, Instituto Tecnológico	50
500-529	Edificio del Ex – Instituto de Ciencias Básicas	Preparatorio	30
530-549	Edificio de Geología	Geología	20
550-599	Casas de Tecnólogos y algunos galpones ubicados en Ex – Americano, Ed. Administración	Tecnólogos y Administración	50
600-646	Edificio de Civil, Edificio de Hidráulica, Casa Mata, Edificio de Administración	Civil, Geofísico, CEC, Ciencias Casa Mata, Ex – ICB	47
647-669	Edificio de Sistemas	Sistemas	23
670-689	Casa de Posgrado en Gerencia Empresarial, Ed. Administración y Teatro	Posgrado en Gerencia Empresarial, Administración	20
690-698	Edificio de Sistemas y Tecnólogos	Bienestar Estudiantil, Tecnólogos	9

Tabla 3.20 Ubicación de las series numéricas de la central en la E.P.N.

Edificio	200 - 299	300 - 399	400 - 449	450 - 499	500 - 529	530 - 549	550 - 599	600 - 646	647 - 669	670 - 698	Total por Edificio
Abastecimientos	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Administración	57	0	0	0	0	0	1	2	0	1	61
Posgrado en Gerencia Empresarial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Casa Mata	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Eléctrica -Química Nuevo	0	16	0	18	0	0	0	0	0	0	34
EX - ICB	0	0	6	0	12	0	0	1	0	0	19
Hidráulica	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
Ingeniería en Sistemas	1	0	0	0	0	0	0	0	20	7	28
Ingeniería Civil	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	26
Ingeniería Eléctrica Antiguo	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	31
Ingeniería Geología, Minas y Petróleos	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14
Ingeniería Mecánica	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	29
Ingeniería Química Antiguo	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	12
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7
Instituto de Tecnólogos	0	0	0	0	0	0	26	0	0	2	28
Teatro Politécnico	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Total Activas por Serie	75	47	35	37	12	14	27	38	20	16	321

Tabla 3.21 Ubicación de las series numéricas de las extensiones en los edificios de la Institución

Dependencia	Administrativo		Docente		Laboratorios		Total Analógica	Total Digital	Total Activas
	Analógica	Digital	Analógica	Digital	Analógica	Digital			
Abastecimientos	6	2	0	0	0	0	6	2	8
Administración Central	27	25	0	0	0	0	27	25	52
Bienestar Estudiantil	7	0	0	0	0	0	7	0	7
Biología	1	1	0	0	0	0	1	1	2
Casa Mata	0	0	0	0	4	1	4	1	5
CEC	2	2	0	0	1	0	3	2	5
Ciencias	2	5	5	1	0	0	7	6	13
Cultura	4	0	0	0	0	0	4	0	4
EX - ICB	2	4	4	0	3	0	9	4	13
Geofísico	0	2	0	0	0	0	0	2	2
Hidráulica	2	0	4	0	1	1	7	1	8
Ingeniería Civil	5	4	6	0	0	0	11	4	15
Edificios de Ingeniería Eléctrica	6	7	17	4	13	0	36	11	47
Ingeniería en Geología Minas y Petróleos	1	5	4	1	3	0	8	6	14
Ingeniería en Sistemas	6	3	7	1	4	0	17	4	21
Ingeniería Mecánica	6	3	15	0	10	1	31	4	35
Ingeniería Química	3	4	4	2	16	1	23	7	30
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	1	3	1	0	2	0	4	3	7
Instituto de Tecnólogos	5	5	14	0	3	1	22	6	28
Posgrado en Gerencia Empresarial	1	4	0	0	0	0	1	4	5
Total por Tipo	87	79	81	9	60	5	228	93	321
Total Extensiones	166		90		65		321		

Tabla 3.22 Número de extensiones analógicas y digitales en la E.P.N. por dependencia

Dependencia	Líneas de Fax	Líneas que no pasan por la central	Líneas que pasan por la central	Módems	Total por Dependencia
Abastecimientos	0	2	0	0	2
Administración Central	3	16	3	0	22
Bienestar	0	1	0	0	1
Biología	0	1	0	0	1
Casa Mata	1	1	0	0	2
CEC	0	0	1	0	1
Ciencias	0	0	1	0	1
Ingeniería Civil	0	1	1	0	2
Edificios de Ingeniería Eléctrica	1	2	1	0	4
Ex - ICB	1	0	1	0	2
Geofísico	1	4	0	0	5
Ingeniería en Geología Minas y Petróleos	0	1	0	0	1
Posgrado en Gerencia Empresarial	1	3	1	0	5
Hidráulica	0	0	1	0	1
Instituto de Tecnólogos	0	0	1	0	1
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	1	1	0	0	2
Ingeniería Mecánica	0	2	1	0	3
Ingeniería Química	1	1	1	0	3
Ingeniería en Sistemas	0	1	0	10	11
Total de Líneas de la EPN	10	37	13	10	70

Tabla 3.23 Número de líneas telefónicas y faxes por dependencia de la E.P.N.

- De todas las líneas telefónicas que pertenecen a la Institución, únicamente cinco tienen la posibilidad de realizar llamadas internacionales, fax y línea telefónica del Rectorado, fax y línea telefónica del Instituto Geofísico, y el fax del Instituto de Investigaciones Tecnológicas.
- La capacidad de 400 líneas troncales de la central es suficiente para administrar todas las líneas telefónicas (128) dispuestas en el Campus desde la central, con la respectiva adición de tarjetas de troncales.

3.4.4 DEFINICIONES BÁSICAS DE TRÁFICO TELEFÓNICO^[28]

El tráfico telefónico de un conjunto de usuarios se distingue por su comportamiento aleatorio, es decir, no se puede predecir exactamente cuando un abonado iniciará una llamada y cuando terminará, sólo es posible suponer que tan probable, es que, un abonado inicie una llamada dentro de un intervalo de tiempo determinado y que tan probable es que termine dicha llamada dentro de otro intervalo.

La intensidad de tráfico es una cantidad adimensional, pero se le ha asignado la unidad denominada **erlang (E)**, en honor al pionero de esta teoría. La intensidad de tráfico, es definida como el número promedio de llamadas en progreso en un intervalo o período de observación. Por ejemplo, la intensidad de tráfico $A = 3$ erlangs, significa que durante el período de observación de un total de n líneas, 3 están ocupadas en promedio. Hay que anotar que si el número de líneas n aumenta, por ejemplo a $2n$ manteniendo en 3 el promedio de líneas ocupadas simultáneamente, la intensidad de tráfico sigue siendo 3 erlangs, pero la medida de ocupación se reduce, debido a que las tres ocupaciones simultáneas se distribuyen en el doble de troncales. La medida de ocupación es $a = A/n$, y es la aportación de una línea a la intensidad total de tráfico. Su valor numérico representa la probabilidad de ocupación de esta línea y nunca puede ser mayor a la unidad, de donde se deduce que la intensidad de tráfico de una sola línea nunca puede ser mayor que 1 erlang.

Sobre un grupo de líneas, el promedio de llamadas en progreso depende de dos factores: el número de llamadas que se efectúan y su duración. Vale anotar que, el valor de duración de llamada que se toma, es el promedio de las duraciones de las llamadas realizadas.

Entonces, para un grupo de líneas el tráfico transportado está dado por:

$$A = C * t_m / T \quad \text{Ecuación 3.1}$$

A = Intensidad de tráfico telefónico en erlangs

C = Promedio de llamadas que ocurren durante el tiempo de observación T.

t_m = Promedio de duración de las llamadas, realizadas dentro del período de observación T.

El tráfico telefónico se origina en las fuentes tanto internas como externas, y se alimenta a la central, la misma que lo enruta a los diferentes destinos en forma total o parcial, dependiendo de la congestión.

El tráfico que no es aceptado se denominará residual o de desborde (en sistemas telefónicos que disponen de varios centros de conmutación, el tráfico de desborde es pasado a otro conmutador de acuerdo a diferentes requerimientos); en el caso de la Escuela Politécnica Nacional el tráfico de desborde prácticamente se pierde.

La intensidad de tráfico que se alimenta al sistema se conoce como Tráfico Ofrecido A, la parte de tráfico que el conmutador o central acepta es el Tráfico Cursado (Y), y el tráfico que no es aceptado es el tráfico de desborde o Tráfico Residual (D). Por tanto, la ecuación que se cumple es:

$$A = Y + D \quad \text{Ecuación 3.2}$$

En la figura 3.2 muestra la localización de los tráficos ofrecido, cursado y residual que se pueden encontrar en un sistema telefónico.

Por otro lado, puesto que los intentos de llamadas que no se pueden atender ocupan líneas fuente aunque por un corto período, entonces cualquier llamada perdida se debe tratar como si fuese una llamada completada, es decir, se debe considerar que dichos intentos tienen una duración igual al tiempo promedio t_m de una llamada completada. Por esta razón el tráfico ofrecido indica solamente la intensidad de tráfico que se tiene si todas las llamadas que se ofrecen se pudiesen completar.

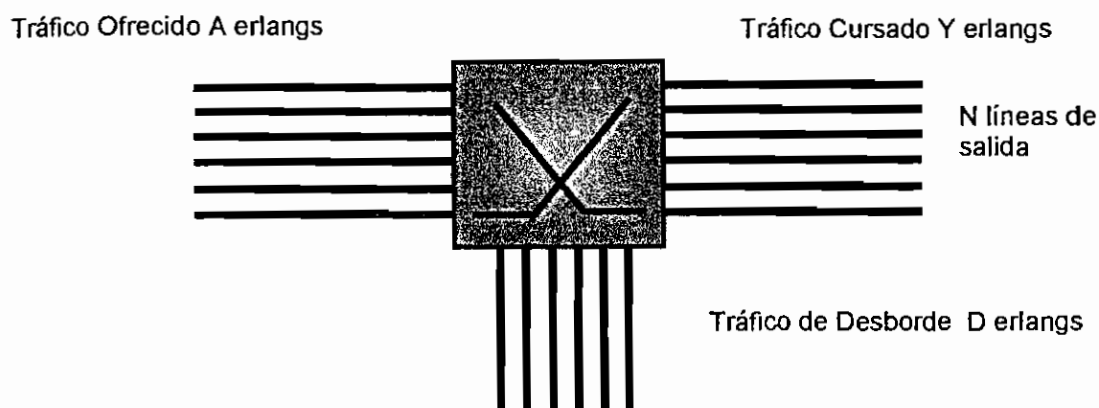


Figura 3.2 Localización del tráfico telefónico

La proporción de llamadas que se pierden o retardan debido a la congestión se denomina grado de servicio (B), y expresa la probabilidad de encontrar congestión en la hora pico. El grado de servicio típico empleado en el dimensionamiento de sistemas telefónicos públicos es $B = 0.01$. Esto significa que durante la hora pico en promedio se pierde una de cada 100 llamadas. El grado de servicio, está dado por la ecuación 3.3:

$$B = \text{número de llamadas perdidas} / \text{número de llamadas ofrecidas}$$

o,

$$B = \text{tráfico perdido} / \text{tráfico ofrecido} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

El grado de servicio o la probabilidad de pérdida para un sistema con pérdida de llamadas que dispone de N líneas y se le ofrece un tráfico de A erlangs, como se muestra en la figura 3.2, está determinado por la Primera Distribución de Erlang $E_{1,N}(A)$.

$$B = E_{1,N}(A) = \frac{A^N}{N! \sum_{K=0}^N \frac{A^K}{K!}} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

$B = E_{1,N}(A)$ = probabilidad de pérdida

A = Intensidad de tráfico ofrecido

N = Número de órganos o líneas

En la práctica, los resultados de esta fórmula se encuentran recopilados en tablas recomendadas por la ITU para solucionar el problema del dimensionamiento telefónico, considerando, las variables A y B como conocidas, y la variable N a determinarse^[28].

3.4.4.1 Tráfico de la central telefónica de la E.P.N.

La central DEFINITY 3siV8 proporciona reportes o registros de las llamadas mediante la función "**Call Detail Recording**" (CDR), y gracias a esta función, se obtiene información detallada referente a llamadas salientes, entrantes, internas o intentos no exitosos de llamada. La información generada puede recogerse en cualquier computador conectado a la salida del CDR mediante puerto serial y con la ayuda de un programa emulador de datos como el Hyper Terminal

a. *Llamadas Salientes*.- Llamadas originadas por los usuarios de extensiones u operadora y que son dirigidas hacia la red pública. En este conjunto de llamadas se encuentran las llamadas Locales, Regionales, Nacionales, Celular. Estas llamadas están identificadas en los registros de llamadas de la central por la letra "A".

b. Llamadas Entrantes.- Llamadas originadas por usuarios de red pública y que están destinadas a las extensiones de la central u operadora. Estas llamadas están identificadas en los registros de llamadas de la central por el número "9".

c. Llamadas Internas.- Originadas y destinadas hacia una extensión que está bajo control de la central. Se conocen también como llamadas "*intra-switch*". Estas llamadas están identificadas en los registros de llamadas de la central por el número "0".

d. Llamadas por Operadora.- Originadas en una extensión que no tiene salida hacia la red telefónica exterior y por lo tanto son dirigidas hacia la operadora con el fin de tener acceso a la red pública conmutada. Estas llamadas están identificadas en los registros de llamadas de la central por el número "1".

e. Intentos Inefectivos de llamada.- Llamadas originadas por un usuario de la central y que son bloqueadas debido a que el usuario no está autorizado para realizar el intento, error de marcación, o debido a que todas las troncales están ocupadas. Estas llamadas son identificadas en los registros de llamadas de la central por las letras "E" o "F".

Para fines de este trabajo, la información recopilada desde el 27 de junio del 2001 al 9 de julio del 2001, se relaciona con cuatro variables que permiten analizar el comportamiento del tráfico de la Escuela Politécnica Nacional, que son:

- La hora de inicio de llamada
- La duración de la llamada (sin considerar tiempo de timbrado).
- Número telefónico de destino o llamado
- Número telefónico que originó la llamada

Para el análisis del comportamiento del tráfico en la Institución, todos los reportes generados diariamente fueron estudiados con el objetivo de calcular parámetros de tráfico, localizar horas de mayor tráfico, llamadas inefectivas, etc.,

y poder emitir un criterio acerca de cómo está funcionando actualmente la central telefónica de la Escuela Politécnica Nacional. Además, se toma en cuenta las siguientes acotaciones:

1. La central registra de todas las extensiones todas las llamadas salientes y entrantes pero no todas las llamadas internas. Las llamadas, que se realizan entre extensiones que no estén configuradas dentro de la base de datos de la central, denominada INTRA – SWITCH, no son registradas.
2. El análisis del tráfico entrante, saliente e interno es realizado en el día de más alto tráfico registrado.
3. La central DEFINITY no proporciona información de cuántas llamadas entrantes se perdieron (llamadas no respondidas por la operadora, o que, recibieron el tono de ocupado), únicamente identifica con la letra "E" o "F" a los intentos no exitosos de llamadas.
4. El análisis no toma en cuenta las llamadas de larga distancia internacional, debido a que este servicio no está habilitado a todos los usuarios de la central.

Bajo estas consideraciones se presenta a continuación la información resumida de las llamadas efectuadas durante el 27 de junio y el 9 de julio del 2001. Información más detalla referente al tráfico telefónico se encuentra en el Anexo C. Durante los 13 días de observación del tráfico telefónico, se acumularon 58504 llamadas, distribuidas de la siguiente manera:

- a) 16314 son llamadas Internas y equivalente al 27.89%.
- b) 9434 son llamadas entrantes desde la red pública y equivalente al 16.13%.
- c) 31650 son llamadas salientes y equivalen al 54.10%.
- d) 1106 son intentos de llamadas y equivalen al 1.89%

Además, se tiene que:

- De las 31650 llamadas salientes (54.10%), 28017 (47.89%) fueron llamadas locales, 515 (0.88%) regionales, 446 (0.76%) nacionales, 1694 (2.90%) a

celular, 803 (1.37%) a operadora de ANDINATEL y 175 (0.3%) a servicios 1-700, 1-800 o 1-900.

- De los 1106 (1.89%) intentos sin éxito de llamada, se pueden estimar que 530 (0.9%) llamadas se bloquearon debido a que no existían troncales disponibles, y el resto de intentos se bloquearon por errores de marcación o porque el usuario no está autorizado para realizar el intento.
- De las 9434 (16.13%) llamadas entrantes, 652 llamadas se quedan en comunicación con la operadora de la Escuela Politécnica Nacional, lo cual, hace pensar que muchas llamadas no llegan a su destino final ya sea porque la extensión con quién deseaban comunicarse estaba ocupada o la llamada no era contestada.

3.4.4.2 Intensidad de tráfico diario

La intensidad de tráfico telefónico del día más cargado del período de observación fue del 2 de julio de 2001, cuyos resultados se resumen a continuación.

a. Tráfico saliente diario

Este tráfico posee una hora pico en la mañana y otra en la tarde, siendo la más importante la hora de la tarde (15h00 a 16h00), ya que alcanza un valor de 13.56 [erl]. En promedio, el tráfico de la tarde (13h00 a 19h00) es un tanto mayor que el promedio de tráfico de la mañana (7h00 a 13h00), 8.87 [erl] y 8.47 [erl] respectivamente, mientras que, el promedio de tráfico a partir de las 19h00 (2.17[erl]) es mucho menor.

b. Tráfico entrante diario

El tráfico entrante tiene también una hora pico en la mañana y otra en la tarde. La hora pico de la tarde (16h00 a 17h00) es nuevamente la más importante,

con una magnitud de 7.74 [erl]. En promedio, el tráfico de la mañana (7h00 a 13h00), 5.07 erlangs, es mayor que el promedio de la tarde (13h00 a 19h00), 3.32 erlangs, y mucho mayor que el tráfico recibido a partir de las 19h00, 0.16 [erl].

Un análisis de las llamadas entrantes indica que de las 9434 llamadas recibidas por la central telefónica, 652 quedan en comunicación con la operadora, y de las llamadas salientes (4063), 184 son locales con pedido a la operadora, lo cual expresa, que el porcentaje de extensiones de la Institución que no tienen salida directa a la red pública de ANDINATEL es mínimo.

El gráfico de la intensidad de tráfico de la operadora de la E.P.N correspondiente al 2 de julio de 2001 (Anexo C), muestra que su intensidad de tráfico no supera los 0.4 erlangs, aunque esta intensidad representa únicamente las llamadas que no cursan más allá de la operadora, es decir, no representa aquellas llamadas que fueron contestadas por la operadora y transferidas hacia alguna extensión de la E.P.N (llamada entrante), o las realizadas hacia algún número local, (llamada saliente con pedido).

En primera instancia, se puede concluir que una operadora es suficiente para manejar las demandas de tráfico, ya que, existe un margen de 0.6 [erl] que esta misma operadora puede cubrir. Pero dado que se desconoce el número real de llamadas entrantes perdidas, es decir, llamadas que no fueron atendidas por la operadora o llamadas que recibieron tono de ocupado; establece que, es probable que en determinadas ocasiones se supere el margen de los 0.6 erlangs, y por tanto la Escuela Politécnica Nacional pierda cierta cantidad de llamadas, ya que, no existen más operadoras o una operadora automática (como cualquier sistema moderno), la misma que fue adquirida al término de este proyecto.

Debido a la gran diferencia entre los porcentajes de llamadas de entrada y salida, 16.13% y 54.10% respectivamente, es necesario considerar la posibilidad de que la cantidad de circuitos o troncales para las llamadas entrantes y salientes no estén dimensionados adecuadamente para cubrir el tráfico que demanda la Institución.

Para que esta posibilidad sea verdadera, la intensidad de tráfico (en erlangs) obtenida de la Primera Distribución de Erlang, expresada según la ecuación 3.1, con un bloqueo del 1% y 20 troncales en el caso de las llamadas entrantes, y un bloqueo del 1% y 32 troncales en el caso de llamadas salientes, debería ser inferior a las intensidades de tráfico de las figuras C.2 y C.3 respectivamente. Sin embargo, al aplicar la ecuación se obtiene los siguientes resultados:

Tipo de llamadas	Bloqueo	Número de Troncales	Intensidad de Tráfico
Entrantes	1%	20	12
Salientes	1%	32	22

Tabla 3.24 Tráfico máximo de las troncales de la E.P.N

Con estos resultados, se concluye que el dimensionamiento en cuanto al número de troncales que tienen la central DEFINITY de la Escuela Politécnica Nacional, puede soportar la demanda de tráfico actual de la Institución.

c. Tráfico Interno

Tiene una hora pico en la mañana y otra en la tarde, pero, en este caso la hora pico más importante es la de la mañana (11h00 a 12h00) con una intensidad de 5.57 erlangs, la misma, que es menor a cualquier intensidad pico ya sea en el tráfico entrante o en el tráfico saliente.

El tráfico de la mañana (7h00 a 13h00) en promedio posee un valor más alto que el de la tarde (13h00 a 19h00), 3.55 erlangs y 2.84 erlangs respectivamente, y que el promedio de tráfico generado a partir de las 19h00 no representa un valor de importancia, 0.03 erlangs. Estos promedios son menores al compararse con los correspondientes promedios de tráfico entrante o saliente.

En este punto vale indicar que si bien no se tiene el reporte de todas las llamadas internas, estos valores de tráfico representan más del 80 % del tráfico

total interno cursado en la central. En vista de que está registrado todo el tráfico de las extensiones configuradas dentro de la base de datos INTRA – SWITCH (70% de las extensiones totales equivalente a 224 extensiones), más el cursado entre éstas y las 97 extensiones faltantes (no registradas en la base de datos), por tanto se puede afirmar que el tráfico que no se considera es únicamente el generado entre las 97 extensiones.

3.4.4.3 Tráfico de las líneas telefónicas independientes

La Escuela Politécnica Nacional cuenta con un total de 128 líneas telefónicas, de las cuales únicamente se ha analizado el tráfico de 32 líneas dado que son las líneas troncales de la central DEFINITY. Restando a las 128 líneas, 20 líneas de reserva, 2 líneas del Observatorio, 2 líneas de la Metal-mecánica de San Bartolo y 2 líneas para acceso remoto a central, quedaría por analizar el tráfico de:

- 13 líneas directas a través de la central para el Rectorado, Vicerrectorado, Departamento Financiero, CEC (Centro de Educación Continua), Hidráulica, Gerencia Empresarial, Ex - Instituto de Tecnólogos, Ex – I.C.B. (Instituto de Ciencias Básicas) y las Ex - Facultades de Ciencias, Civil, Eléctrica, Química y Mecánica.
- 10 líneas de RAS de laboratorios de la Carrera de Sistemas.
- 37 líneas de los principales departamentos académicos y administrativos de la Institución, así como también, para las principales dependencias como el Geofísico y el Instituto Tecnológico.
- 10 líneas de FAX, 4 líneas exteriores a la E.P.N

Por razones obvias, para tener un análisis de tráfico de estas líneas implicaría hacer un pedido de reporte a ANDINATEL S.A, lo cual, resulta casi imposible dada la cantidad de líneas (90). No obstante, para estimar un posible tráfico que

tendrían estas líneas se toma el promedio de llamadas que realiza una extensión en un día laborable (8 horas) y su duración, lo cual es 17 llamadas por extensión al día y 2.08 minutos de duración cada llamada. Con estos datos, se tiene que el tráfico promedio por cada línea de la E.P.N es de 0.07 [erl].

3.4.4.4 Tráfico telefónico diario por dependencias de la E.P.N.

Ya que no se cuenta con ninguna herramienta en el sistema de administración de la central telefónica que permita obtener el tráfico generado por dependencia, filtrando la información del reporte del 2 de julio de 2001, según las extensiones que pertenecen a cada dependencia de la E.P.N. es posible, estimar la intensidad de tráfico entrante, saliente e interno y el comportamiento de tráfico diario en cada dependencia.

De esta manera el tráfico saliente, entrante, e interno generado por cada dependencia se recopila en las tablas del Anexo C. De esta información se puede concluir que:

- Todas las dependencias presentan un promedio de tráfico diario menor a 1 [erl] para tráfico saliente, a excepción de Ingeniería Mecánica que tienen un promedio 1.05 [erl]. Esto considerando todos los valores de tráfico, es decir, los tráficos correspondientes a un período de 17 horas (desde las 7h00 hasta las 24H00). No obstante, haciendo un promedio con los tráficos desde las 7H00 hasta las 18H00, dada la baja actividad telefónica observada a partir de las 18h00, se tiene que las dependencias mantienen su tráfico inferior al 1 [erl] de intensidad a excepción de Administración Central que supera el 1.46 erlang. Bordean el erlang de intensidad de tráfico, Ingeniería Eléctrica (0.92 [erl]) y Geología (0.93 [erl]), este último puede considerarse casual, dada su comparación con otras dependencias que tiene un número similar de extensiones o mayor de extensiones.
- Todas las dependencias presentan un promedio de tráfico inferior a 1 [erl] en el tráfico entrante, ya sea, que se considere los valores de tráfico desde las

7h00 hasta las 24h00 o desde las 7h00 hasta las 18h00. Este mismo comportamiento puede apreciarse en el tráfico interno.

- Las dependencias que registran los mayores picos de tráfico entrante más saliente son: Ingeniería Química 3.74 [erl], Ingeniería Mecánica 3.29 [erl], Ingeniería Eléctrica 2.36 [erl], Ex Instituto de Tecnólogos 1.89 [erl] y Administración Central 1.15 [erl], es decir, las dependencias con más de 25 extensiones telefónicas. Por otro lado, los picos más altos de tráfico interno registran únicamente Administración Central e Ingeniería Eléctrica con 1.74 y 1.11 [erl] respectivamente.

3.4.5 CRECIMIENTO TELEFÓNICO DE LA E.P.N Y ESTIMACIÓN DE TRÁFICO A 5 Y 10 AÑOS

Es un tanto difícil dar una proyección exacta del tráfico que se tendrá en la Escuela Politécnica Nacional por comunicaciones de voz, debido a las siguientes razones:

- No existe historiales de crecimiento de usuarios
- No existen reportes de tráfico

a. Crecimiento de Usuarios.- A falta de historiales de crecimiento, una forma de determinar un relativo crecimiento de usuarios es, tomando como base la información de la tabla 3.1, donde se expresan las cantidades de puertos disponibles en las tarjetas de extensiones en 1993 (año de adquisición de la central) y el número de puertos en las tarjetas actuales. Con estos datos aplicando la ecuación del índice de crecimiento en un período de 8 años (1993 – 2001) se tiene que la central telefónica ha experimentado un crecimiento anual del 0.6% en extensiones que equivale a 2 extensiones por año. Estimando que el crecimiento sea un tanto superior, debido especialmente a las reformas institucionales de la E.P.N., que conlleve a la creación de nuevas oficinas de departamentos, ya sean académicos o administrativos se establece un

crecimiento de 1.2% anual en extensiones telefónicas. Esto quiere decir que al cabo de 5 años en la Escuela se tendrá alrededor de 357 extensiones. Y además que las líneas telefónicas consideradas de reserva (20 líneas) estén activas a esta fecha.

Para establecer el número de usuarios a 10 años, se considera que el sistema telefónico deberá estar integrado por el número de usuarios estimados a 5 años más aproximadamente el 11% (estimado a por lo menos la mitad de usuarios de la red de datos administrativa) del total de usuarios de la red de datos que tendrán acceso a la PoliRed a esa fecha, 2200 usuarios se estiman tendrán salida a la PoliRed en 10 años en toda la E.P.N. (Anexo B)

b. Reportes de Tráfico.- Un bajo índice de crecimiento de usuarios no implica que el crecimiento de tráfico también esté en la misma proporción de crecimiento. Ya que de acuerdo a las políticas de cada administración de la central, a los usuarios en general se les ha otorgado "permisos" para la realización de llamadas locales, regionales, nacionales, celular, u otras facilidades de la central, de modo que se tenga cambios significativos en el tráfico cursado por la central. Dicho de otra manera no es posible tener un tráfico telefónico igual o similar entre una central con cierto número de usuarios con llamadas internas y con pocas extensiones habilitadas para cierto tipo de llamadas salientes, que otra con el mismo número de usuarios pero todos ellos con la posibilidad de realizar cualquier tipo de llamada.

Para estimar el tráfico telefónico de la E.P.N. se parte de las siguientes consideraciones:

- Todas las extensiones al igual que las líneas están autorizadas para la realización de cualquier tipo de llamada. Por tanto, el tráfico generado por ellas se considera como el máximo que pueden cursar en períodos normales de actividades.

- El número de extensiones generadoras de tráfico al año 2006 en la central será de 357 de acuerdo a un índice de crecimiento anual de 1.2%, es decir, existe la adición de 36 extensiones telefónicas en cinco años.
- Las extensiones de la Escuela Politécnica Nacional tienden a generar similares registros de tráfico, dado que, su ubicación en las diferentes dependencias de la Institución es similar. Por ejemplo, se tendrán similares registros de tráfico entre las extensiones de secretarías de las diferentes carreras de Ingeniería.
- Todas las líneas telefónicas denominadas independientes se integrarán a la central telefónica a modo de extensiones excepto las de RAS de la Institución.
- En 10 años cerca de 234 PCs podrían hacer uso del sistema telefónico IP con salida a redes exteriores, al efectuarse la integración con la PoliRed .

De acuerdo a estas consideraciones, se tiene que en cinco años aproximadamente existirán 115 usuarios telefónicos adicionales a los de ahora y con un comportamiento de tráfico similar al actual y en 10 años se sumarán 234 usuarios a estos últimos. Partiendo del número de llamadas realizadas o recibidas por 115 extensiones más el tráfico actual, obtenido de los reportes de tráfico de la central, se estima el tráfico entrante, saliente, e interno a 5 años (tráfico de 436 extensiones). Y partiendo del número de llamadas realizadas o recibidas por 234 extensiones más el tráfico esperado en 5 años se estima el tráfico telefónico en 10 años.

Los tráficos telefónicos pico tanto actual como el estimado a 5 y 10 años pueden verse en la tabla 3.25

Cabe indicar que, esta estimación es prácticamente una extensión de las tendencias que tiene el tráfico actual en cada una de las horas. Las estimaciones de tráfico generado por cada hora en el futuro, se muestran en el Anexo C.

Tráfico Telefónico	Número de Extensiones	Tráfico Entrante [erl]	Tráfico Saliente [erl]	Tráfico Interno [erl]
Actual	321	7.74	13.56	5.57
A 5 años	436	13.24	22.69	10.41
Incremento a 5 años	115	5.5	9.13	4.84
A 10 años	670	20.72	34.71	15.62
Incremento a 10 años	234	7.48	12.02	5.21

Tabla 3.25 Proyección telefónica de la E.P.N.

Comparando el incremento de tráfico entrante y saliente, se tiene que el tráfico saliente tiende a un mayor incremento que el tráfico entrante, esto dada la suposición de mantener los comportamientos actuales de tráfico y únicamente extender el número de extensiones. Sin embargo se esperaría un incremento mayor en el tráfico entrante, en el caso de la adquisición de la operadora automática para la central telefónica.

Tomando el pico de la suma de los valores de tráfico entrante y saliente equivalente a 32.94 [erl] (Anexo C), se tiene que, el número de líneas troncales requeridas por la central para soportar el tráfico a 5 años según la ecuación 3.4 y con un bloqueo de 1%, sería de 45 líneas de troncal y a 10 años de 65 líneas de troncal.

Cabe mencionar que durante el desarrollo de este proyecto de titulación (febrero del 2002), se instaló en la central de telefónica de la E.P.N una operadora automática, cuya capacidad es de 50 llamadas simultáneas.

Bajo esta consideración se tiene que el tráfico entrante en la E.P.N., si se mantiene el número de troncales (20 bi - direccionales y 12 salientes), el tráfico podría tener un crecimiento máximo de 2.54 [erl] sin que la central evidencie pérdidas o se entregue un mal servicio por falta de troncales. Esto quiere decir que en cada hora pueden sumarse 73 llamadas más (ec. 3.1) con un promedio de 2.08 minutos cada una de ellas.

Estas estimaciones de tráfico no están presentes en las tablas de proyección de tráfico a 5 y 10 años (Anexo C) por cuanto se considera necesario el monitoreo del tráfico a fin de determinar su verdadero comportamiento. No obstante, de mantenerse constante el incremento de los 2.54 [erl], se tiene que al cabo de 5 años son necesarias 48 líneas de troncal y en 10 años 68 líneas de troncal.

3.4.6 CAPACIDAD DEL CANAL PARA SOPORTAR TRÁFICO PURAMENTE TELEFÓNICO ACTUAL Y FUTURO COMO TRÁFICO IP

Con los conceptos vistos en el Capítulo II, acerca de la capacidad de canal que una llamada telefónica requiere cuando ésta, es transformada a datos, encapsulada en paquetes IP, y enviada sobre tramas Ethernet de una red de datos local; se realiza un análisis del tráfico de datos que la LAN telefónica de la E.P.N. soportaría si todo el tráfico telefónico cursado a través de la central de la Institución o su vez a través de las líneas independientes, se lo concibe como tráfico de datos.

De manera general, para determinar la capacidad que requiere un sistema de telefonía IP si se conoce el tráfico convencional que se quiere sea transmitido mediante IP, basta con multiplicar el número de canales de voz (convencionales) que se obtienen de las ecuaciones de *Erlang* por la velocidad de transmisión que necesita la llamada IP (de acuerdo al *codec* que se emplee). No obstante, si se desea conocer la capacidad del canal que se ocupa en el medio de transmisión se debe añadir las cabeceras de capa 2 que se emplee (Frame Relay, ATM, Ethernet) y sobre el tamaño de esta trama realizar las multiplicaciones respectivas (sección 2.6).

Para este proyecto, los cálculos de capacidad del canal consideran el tamaño de la trama Ethernet de capa 2, puesto que, la LAN Telefónica a diseñarse seguirá la arquitectura de IEEE 802.3 Ethernet Base - T y además porque también se plantea la integración de la red de datos PoliRed que es una red Ethernet Base - T.

a. Tráfico Saliente y Entrante

En la telefonía convencional estos dos tipos de tráfico son utilizados en las ecuaciones de distribución de *Erlang* para determinar la cantidad de circuitos que el sistema telefónico necesita, para brindar a sus usuarios un servicio de telefonía eficiente. De ahí que, la estimación de la velocidad de transmisión que se necesita para el transporte de la telefonía IP entrante y saliente deba estar en relación con los valores de estos tráficos y por ende de las ecuaciones de erlang.

Para el cálculo se hacen las siguientes consideraciones:

- La secuencia de cálculos de la sección 2.6.
- La utilización de los *codecs* de voz de las recomendaciones ITU G.729 y G.723.1. con 20 ms y 30 ms en muestras de voz respectivamente.
- Encapsulamiento Ethernet de capa 2 con 18 bytes de cabecera y cola.
- El número de troncales configuradas en la central actuales y futuras obtenidas de acuerdo al tráfico pico encontrado con la operadora automática.

De acuerdo a estas consideraciones se tiene que el tráfico telefónico de la Institución requeriría las siguientes velocidades de transmisión:

Tráfico Telefónico	Número de Canales de Voz	G.729 (8 Kbps) [Mbps]	G.723.1 (5.3Kbps) [Mbps]	G.723.1 (6.3 Kbps) [Mbps]
Actual	32	0.998	0.665	0.697
A 5 años	48	1.498	0.997	1.045
A 10 años	68	2.122	1.412	1.480

Tabla 3.26 Capacidad del canal para soporte de tráfico entrante y saliente

b. Tráfico en el backbone

El tráfico interno se establece como el primero que debe ser transformado en su totalidad a IP y por lo tanto debe soportarse en los enlaces de la nueva red telefónica IP, es decir que todas las llamadas que se efectúen entre miembros de la Escuela Politécnica Nacional.

Para determinar la capacidad que se requiere para soportar el tráfico interno, hay que partir del cálculo de los circuitos de conmutación que convencionalmente se requerirían para soportarlo. De acuerdo a esto y tomando los valores de tráfico interno de la E.P.N y la ecuación de la distribución de erlang, se tiene que 5.57 erlangs necesitan de 12 circuitos, 10.41 erlangs 18 circuitos (estimación a 5 años) y 15.62 erlangs 25 circuitos (estimación a 10 años).

Por lo tanto, tomando las mismas consideraciones anteriores, la capacidad de canal que requiere el tráfico interno se resume:

Tráfico Telefónico	Número de Canales de Voz	G.729 (8 Kbps) [Mbps]	G.723.1 (5.3 Kbps) [Mbps]	G.723.1 (6.3 Kbps) [Mbps]
Actual	12	0.374	0.249	0.261
A 5 años	18	0.562	0.374	0.374
A 10 años	25	0.780	0.519	0.544

Tabla 3.27 Capacidad del canal para soporte de tráfico interno sobre Ethernet

c. Conclusiones

De los análisis anteriores se tiene que el tráfico telefónico IP requiere una mayor capacidad de canal si existe la utilización del Codec de Voz G.729 a 8 [Kbps], en los equipos de telefonía IP (codec más frecuente utilizado en el mercado); con base a esto, se puede concluir que si las 321 extensiones fuesen concebidas actualmente como integrantes de un sistema de telefonía IP se necesita una capacidad de canal de al menos 1 [Mbps] para el tráfico saliente,

entrante y de 0.5 [Mbps] para el tráfico interno; en 5 años al menos 1.5 [Mbps] para el tráfico entrante, saliente y 1 [Mbps] para el tráfico interno de las 436 extensiones estimadas a la fecha; y para cursar el tráfico de 670 extensiones en 10 años un canal de 2.1 [Mbps] de capacidad para el tráfico entrante y saliente y 1 [Mbps] para tráfico interno. Estas capacidades no consideran equipos que realicen compresión por canal de voz.

Sin embargo, se dispone en el mercado de equipos que permiten la compresión por cada canal de voz a aproximadamente entre 6 [Kbps] y 13 [Kbps] sobre redes Frame Relay por citar un ejemplo, lo cual equivale a una importante reducción del enlace para la salida telefónica.

Tráfico Telefónico	Número de Canales de Voz	ACT (6Kbps/Canal) [Mbps]	Cisco (13Kbps/Canal) [Mbps]
Actual	32	0.192	0.416
A 5 años	48	0.288	0.624
A 10 años	68	0.408	0.884

Tabla 3.28 Capacidad del canal requerida para tráfico exterior con equipos ACT y Cisco

3.4.7 REQUERIMIENTO DE CAPACIDAD DEL CANAL POR CADA DEPENDENCIA A 5 Y 10 AÑOS

Para el cálculo de la capacidad del canal de cada una de las dependencias precisa tomar de cada dependencia los picos máximos de tráfico entrante, saliente, e interno (Anexo C), a fin de determinar mediante la ecuación de erlang la cantidad de circuitos de voz que necesitaría cada una de ellas. Posteriormente basándose en este número de circuitos, se determina la capacidad de canal requerida por cada dependencia conforme a los procedimientos y consideraciones de la sección 3.4.6.

Para el cálculo, se considera también determinado número de usuarios del sistema de telefonía IP mediante computadoras equipadas con tarjetas VoIP

H.323, que se beneficiarán de la comunicación de voz sobre IP, de aplicaciones de videoconferencias en pequeños formatos, del acceso a la Internet, y determinadas aplicaciones de datos (que no requieran un significativo ancho de banda) sobre la PoliRed dado que es factible la integración. Para estos usuarios el requerimiento de ancho de banda es mayor que para los usuarios puramente telefónicos. Se considera para ellos, un requerimiento promedio de 0.564 [Mbps] (dato recomendado por la IBM para el conjunto de aplicaciones antes mencionadas)^[36] de capacidad de canal, y su número a 10 años, es igual al número de usuarios de extensiones a tenerse en 5 años, es decir, de 436 usuarios.

Además, se estima a 10 años que el sistema telefónico IP de la E.P.N sirva también a la PoliRed y tengan salida telefónica, aproximadamente el 11% de los usuarios de la PoliRed estimados a la fecha (sección 3.4.5).

A continuación, por cada dependencia se indica el número de usuarios telefónicos que tendrían en 5 y 10 años. Se presenta primero una tabla, con la capacidad de canal actual que requiere cada una de ellas si su tráfico telefónico convencional es cursado a través de IP, en una segunda tabla la capacidad de acuerdo a las proyecciones a 5 años del tráfico telefónico de cada dependencia, calculadas a partir de los picos de tráfico que se registran en cada una de ellas.

Para finalizar, en una tercera tabla se presenta la capacidad estimada a 10 años para cubrir los requerimientos de tráfico generado por las extensiones telefónicas PCs H.323 y el de los usuarios de la PoliRed que tengan salida telefónica a redes exteriores.

3.4.7.1 Administración Central

Esta dependencia considera, las extensiones de Administración y las extensiones de Ciencias, Matemáticas y Biología. Como aumento a 5 años se tiene la integración de todas las líneas telefónicas actuales asignadas a esta dependencia más una de las líneas telefónicas de reserva. Por lo tanto la

proyección telefónica a 5 años sería de 92 usuarios. A 10 años se contabiliza 116 extensiones telefónicas, 92 de los cuales utilizan PCs H.323 y 24 usuarios pertenecen a PCs de la PoliRed.

Actualmente esta dependencia destina cerca del 99% de su tráfico total a llamadas internas y locales, con valores del 46.13% y 52.26% respectivamente.

a. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
67	0.530	0.353	0.370

Tabla 3.29 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Administración Central

b. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
92	0.250	0.166	0.174

Tabla 3.30 Usuarios Telefónicos y capacidad de canal de Administración central a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	116	0.718	0.478	0.501
PCs H.323	92	51.888	51.888	51.888
Total Capacidad de canal	–	52.606	52.366	52.389

Tabla 3.31 Usuarios Telefónicos y capacidad de canal de Administración Central a 10 años

1. Conclusiones

De la primera tabla, se concluye que para cursar el tráfico telefónico de esta dependencia se requiere un enlace menor a 1 [Mbps]. Inclusive este mismo enlace cubriría las demandas de tráfico puramente telefónico a 5 años.

Del análisis de proyección a 10 años, con usuarios telefónicos con PCs, se tiene que es necesario un enlace de al menos 100 [Mbps], que conecten al backbone de la PoliRed.

4.7.2 Edificios de la Ex – Facultad de Eléctrica

Es la dependencia con mayores facilidades para la migración, gracias a sus facilidades de cableado estructurado y equipos de red. Telefónicamente es la dependencia que mayor cantidad de extensiones tiene, por tanto no se considera un incremento, si no más bien se plantea que las extensiones deben tener una mejor distribución dentro de los dos edificios.

En esta dependencia algunos usuarios utilizan las extensiones de la central telefónica como línea telefónica de conexión a Internet. El tráfico local y el tráfico interno equivalen cerca del 95% del total cursado.

Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
47	0.374	0.249	0.261

Tabla 3.32 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería Eléctrica*

Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
51	0.406	0.270	0.283

Tabla 3.33 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Eléctrica a 5 años

Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 - 8Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3Kbps) [Mbps]
Telefónicos	72	0.468	0.312	0.327
PCs H.323	51	28.764	28.764	28.764
Total Capacidad de canal	-	29.232	29.076	29.091

Tabla 3.34 Usuarios Telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Eléctrica a 10 años

Conclusiones

En este análisis que contempla los dos edificios de Ingeniería Eléctrica, se puede ver que las demandas de tráfico puramente telefónicas actuales y en 5 años, serían cubiertas con un enlace menor a 1 [Mbps]. No obstante, con usuarios de PCs H.323 se requeriría un enlace de al menos 100 [Mbps] en 10 años.

4.7.3 Ingeniería Mecánica

Es la dependencia que mayor tráfico registra, sin embargo, cerca del 75% de su tráfico está concentrado en llamadas locales e internas. Al igual que en Ingeniería Eléctrica, existen usuarios que emplean las extensiones para salida a la Internet.

a. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
35	0.530	0.353	0.370

Tabla 3.35 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería Mecánica

b. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
40	0.593	0.395	0.414

Tabla 3.36 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Mecánica a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	52	0.686	0.457	0.479
PCs H.323	40	22.560	22.560	22.560
Total Capacidad de canal	–	23.246	23.017	23.039

Tabla 3.37 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Mecánica a 10 años

! Conclusiones

Para cubrir requerimientos puramente telefónicos tanto actuales como a 5 años se necesita un enlace menor a 1 [Mbps], y se requerirá un enlace de al menos 100 [Mbps] en 10 años, si se implantan usuarios con PCs H.323.

3.4.7.4 Ingeniería en Sistemas

Se considera también Bienestar Estudiantil dentro de este análisis y se descartan las líneas destinadas a los módems del servicio RAS de los laboratorios de Sistemas.

1. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
28	0.281	0.187	0.196

Tabla 3.38 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería en Sistemas

2. Capacidad de canal a 5 años.

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
38	0.312	0.208	0.218

Tabla 3.39 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería en Sistemas a 5 años

Capacidad de canal a 10 años.

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	53	0.406	0.270	0.283
PCs H.323	38	21.432	21.432	21.432
Total Capacidad de canal	--	21.838	21.702	21.715

Tabla 3.40 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería en Sistemas a 10 años

Conclusiones

Para cubrir requerimientos actuales y a 5 años puramente telefónicos se necesita un enlace menor a 1 [Mbps], y se requiere un enlace menor a 100 [Mbps] a 10 años si se implantan usuarios con PCs H.323.

3.4.7.5 Ex - Instituto de Tecnólogos

Tiene esta dependencia un igual comportamiento de tráfico que las dependencias anteriormente tratadas, es decir, que todo su tráfico está concentrado en llamadas internas (37%) y llamadas locales (61%).

a. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3Kbps) [Mbps]
28	0.343	0.228	0.239

Tabla 3.41 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual del Ex – Instituto de Tecnólogos

b. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
34	0.343	0.228	0.239

Tabla 3.42 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Ex – Instituto de Tecnólogos a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	50	0.437	0.291	0.305
PCs H.323	34	19.176	19.176	19.176
Total Capacidad de canal	–	19.613	19.467	19.481

Tabla 3.43 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Ex - Instituto de Tecnólogos a 10 años

d. Conclusiones

De las tablas se observa que requerimientos puramente telefónicos actuales y a 5 años con un enlace menor a 1 [Mbps] serían cubiertos, y un enlace menor a 100 [Mbps] supliría las necesidades telefónicas a 10 años.

3.4.7.6 Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT)

En esta dependencia se tiene la necesidad de telefonía internacional y actualmente tiene 2 líneas que cubren ese requerimiento. Sin embargo, su tráfico telefónico está concentrado en llamadas internas (36.24%) y locales (48.47%), aunque no se evidencia uso de la central para la conexión a Internet.

t. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
7	0.312	0.208	0.218

Tabla 3.44 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual del Instituto de Investigaciones Tecnológicas

. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
13	0.468	0.312	0.327

Tabla 3.45 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Instituto de Investigaciones Tecnológicas a 5 años

Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	24	0.655	0.436	0.457
PCs H.323	13	7.332	7.332	7.332
Total Capacidad de canal	–	7.987	7.768	7.789

Tabla 3.46 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Instituto de Investigaciones Tecnológicas a 10 años

d. Conclusiones

Se considera que un enlace menor a 10 [Mbps] será suficiente para cubrir las necesidades telefónicas hasta en 10 años.

3.4.7.7 Ingeniería Civil

En este análisis está considerado también el Centro de Estudios para la Comunidad CEC, el Instituto Geofísico, y Ciencias Físicas. Civil tiene destinado la mayor parte de su tráfico a llamadas internas (48.54%) y un 38.78% en llamadas locales. No se evidencia la utilización para salida a Internet. Por su parte el CEC tiene dirigido su tráfico hacia llamadas locales (63.18) y un 30.13% a llamadas Internas. Por otro lado, el Instituto Geofísico no evidencia utilización de la central que sea significativo para el análisis, y esto se debe a la tiene a su disposición 5 líneas telefónicas propias 2 de las cuales cubre el requerimiento de llamadas internacionales.

a. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
26	0.312	0.208	0.218

Tabla 3.47 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería Civil

b. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
41	0.406	0.270	0.283

Tabla 3.48 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Civil a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	70	0.530	0.353	0.370
PCs H.323	41	28.764	28.764	28.764
Total Capacidad de canal	–	29.294	29.117	29.134

Tabla 3.49 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Civil a 10 años

d. Conclusiones

Esta dependencia requiere de un enlace menor a de 1 [Mbps] para cubrir sus necesidades telefónicas actuales y a 5 años; requerirá un enlace menor a 100 [Mbps] en 10 años.

3.4.7.8 Abastecimientos

Todo su tráfico telefónico se concentra en llamadas locales (44.76%) e internas (55.24%). Para la comunicación de datos, el Edificio de Abastecimientos no cuenta con un enlace de fibra que facilite la integración telefónica con la red de datos.

i. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
8	0.187	0.125	0.131

Tabla 3.50 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Abastecimientos

j. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
12	0.250	0.166	0.174

Tabla 3.51 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Abastecimientos a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	32	0.312	0.208	0.218
PCs H.323	12	6.768	6.768	6.768
Total Capacidad de canal	-	7.08	6.976	6.986

Tabla 3.52 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Abastecimientos a 10 años

d. Conclusiones

Se considera que un enlace menor a 1 [Mbps] será suficiente para suplir las necesidades telefónicas actuales e internas a 5 años. En 10 años se necesitará un enlace menor a 10 [Mbps] para cubrir las necesidades telefónicas.

3.4.7.9 Ex – Instituto de Ciencias Básicas (Ex – ICB)

El 71% de su tráfico está dirigido a llamadas locales y el 20% a llamadas internas. Se proyecta en 5 años un total de 20 usuarios telefónicos teniendo en cuenta que este edificio concentra varias oficinas de profesores

e. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
13	0.250	0.166	0.174

Tabla 3.53 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual del Ex - Instituto de Ciencias Básicas

f. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
20	0.312	0.208	0.218

Tabla 3.54 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Ex - Instituto de Ciencias Básicas a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	41	0.406	0.270	0.283
PCs H.323	20	11.280	11.280	11.280
Total Capacidad de canal	–	11.686	11.55	11.563

Tabla 3.55 Usuarios telefónicos y capacidad de canal del Ex – Instituto de Ciencias Básicas a 10 años

d. Conclusiones

Al igual que las demás dependencias sus necesidades puramente telefónicas a 5 años serían cubiertas con un enlace menor a 1 [Mbps]. Mientras que, se necesitará un enlace de 10 [Mbps] a 10 años.

3.4.7.10 Ingeniería Química

Esta dependencia dirige el 51.14% de su tráfico a llamadas locales y no evidencia uso para conexión a Internet, y el 39.50% a llamadas internas. Es la dependencia que tiene el mayor número de extensiones destinadas a laboratorios, se estima que el número de usuarios en 5 años será de 35.

e. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
30	0.437	0.291	0.305

Tabla 3.56 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería Química

b. Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
35	0.468	0.312	0.327

Tabla 3.57 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Química a 5 años

c. Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	55	0.593	0.395	0.414
PCs H.323	35	19.740	19.740	19.740
Total Capacidad de canal	-	20.333	20.135	20.154

Tabla 3.58 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería Química a 10 años

d. Conclusiones

El enlace requerido actual y a 5 años es menor a 1 [Mbps], y a 10 años es menor a 100 [Mbps].

1.4.7.11 Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos

Esta dependencia concentra el 67.05% en tráfico local, y con llamadas de conexión a Internet, y el 19.77% en tráfico interno. El número de usuarios dentro de 5 años se estima en 23.

i. Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
14	0.343	0.228	0.239

Tabla 3.59 Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos

Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
23	0.437	0.291	0.305

Tabla 3.60 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería en Geología Minas y Petróleos a 5 años

Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	36	0.562	0.374	0.392
PCs H.323	23	12.972	12.972	12.972
Total Capacidad de canal	–	13.534	13.346	13.364

Tabla 3.61 Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Ingeniería en Geología, Minas y Petróleos a 10 años

Conclusiones

Se considera un enlace de 1 [Mbps] suficiente para cubrir los requerimientos de Capacidad de canal telefónicos a 5 años, y un enlace mayor a 1 [Mbps] a 10 años.

1.7.12 Hidráulica

Considerando el enlace de fibra óptica entre el Edificio de Hidráulica y Casa Mata el siguiente análisis contempla el tráfico telefónico de las dos dependencias. El área de Hidráulica registra la mayor concentración de su tráfico en llamadas locales con el 71.71%, y en llamadas internas con el 15.79%. Casa Mata, divide la totalidad de su tráfico de la siguiente manera: el 77.78% para tráfico local y el 22.22% para tráfico interno. Se estima en el futuro 23 usuarios repartidos en estas dependencias.

a. *Capacidad de canal actual*

Usuarios	AB(G.729 - 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
13	0.281	0.187	0.196

Tabla 3.62 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Hidráulica*

b. *Capacidad de canal a 5 años*

Usuarios	AB(G.729 - 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
23	0.312	0.208	0.218

Tabla 3.63 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Hidráulica a 5 años*

c. *Capacidad de canal a 10 años*

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 - 8K bps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	37	0.406	0.270	0.283
PCs H.323	23	12.972	12.972	12.972
Total Capacidad de canal	-	13.378	13.242	13.255

Tabla 3.64 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Hidráulica a 10 años*

1. Conclusiones

Se considera un enlace menor a 1 [Mbps] para cubrir los requerimientos de telefónicos actuales y a 5 años. En 10 años un enlace mayor a 10 [Mbps].

4.7.13 Posgrado en Gerencia Empresarial

Es la dependencia con menor número de usuarios, sin embargo se lo considera independiente para los análisis, dado que genera una significativa cantidad de tráfico telefónico. Concentra su tráfico en llamadas locales con el 2.36% y en llamadas a celular con el 10.13% y registra el porcentaje más bajo

todas las dependencias en tráfico interno con el 9.28%. Se estima para esta dependencia 14 usuarios en 5 años, tomando en cuenta su relación con Ingeniería Empresarial.

Capacidad de canal actual

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
5	0.281	0.187	0.196

Tabla 3.65 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal actual de Posgrado en Gerencia Empresarial*

Capacidad de canal a 5 años

Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 – 6.3 Kbps) [Mbps]
14	0.499	0.332	0.348

Tabla 3.66 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Posgrado en Gerencia Empresarial a 5 años*

Capacidad de canal a 10 años

Usuarios	Total Usuarios	AB(G.729 – 8 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 5.3 Kbps) [Mbps]	AB(G.723.1 - 6.3 Kbps) [Mbps]
Telefónicos	32	0.530	0.353	0.370
PCs H.323	14	7.896	7.896	7.896
Total Capacidad de canal	-	8.426	8.249	8.266

Tabla 3.67 *Usuarios telefónicos y capacidad de canal de Posgrado en Gerencia Empresarial a 10 años*

Conclusiones

Para esta dependencia, se considera un enlace de 10 [Mbps] suficiente para cubrir los requerimientos telefónicos actuales y hasta en 10 años.

3.7.14 Resumen de proyecciones

En la tabla 3.68, se tiene un resumen del número de usuarios telefónicos actuales, usuarios IP estimados a 5 años y a 10 años. En la tabla 3.69, en cambio presenta el resumen las capacidades de canal que ocuparía cada dependencia para cubrir sus requerimientos de telefonía IP.

De la tabla 3.68 se concluye que toda la telefonía generada en la Escuela Politécnica Nacional, con formato IP en sus llamadas, requiere de un enlace de al menos 10 [Mbps] en el backbone de fibra hasta en 5 años, y con la introducción de usuarios telefónicos con PCs H.323 estimados a 10 años requiere un enlace del backbone de fibra menor a 1 [Gbps].

Dependencia	Líneas Telefónicas Actuales	Extensiones Telefónicas Actuales	Usuarios Telefónicos Actuales	Usuarios IP a 5 años	Usuarios IP a 10 años
Abastecimientos	2	8	10	12	32
Administración Central, Ciencias Matemáticas, Biología	24	67	91	92	116
Ex - ICB	2	13	15	20	41
Hidráulica, Casa Mata	3	13	16	23	37
Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias Físicas	8	26	34	41	70
Ingeniería Eléctrica	4	47	51	51	72
Ingeniería en Geología Minas y Petróleos	1	14	15	23	36
Ingeniería en Sistemas, Bienestar Estudiantil	1	28	29	38	53
Ingeniería Mecánica	3	35	38	40	52
Ingeniería Química	3	30	33	35	55
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	2	7	9	13	24
Instituto de Tecnólogos	1	28	29	34	50
Posgrado en Gerencia	5	5	10	14	32
Total en la EPN	59	321	380	436	670

Tabla 3.68 Resumen de usuarios telefónicos de la E.P.N.

Dependencia	Capacidad de canal Actual [Mbps]	Capacidad de canal Telefónico a 5 años [Mbps]	Capacidad de canal a 10 años con Usuarios PCs H.323 y Códec G.729 [Mbps]
Abastecimientos	<1	<1	6.798
Administración Central, Ciencias Matemáticas, Biología	<1	<1	51.888
Ex – ICB	<1	<1	11.280
Hidráulica, Casa Mata	<1	<1	12.972
Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias Físicas	<1	<1	23.124
Ingeniería Eléctrica	<1	<1	28.764
Ingeniería en Geología Minas y Petróleos	<1	<1	12.972
Ingeniería en Sistemas, Bienestar Estudiantil	<1	<1	21.432
Ingeniería Mecánica	<1	<1	22.560
Ingeniería Química	<1	<1	19.740
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	<1	<1	7.332
Instituto de Tecnólogos	<1	<1	19.176
Posgrado en Gerencia	<1	<1	7.896

Tabla 3.69 Resumen de requerimiento de Capacidad de canal en las dependencias la E.P.N.

FASE 1: LAN TELEFÓNICA

Esta fase permite la convivencia de dos sistemas telefónicos: el sistema de fonía tradicional (sistema actual) y el nuevo sistema de telefonía IP. El administrador tiene flexibilidad de decidir cuáles usuarios IP pueden disponer adicionalmente de teléfonos convencionales como respaldo del servicio telefónico.

No existe una definición exacta de LAN Telefónica, sin embargo, algunos autores denominan así, a las redes de datos LAN que permiten servicios de voz a través de su *backbone*; donde el requerimiento más importante es la disponibilidad, que debe tender al 99.999% (valor de disponibilidad de las redes telefónicas actuales). Requerimientos como retardo, pérdida de paquetes y *jit*ter (definidos en el Capítulo II), considerados críticos para la voz, deben también ser cumplidos por la LAN Telefónica.

OBJETIVOS DE LA LAN TELEFÓNICA DE LA E.P.N.

El diseño de la LAN Telefónica de la E.P.N toma en cuenta los siguientes objetivos:

Otorgar el servicio de telefonía IP interno a las dependencias de la E.P.N, sobre una estructura de red de datos local estándar y de mayoritaria aceptación.

Ofrecer el más alto grado de disponibilidad posible para el envío de voz sobre la red de datos.

Ofrecer servicios de voz tomando ventaja del ambiente integrado de voz y datos.

Cursar el tráfico saliente IP como tráfico telefónico convencional mediante conversión en el *Gateway*.

Realizar las funciones de un sistema telefónico PBX de manera que el servicio a los usuarios sean transparente al cambio de tecnología en sus comunicaciones de voz.

Contar con Calidad de Servicio QoS para todos los usuarios telefónicos.

Utilizar el *backbone* de fibra óptica existente en la E.P.N. para envío de tráfico de voz y facilitar la integración con la PoliRed.

Utilizar la central telefónica para brindar servicios de telefonía IP y convencional.

REQUERIMIENTOS DE LA LAN TELEFÓNICA

Uno de los principales requerimientos de una red de datos que soporta comunicaciones de telefonía IP es que debe contar con herramientas que le permitan

ver la calidad de servicio requerida para el manejo del tráfico de voz. A continuación se describen algunas de estas herramientas.

1 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

La calidad de servicio QoS es la habilidad que tienen las redes para garantizar y mantener ciertos niveles de desempeño para cada aplicación de acuerdo a las necesidades especificadas por el usuario.

Los parámetros de calidad de servicio QoS para una red que maneja tráfico tiempo real como VoIP requiere atención en cinco principales factores que son retardo, el *jitter* y la pérdida de paquetes, ancho de banda, disponibilidad, y seguridad.

Una buena calidad de voz, sugiere los siguientes parámetros como mínimos requeridos:

Retardo de la Red: El retardo deberá ser menor a 50 [ms] entre puntos finales dentro de la LAN.

Jitter: Medida de la variabilidad del retardo; entre puntos finales dentro de la LAN deberá ser menor a 20ms. No obstante, este valor estará en relación con los *buffers* de los *routers* o *switches*.

Pérdida de Paquetes en la red: La máxima pérdida de paquetes (o tramas) deberá ser menor al 0.2%.

El ancho de banda: Como un parámetro de QoS, se tiene que el ancho de banda a asignarse a una aplicación debe ser el mínimo que la aplicación necesita para funcionar adecuadamente y además debe estar disponible para todos los usuarios.

Disponibilidad: Las redes de voz convencionales tienen una disponibilidad de 99.999%, por lo tanto una red de datos que maneje telefonía IP debería

acercarse a este porcentaje de disponibilidad. Se ha establecido como parámetro de QoS una disponibilidad de 99.995% para una red de datos con tráfico de voz.

Como herramientas para brindar QoS se tienen:

Prioridad de tráfico.- La red debe ser capaz de dar prioridad a los paquetes de voz sobre los paquetes de datos. Existen varias estrategias para prioridad de voz, éstas incluyen el uso de diferentes colas de tráfico, clase de servicio (CoS), prioridad de puertos, prioridad de servicios, o usando la especificación IEEE 802.1p/Q, etc.

Segmentación.- Requerida especialmente en redes donde los elementos comparten el medio de transmisión (redes Ethernet); la capacidad del cable es dividida proporcionalmente entre los elementos bajo un esquema de control de acceso, existiendo riesgo de congestión. La segmentación es realizada a través de switches o VLAN (LAN virtuales) a fin de reducir el número de elementos por segmento, proveer a cada elemento su propio segmento de conexión y evitar la mezcla de tráfico en el *backbone* o en otros elementos de red.

Velocidad de transmisión.- La transmisión de datos a altas velocidades facilita la prestación de servicios en tiempo real como telefonía. Actualmente, en redes de área local es posible transmitir desde unidades de [Mbps] hasta unidades de [Gbps] sobre medios confiables como fibra óptica, cable UTP categoría 5E entre los más utilizados. Además es necesario tener control de transmisiones a velocidades constante y variable.

Enlaces y niveles de redundancia.- Para mantener el parámetro de disponibilidad de una red de datos al nivel de una red telefónica es recomendable tener enlaces redundantes especialmente en el *backbone* de la red. Además, las instalaciones de los enlaces deben ser certificadas y probadas de acuerdo a normas nacionales del cableado de redes, como también de los cableados de los servicios.

espaldo de energía.- La red debe contar con sistemas que permitan mantener la alimentación en los equipos de red a fin de que las comunicaciones no sean afectadas por caídas de energía típicas de nuestro medio.

COMPONENTES DE LA LAN TELEFÓNICA

El objetivo principal de una LAN Telefónica es entregar los servicios de un sistema PBX mediante la asignación de funciones telefónicas a determinados componentes que deben implementarse en una red de datos.

El primer componente que debe establecerse para la formación de la LAN telefónica es la tecnología de red de datos que se utilice para el transporte del tráfico de voz. Por su parte, la recomendación H.323, no precisa el uso de una tecnología específica; ésta solamente describe "cómo se realizan las comunicaciones y servicios multimedia entre terminales, equipos de redes en redes de área local que no proveen una garantizada calidad de servicio". La recomendación H.323 define cuatro componentes, que son: Terminales, *Gateway*, *keeper* y Unidades de Control Multipunto.

A parte de estos elementos, se tienen otros que **no** están definidos en la recomendación H.323 pero que se encuentran en el mercado de la telefonía IP, como son: servidores de correo de voz y mensajería unificada. Estos pueden considerarse opcionales ya que su implantación en la LAN Telefónica dependerá de los requerimientos o de las necesidades de los usuarios.

Los equipos de telefonía IP, independientemente del fabricante, tienen como desventaja, la propiedad de la marca, es decir que la infraestructura de red será establecerse con teléfonos IP, *IP softphones*, *gateways*, etc. todos del mismo fabricante. Esto se debe a que en la actualidad no existe estandarización de los protocolos de comunicación entre teléfonos IP y los demás componentes del sistema telefónico IP. Por tanto indirectamente obligan a los administradores de red a utilizar una sola marca de equipos.

No obstante, esto no quiere decir por ejemplo que usuarios del teléfono IP a marca X no puedan establecer una llamada con los usuarios de los teléfonos de la marca Y. Lo que quiere decir es que los teléfonos de la marca X no den utilizar los equipos como *gateways*, *gatekeepers*, etc., de la marca Y, ni teléfonos Y podrán utilizar similares elementos de la marca X.

Esta "característica" de los equipos de telefonía IP, también es aplicable a central telefónica de la E.P.N, ya que DEFINITY para el procesamiento de llamadas IP maneja sus propios protocolos para la comunicación con sus teléfonos IP y/o IP *softphones*. Por tanto, el diseño del nuevo sistema telefónico de la E.P.N se limitaría a la marca de equipos de la central telefónica (*Lucent Technologies*, ahora *AVAYA Communications*).

Por esta razón, se sugiere dos posibles alternativas que podrían implementarse en la E.P.N: la una con el empleo de exclusivamente la central telefónica, y la otra con el uso de la central más equipos de red utilizados en el procesamiento de voz, esta última considerando la eventual estandarización de equipos VoIP.

La figura 3.3 muestra la interconexión de los componentes definidos según recomendación H.323. Puede observarse también la interconexión de la PBX con la red de datos IP a través del *gateway*, estableciéndose la convivencia de los sistemas de telefonía convencional e IP.

1 TERMINALES^[30]

Constituyen los puntos finales de la red (LAN Telefónica). Un terminal H.323 es un dispositivo lógico, mas no físico, que puede asociarse a un *software*, tal como un PC – phone, videoteléfono, o un teléfono Ethernet. Permite comunicaciones en tiempo real con otro terminal. Un terminal puede proporcionar señales vocales, señales vocales y datos, señales vocales y vídeo o señales vocales, datos y vídeo.

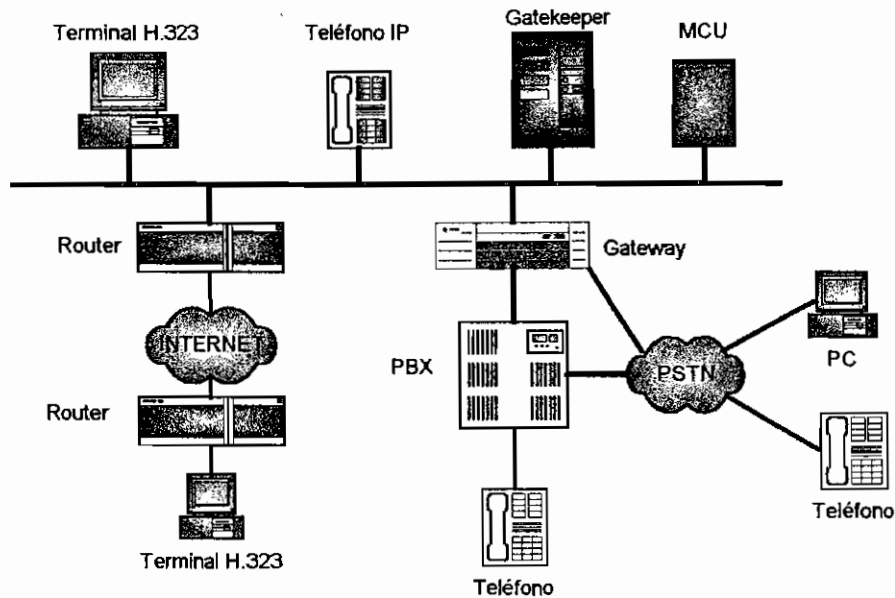


Figura 3.3 Interconexión de componentes H.323 en la LAN Telefónica

1.1 Elementos de terminal de acuerdo a la recomendación H.323

Los terminales H.323 de acuerdo a la recomendación poseen los siguientes elementos:

- La unidad de control del sistema, para negociar el uso y las capacidades del canal (recomendación H.245), para la señalización de llamada, establecimiento de llamada, registro y controles de admisión con *gatekeepers* (recomendación H.225).
- Soporte de codec de audio (G.729, G.723.1 a 5.3 [Kbps], G.723.1 a 6.3 [Kbps]).
- Soporte de componentes opcionales, codecs de vídeo, conferencia de datos, y capacidades MCU.

3.8.1.2 Elementos del terminal fuera de la recomendación

Los elementos de los terminales H.323, no definidos en la recomendación son:

- Los dispositivos de audio asociados, que proporcionan detección de activación por la voz, micrófono y altavoz, instrumento telefónico o equivalente, mezcladores de múltiples micrófonos y compensación de eco acústico.
- El equipo de vídeo asociado, que proporciona cámaras y monitores, su control, selección y el procesamiento de vídeo para mejorar la compresión o proporcionar funciones de división de pantalla.
- Las aplicaciones de datos e interfaces de usuario asociadas, que emplean los servicios de datos.
- La interfaz de red asociada que proporciona la interfaz con la LAN, soportando la señalización apropiada y los niveles de tensión de acuerdo a las normas.

3.8.1.3 Tipos de Terminales H.323

Se distinguen en el mercado dos tipos de terminales H.323: los teléfonos IP, y los IP *softphone* o *PC – phone*. Ambos terminales cuando forman parte de una red LAN requieren principalmente de una dirección IP e información asociada como, máscara de red, dirección del *gateway*, etc., dirección que puede ser configurada de forma estática o dinámica mediante DHCP (*Dinamic Host Configuration Protocol*).

Los teléfonos IP por su lado requieren de alimentación de corriente continua (48 Vdc), que puede ser brindada mediante adaptadores de energía o

mediante paneles de alimentación inteligentes a través del cable de datos sobre los pares 4 y 5 o 7 y 8 (no estandarizado todavía).

Los terminales de mayor comercialización y uso son los teléfonos IP con disposición de una o dos interfaz IEEE 802.3 10/100Base -T (denominados Teléfonos Ethernet). En el caso de los teléfonos con dos interfaces una se emplea para conexión del teléfono a la red y la otra opcionalmente puede servir para la conexión del teléfono a una PC.

Esta configuración permite utilizar un solo punto de red para conectar dos terminales de usuario. Además, es posible asignar diferentes direcciones IP a cada elemento, de tal manera que la PC podría estar en una subred de datos y el teléfono en una subred reservada para voz.

Por su parte el *PC - phone*, formado a partir de una computadora personal con elementos multimedia y tarjeta de red más un *software* especializado para realización de llamadas telefónicas sobre IP, denominado *IP Softphone*.

El *IP softphone* permite el control de llamadas directamente desde el computador personal (PC) con Sistemas Operativos como Microsoft Windows NT Workstation 4.0 o mayor, Windows NT Server 4.0 o mayor, Windows 98, y Windows 95.

3.8.1.4 Consideraciones de los terminales para la E.P.N.

Se considera que en la E.P.N se deberá implementar los teléfonos con dos interfaces Ethernet en la mayoría de los usuarios que actualmente disponen de teléfonos convencionales, por las siguientes razones:

- Se otorga libertad al usuario de manejar el computador personal (en caso de existir) o el teléfono.
- El usuario no necesita tener encendido el computador para la realización de llamadas.

- Se necesita de un solo punto de red para soportar dos terminales.

Por otro lado, los IP *Softphone*, podrán ser utilizados para brindar comunicación telefónica a usuarios que ya disponen de un PC multimedia y un punto de salida a la red. Esta solución particularmente debería efectuarse con los usuarios de la PoliRed que requieren el servicio de telefonía.

3.8.2 GATEWAYS^[30]

El *gateway* H.323 es un punto de la LAN que proporciona comunicaciones en ambos sentidos en tiempo real entre terminales H.323 de la LAN, o entre terminales H.323 con otros terminales asociados a otras redes exteriores. Por ejemplo en telefonía IP, un *gateway* sirve de puente de comunicación entre un terminal H.323 de la red IP y un terminal de una red SCN (las SCN incluyen todas las redes telefónicas conmutadas, por ejemplo la PSTN).

La comunicación de diferentes terminales se logra, porque, el *gateway* desempeña funciones de conversión de formato entre las terminales participantes. Así, para el lado H.323 del *gateway* debe tener:

H.245 Control de señalización para intercambio de capacidades

H.225 Señalización de llamada para establecimiento y liberación de llamada

H.225 RAS para registro con el *gatekeeper*

Y para el lado de la SCN (*Switching Circuit Network*), el *gateway* debe soportar protocolos específicos de la SCN por ejemplo para ISDN protocolos SS7.

El *software* del *Gateway* incluye la implementación del *stack* de protocolos H.323, funciones tales como algoritmos de conversión y compresión, y *software* de aplicaciones para las características de administración, y control.

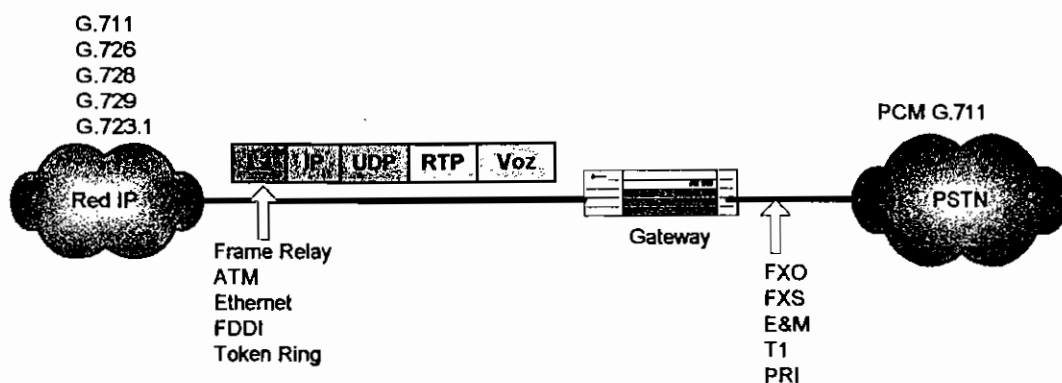


Figura 3.4 El gateway

Un *gateway* puede emplearse con: Redes de conmutación de circuitos (SCN), Redes de Telefonía Conmutada, Redes ISDN de banda angosta, Redes ISDN de banda ancha y basadas en ATM.

3.8.2.1 Funciones de los *gateways*

Los *Gateways* realizan las siguientes funciones básicas:

- a. *Conexión.*- El *Gateway* que origina la llamada es responsable de establecer la conexión de la llamada, incluyendo toda la señalización y negociación.
- b. *Conversiones de protocolo.*- Esto puede incluir modulación, demodulación, compresión y descompresión, según lo necesario. Los terminales se comunican con los *gateways* usando el protocolo de control de señalización H.245 y el protocolo de señalización de llamada H.225. El *gateway* convierte estos protocolos en una manera transparente hacia la respectiva contraparte y viceversa.
- c. *Conversiones de formato.*- Se puede desempeñar también conversión de formatos de audio mediante el *gateway*. Estas conversiones no pueden ser requeridas si ambos tipos de terminales declaran modos comunes de comunicación.

3.8.2.2 Componentes comunes y tipos de Gateways

Los componentes físicos típicos de un gateway son:

a. Procesadores Digitales de Señales (DSPs).- Son los cerebros de un gateway. Los DSPs son poderosos procesadores, y le proporcionan al gateway la capacidad de realizar rápidamente sus funciones. Implementan también ciertas funciones de telefonía, como cancelación de eco. El poder de procesamiento de un DSP es crítico para un gateway, ya que dependiendo de su capacidad se tiene el número de llamadas simultáneas que el gateway puede manejar.

b. Puertos físicos.- Los enlaces hacia el lado de la red telefónica (usualmente una PBX) generalmente son líneas T1 o E1, lo que, permite 24 o 30 líneas de voz digital PCM de 64 [Kbps]. Los gateways que soportan ISDN realizan la conexión telefónica mediante interfaz BRI (*Basic Rate Interface*) o PRI (*Primary Rate Interface*). Los gateways que disponen de interfaces analógicas pueden conectar pequeñas PBX. En el lado de IP, las conexiones de red son usualmente vía 10 o 100 [Mbps] Ethernet. Algunas plataformas de gateways tienen la habilidad para encaminar directamente IP por puertos seriales mediante interfaces V.35 o RS-232.

En el mercado se dispone de varias categorías de gateways, entre las principales se tienen^[29]:

a. PC Gateways.- Se constituyen mediante la adición de una o más tarjetas en los slots de un servidor o de una computadora, más el software para control de las tarjetas, y para la administración de llamadas. Cada tarjeta contiene uno o más interfaces analógicos o digitales para conexión a la PSTN y para conexión a la red IP, además posee hardware específico para compresión y digitalización de la voz. Su limitación está dada por las especificaciones del servidor mismo. Por ejemplo un servidor tiene una capacidad de entre tres y seis slots para la instalación de DSPs y tarjetas de interfaz, lo cual dificulta el escalamiento más allá de pequeñas

configuraciones. No obstante tiene la ventaja de mantenimiento de bajo costo por su adaptación a la PC.

b. Routers Gateways.- Los *routers* son diseñados para proveer conectividad entre redes LANs, WANs y como también con la Internet. Los modelos de los *routers* que han sido adaptados para *gateways* típicamente exhiben las siguientes características: *routers* de capacidad media a fin de establecer una plataforma con un costo de conexión relativamente bajo mediante la construcción de un *gateway* con avanzadas características y manejo de tráfico rápido; *routers* de arquitectura física modular que permitan la adición de interfaces analógicos o digitales mediante la expansión de *slots* en su chasis. Actualmente estos *gateways* poseen pocos puertos físicos en vista de que los *routers* muchas veces no son capaces de soportar más de dos interfaces T1 o E1 en un solo equipo.

c. Servidores Gateway de Acceso Remoto.- Estos *gateways* son una parte especializada de los anteriores. Estos *gateways* tienen un chasis donde se concentran las tarjetas de voz. Cada tarjeta soporta numerosos puertos de voz. Generalmente estos *gateways* son utilizados por los proveedores de telefonía IP ya que soportan un gran número de usuarios.

d. Tarjetas VoIP para PBXs.- Instalando una tarjeta VoIP en una PBX, se obtiene un interfaz con redes IP. La codificación y funciones de compresión necesarias para VoIP están en las tarjetas y/o en la PBX. La ventaja de la adición de tarjetas en una PBX radica en que los procesos de administración son realizados por la PBX; además se tiene la confiabilidad y disponibilidad del sistema PBX, la integración de la señalización de la PSTN y de una PBX que maneje IP es menos complicada que en los anteriores casos. Además, la ventaja de convertir una PBX en un *gateway* es que las llamadas IP son transparentes para los usuarios de la PBX. Una PBX habilitada con VoIP puede transportar las llamadas sobre troncales IP o sobre troncales convencionales (de la PSTN), dependiendo del número llamado, de la disponibilidad de puerto, de ancho de banda, entre otros factores transparentes al usuario.

3.8.3 GATEKEEPERS^[30]

Es considerado un componente opcional en un sistema H.323. ya que realiza funciones de control y administración de llamadas que podrían ser comunicadas directamente entre el *gateway* y terminales mediante procedimientos H.225 y H.245. Sin embargo, en sistemas con un número significativo de usuarios, es necesario centralizar estas funciones en una sola unidad a manera de un nodo de control.

De acuerdo a la documentación de Cisco ^(a), elementos que centralizan las funciones de control, permiten desde 500 hasta 10.000 usuarios.

Cabe indicar entonces que en los sistemas VoIP sin *gatekeeper*, los puntos finales (*gateways* o terminales H.323) son los que se encargan de las funciones de control y administración^[29].

Los servicios ofrecidos por un *gatekeeper* son realizados mediante operaciones RAS (*Registrations, Admissions, and Status*), e incluyen, conversión de direcciones, control de admisión, control de ancho de banda, administración de zona y pueden también realizar funciones de encaminamiento de llamadas.

Un *gatekeeper* es un componente lógico de H.323 pero puede ser implementado como parte de un *gateway*, MCU, u otro dispositivo de la LAN no H.323 como servidores.

Una asociación lógica de terminales, *gateways*, y MCUs, administrados por un mismo *gatekeeper* se denomina *zona* y puede abarcar varias redes LANs conectadas mediante *routers*.

3.8.3.1 Funciones de los *gatekeepers*

Los *gatekeepers* realizan las siguientes funciones dentro del sistema:

^a www.cisco.com

a. Conversión de direcciones.- El *gatekeeper* es responsable de las conversiones de dirección requeridas para las comunicaciones en una red H.323. Permite el uso de esquemas propietarios de direccionamiento como mnemónicos, sobrenombres, o direcciones de *mail*, para la conversión en direcciones IP necesarios para el establecimiento de una comunicación IP.

b. Control de admisiones.- El *gatekeeper* procesa los mensajes que autorizan la utilización de la red. El *gatekeeper* puede controlar la admisión de los puntos finales dentro de la red H.323, mediante el uso de mensajes RAS, petición de admisión (ARQ), confirmación (ACF), y rechazo (ARJ). El control de admisión puede ser una función nula, al admitir a todos los terminales de la red.

c. Control de ancho de banda.- El *gatekeeper* debe procesar los mensajes de las terminales que solicitan cantidades específicas de ancho de banda, lo cual ayuda a apartar ancho de banda destinado para aplicaciones de datos. Controla el ancho de banda mediante mensajes RAS: petición de ancho de banda (BRQ), confirmación (BCF), y rechazo (BRJ). Por ejemplo, si un administrador de red ha especificado el umbral de número de conexiones simultáneas sobre la red, el *gatekeeper* puede hacer algunas conexiones más, una vez alcanzado el límite de llamadas.

Además, un *gatekeeper* puede proporcionar las siguientes funciones opcionales:

d. Control de señalización de llamada.- Puede enrutar mensajes de señalización de llamada entre puntos H.323. En una conferencia punto a punto puede procesar mensajes de señalización de llamada H.225 o por el contrario, puede permitir a los puntos finales enviarse los mensajes de señalización de llamada directamente.

e. Autorización de llamada.- Cuando un punto final envía mensajes al *gatekeeper*, éste puede aceptar o rechazar la llamada, conforme a la especificación H.225. El

gatekeeper puede autorizar o rechazar llamadas basándose en criterios tales como: la hora del día, tipo de servicio, o la falta de ancho de banda.

f. Administración de ancho de banda.- El *gatekeeper* puede reservar una cantidad determinada de ancho de banda para las funciones tales como *e-mail*. Este ancho de banda no estará disponible para otras aplicaciones tales como llamadas telefónicas.

g. Administración de llamadas.- El *gatekeeper* puede encaminar llamadas a terminales alternas, bajo condiciones predeterminadas, por ejemplo en el caso de un terminal ocupado.

3.8.4 UNIDADES DE CONTROL MULTIPUNTO (MCU)^[30]

Las unidades de control multipunto MCUs son elementos lógicos que proveen la capacidad de realizar conferencias de llamadas entre tres o más terminales H.323. El MCU administra los recursos de la conferencia, con el propósito de determinar el codec a usar y tener manejo adecuado del flujo de datos.

Un *gateway* o un *gatekeeper* pueden incluir también una MCU. En uno y otro caso, se trata de funciones independientes que están co-ubicadas dentro del mismo equipo.

3.8.4.1 Componentes de la MCU

Una MCU consiste de: un Controlador Multipunto MC y de un procesador opcional multipunto MP.

Controlador Multipunto (MC).- A parte de ser un elemento de una MCU puede estar ubicado también en un *gateway*, *gatekeeper* o un terminal H.323. Soporta la negociación de las capacidades con todos los terminales y asegura un

nivel común de comunicación. El MC no es capaz de realizar conmutación de tráfico de voz, vídeo, o datos.

Procesador Multipunto (MP).- Desempeña la conmutación de los diferentes tráficos con el control de MC. El MP es el procesador central para el flujo de datos, voz y vídeo para una conferencia multipunto.

3.8.4.2 Tipos de Conferencias

Es posible establecer dos tipos de conferencias:

Conferencias Multipunto centralizadas.- Conferencia en la que todos los terminales participantes comunican de manera punto a punto con una MCU. Los terminales transmiten su información a la MCU. El MC de la MCU gestiona de manera centralizada la conferencia. El MP de la MCU procesa la información y la devuelve a cada terminal.

Conferencias Multipunto descentralizadas.- Conferencia en la que cada terminal participante difunde su información a todos los demás participantes sin utilizar una MCU. En este caso no se necesita el MP ya que el procesamiento de la información se realiza en cada terminal.

3.9 TECNOLOGÍA DE LA RED DE DATOS DE ÁREA LOCAL (LAN)

La Escuela Politécnica Nacional para cursar su tráfico telefónico mediante el protocolo IP, requiere contar con una tecnología de red local que maneje de forma adecuada la transmisión de tráficos críticos (tráfico de tiempo real), a fin de que tengan los usuarios actuales y estimados a futuro una calidad de voz comparable a la brindada por el sistema convencional de telefonía de la E.P.N. (PBX DEFINITY).

Independientemente de qué tipo de elementos (*gateways*, tarjetas VoIP para la PBX, servidores, etc.) de telefonía IP se utilicen en el nuevo sistema

telefónico de la E.P.N, la tecnología de la red local será común para cualquier alternativa.

En este punto, cabe mencionar que la arquitectura AVVID (*Architecture for Voice, Vídeo, and Integrated Data*) de Cisco ^(b), propone una arquitectura de red convergente que permite el manejo de tráfico crítico (voz y vídeo), y un escalamiento desde 100 a 10000 usuarios sin la pérdida de desempeño. Se establece que el modelo de la red del Campus debe ser, jerárquico redundante, compuesto por *switches* de acceso de capa 2, *switches* de distribución de capa 3, y *switches* de núcleo también de capa 3, y deben disponer de mecanismos de QoS como esquemas de clasificación de tráfico, tratamiento de colas, sistemas de administración de almacenamiento (*buffers*), entre otros. Además establece que el usuario deberá conectarse al *switch* de acceso mediante una interfaz Ethernet 10/100 [Mbps]. Se propone también el uso de ATM, Frame Relay, o líneas dedicadas como tecnología de salida a la red WAN. Sin embargo, no indica la utilización del tipo de tecnología entre los diferentes niveles de *switches*.

3.9.1 DISPONIBILIDAD DE LA RED

Según los parámetros de QoS una disponibilidad del 99.995% es uno de los requisitos que se debe cumplir para que la red soporte el tráfico de voz VoIP. La herramienta para lograr este nivel de disponibilidad es la implementación de una red redundante.

Acogiendo la documentación de Cisco, se tiene que la disponibilidad de una red depende de la combinación de 6 factores: *Hardware*, *Software*, Cables/Enlaces, Alimentación, Diseño, y errores de usuario. Todos ellos pueden afectar a la red de diferentes maneras y en diferentes áreas de la red (LAN, WAN, Centro de Datos, o el núcleo de la red).

^b www.cisco.com

Dependiendo del valor de disponibilidad, se define tres tipos de redes, donde se considera aproximadamente la disponibilidad que requiere determinado tipo de organización. Estas redes son:

- Redes Confiables.- Disponibilidad aproximada 99.5%. Ejemplos redes educacionales y de gobierno.
- Redes de Gran Disponibilidad.- Disponibilidad aproximada de 99.99%. Ejemplo redes de fábricas, servicios, y laboratorios tecnológicos.
- Redes sin fallas.- Disponibilidad aproximada 99.999%. Ejemplo redes financieras o médicas.

Por tanto, para la red de la E.P.N se deberá cumplir con las herramientas o mecanismos que permitan llegar al valor de 99.5 % de disponibilidad. Independientemente de los mecanismos que se escojan; se recomienda tomar muy en cuenta las implicaciones económicas para la institución. Algunas recomendaciones que permitirán disponer de una red con óptima disponibilidad para comunicaciones de VoIP se detallan a continuación.

3.9.1.1 Hardware de la Red

	Redes Confiables	Redes Gran Disponibilidad	Redes sin Fallas
Núcleo	<ul style="list-style-type: none"> • Núcleo redundante con 24 horas MTTR 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerido núcleo redundante. • Recomendado 4 horas MTTR 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerido núcleo redundante. • Recomendado 1-2 horas MTTR
Usuario/ teléfono IP/Componentes de telefonía	<ul style="list-style-type: none"> • No redundante, 8 horas MTTR, para: Teléfono IP, Componentes IP, y <i>switch</i> de acceso 	<ul style="list-style-type: none"> • Requerido <i>gatekeeper</i> redundante • Requerido <i>gateway</i> redundante • No redundante teléfono IP • 4 horas MTTR 	<ul style="list-style-type: none"> • Redundante <i>gatekeeper</i> • Redundante <i>gateway</i> • Redundante teléfono IP • Redundante <i>hardware</i> de red. • 1-2 horas MTTR

* MTTR Tiempo para reparar

Tabla 3.70 Factores de disponibilidad de hardware

3.9.1.2 Software de la red

	Redes Confiables	Redes Gran Disponibilidad	Redes sin Fallas
Software	Software de control recomendado	Software de control requerido	Software de control requerido

Tabla 3.71 Factores de disponibilidad de software

3.9.1.3 Cableado de la Red

Redes Confiables	Redes Gran Disponibilidad	Redes sin Fallas
<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura de cableado menor a 10 años. Administración de <i>patch cord</i> recomendado 	<ul style="list-style-type: none"> Cableado de cobre de acuerdo a las normas EIA –TIA –568. Redundante infraestructura de cableado recomendado Administración de <i>patch cord</i> requerido Diversidad de enlaces de núcleo recomendado Certificado cableado de Fibra 	<ul style="list-style-type: none"> Cableado de cobre de acuerdo a las normas EIA –TIA –568. Redundante infraestructura de cableado requerido Administración de <i>patch cord</i> requerido Diversidad de enlaces de núcleo requerido. Certificado Cableado de fibra.

Tabla 3.72 Factores de disponibilidad cableado

3.9.1.4 Fuentes de Poder y Ambientación

	Redes Confiables	Redes Gran Disponibilidad	Redes sin Fallas
IP Phones	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 30 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 1 hora 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS 8 horas
Gatekeeper y gateway	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 30 minutos Recomendado Control de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 1 hora Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS y generador para 8 horas Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida
Centro de datos	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 30 minutos Recomendado Control de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 4 horas Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS y generador para 8 horas Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida
Infraestructura de interconectividad	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 30 minutos Recomendado Control de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS para 1 hora Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida 	<ul style="list-style-type: none"> Recomendado UPS y generador para 8 horas Recomendado Control de temperatura requerido Administración SNMP requerida

Tabla 3.73 Factores de disponibilidad de alimentación y ambiente

3.9.1.5 Estructura de la red de datos

Redes Confiables	Redes Gran Disponibilidad	Redes sin Fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño modular y jerárquico requerido. • Eficiente <i>Hardware</i> y <i>software</i> recomendado. • Jerárquico ruteo IP recomendado • QoS en capa II y III recomendado • QoS en WAN con control de llamada recomendado • <i>Spanning tree</i> recomendado • HSRP recomendado • Protocolos EIGRP, OSPF recomendados 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño modular y jerárquico requerido • Eficiente <i>Hardware</i> y <i>software</i> requerido • Jerárquico ruteo IP requerido. • QoS en capa II y III requerido • QoS en WAN con control de llamada requerido • <i>Spanning tree</i> requerido • HSRP requerido • Protocolo EIGRP, OSPF requeridos • Capacidades de procesos de administración y análisis recomendados 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño modular y jerárquico requerido • Eficiente <i>Hardware</i> y <i>software</i> requerido • Jerárquico ruteo IP requerido • QoS en capa II y III requerido • QoS en WAN con control de llamada requerido • <i>Spanning tree</i> requerido • HSRP requerido • Protocolo EIGRP, OSPF requeridos • Capacidades de procesos de administración y análisis recomendados

Tabla 3.74 Factores de disponibilidad de la red

3.9.1.6 Errores de usuario y administración

Parte de la disponibilidad también está relacionada con los errores de usuario y procesos de administración o gestión de la red. Por tanto, es necesario definir procesos que permitan eficiencia en la solución de fallas, configuración, desempeño y seguridad de la red.

Una óptima administración de la infraestructura, puede establecerse mediante la disposición principalmente de lo siguiente:

- Arquitectura definida con pruebas de validación de la misma.
- Implementación de la red con estándares definidos de conectividad, *hardware* (equipos/módulos), configuración, versiones de *software*, y herramientas de administración actualizadas.

- Soporte operacional de la nueva tecnología con entrenamientos constantes al personal que será responsable del nuevo sistema telefónico.
- Procesos consistentes de implementación que aseguren consistente desarrollo. Estos procesos pueden incluir: documentación y aprobación del diseño físico de la red, documentación de la construcción, y guía de implementación paso a paso
- Procesos de administración de fallas detectando condiciones de enlaces defectuosos con provisión de rápida solución.
- Planes de sustitución de *hardware* que permitan su rápido remplazo.
- Procesos que analicen y validen la capacidad o el desempeño por cambios en la red.

3.9.2 TECNOLOGÍA DE LA RED

Para la selección de la tecnología de red se toma en cuenta criterios como:

- La tecnología debe soportar aplicaciones de voz (manejar el tráfico telefónico generado en la E.P.N.) con calidad de servicio y opcionalmente tráfico de datos y vídeo.
- La tecnología debe soportar como medio de transmisión fibra óptica multimodo (tipo de fibra que dispone la Institución).
- La tecnología debe ser flexible y escalable.
- La tecnología debe tener amplia aceptación en el mercado con equipos que manejen VoIP.

Bajo estas consideraciones, la tecnología ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) es la que mejores características presenta para el manejo del tráfico de voz comparadas con redes que no son orientadas a conexión. Sin profundizar en ella, se tiene:

- Es orientada a conexión, lo que permite dar a las comunicaciones de voz garantía de ancho de banda mediante el establecimiento del circuito lógico virtual.
- Entrega de diferentes clases de servicio para diferentes aplicaciones.
- Soporte de aplicaciones tanto de tiempo real (como voz y vídeo) como aplicaciones menos sensibles al retardo.
- Uso de diferentes velocidades para tráfico continuo o para tráfico a ráfagas.
- Manejo eficiente del ancho de banda

Cabe indicar que la tecnología ATM fue diseñada para cumplir los requerimientos de la red de servicios integrados de banda ancha. En telefonía IP, esta tecnología es utilizada como tecnología de las redes WAN, de algunos proveedores de servicio de telefonía IP. Sin embargo, no hay que olvidar que ATM se constituye como una tecnología costosa, que resultaría una inversión significativamente alta para manejar el tráfico telefónico de la Escuela Politécnica Nacional.

Por otro lado, se hace necesario la consideración del estándar Ethernet (IEEE 802.3), debido a la existencia de las extensiones *Fast* y *Gigabit* Ethernet las mismas que permiten transmisiones de datos a 100 [Mbps] y 1 [Gbps] respectivamente. Adicionalmente la gran mayoría de equipos de usuario final como teléfonos IP, o PCs que se tienen en el mercado disponen de interfaces bajo este estándar, (generalmente interfaz 10/100 Base T).

Un análisis de las características de Ethernet para manejo del tráfico de voz^[29], señala que:

- Ethernet puede soportar aplicaciones de voz incluso de vídeo en las extensiones *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.
- Ethernet posee funciones de prioridad de tráfico para entrega de servicios multimedia mediante el uso del estándar IEEE 802.1p/Q.
- Ethernet permite la creación de grupos virtuales o VLANs, facilitando la ubicación de equipos de datos y equipos telefónicos en diferentes grupos.
- Ethernet permite eficiente manejo del ancho de banda mediante equipos específicos denominados *switches*.
- Ethernet relativamente no constituye una tecnología costosa.

3.9.2.1 Selección de la tecnología

La red deberá cumplir con el diseño modular con tres niveles jerárquico, Núcleo, Distribución y Acceso. En cada uno de los niveles se dispondrá de *switches*, puesto que, sus características permiten cumplir con los valores de latencia, ancho de banda, *jitter*, retardo, fijados para asegurar el servicio de telefonía IP, así como el servicio de datos.

Bajo esta consideración, y de acuerdo con el análisis anterior, se establece que la mejor alternativa de tecnología de red para el manejo del tráfico de voz en la E.P.N., sería la tecnología Ethernet en su extensión *Fast Ethernet* a nivel de acceso y distribución, y la extensión *Gigabit Ethernet* a nivel de núcleo de la red.

3.9.3 NÚCLEO DE LA RED

El sistema telefónico de la E.P.N., posee un solo punto de conmutación telefónica (la central telefónica) donde se concentran todos los pares telefónicos

de la Institución. Comparativamente este modelo es semejante a una topología física *estrella* de una red de datos con un solo nodo de red.

La implantación de este modelo (un solo nodo de red) para el nuevo sistema telefónico de la E.P.N, se limita por la distribución que tiene la fibra óptica en el Campus. Los tendidos actuales de fibra (Anexo B) poseen dos puntos de distribución: uno ubicado en el Centro de Cómputo (Edificio de Administración) que distribuye la parte sur del Campus y otro en el Edificio Nuevo de Eléctrica – Química, para distribución de la parte norte.

Bajo esta situación es necesario para el nuevo sistema telefónico de la E.P.N. el establecimiento de un nodo en el Edificio Nuevo Eléctrica – Química, y el otro en el Edificio de Administración, cuyo enlace formará el *backbone* principal de la red.

3.9.4 ENLACES DEL SISTEMA TELEFÓNICO

Del levantamiento del cableado del sistema telefónico que se esquematiza en la figura 3.5a, se pudo determinar que el recorrido del tendido de pares de cobre y el tendido de fibra óptica, es muy similar, ya que ocupan los mismos pozos de distribución y además utilizan ductos paralelos.

Básicamente el recorrido de ambos tendidos se diferencia en los puntos de partida y fin de tendido. El tendido de pares telefónicos parte de la central telefónica y llega a los respectivos cajetines ubicados en la parte externa de cada uno de los edificios; mientras que, la fibra óptica parte del Centro de Cómputo y llega a pequeños *racks* o convertidores de medio, ubicados dentro de cada uno de los edificios.

Por tanto, las longitudes de los enlaces del sistema propuesto quedarán determinadas por las distancias que actualmente se tienen en el tendido de fibra

del Campus. La tabla 3.75 ^(c), muestra los enlaces de fibra óptica requeridos para el nuevo sistema telefónico, que actualmente existen en el Campus.

Además, para el diseño de la nueva red es necesaria la implementación de nuevos enlaces entre las dependencias que se indican en la tabla 3.76. Estos enlaces deberán ser de fibra óptica, principalmente puesto que su distancia sobrepasa los 100 metros (longitud máxima que debe tener el cable UTP categoría 5E para la transferencia de datos en la tecnología Ethernet). Mientras que, para las dependencias de la tabla 3.77, son necesarios tantos enlaces de cable UTP categoría 5E como usuarios existan en las dependencias destino.

En la figura 3.5 b se muestran todos los enlaces de fibra y cable UTP indicados en las tablas 3.75, 3.76, y 3.77.

3.9.5 DISTRIBUCIÓN Y ACCESO

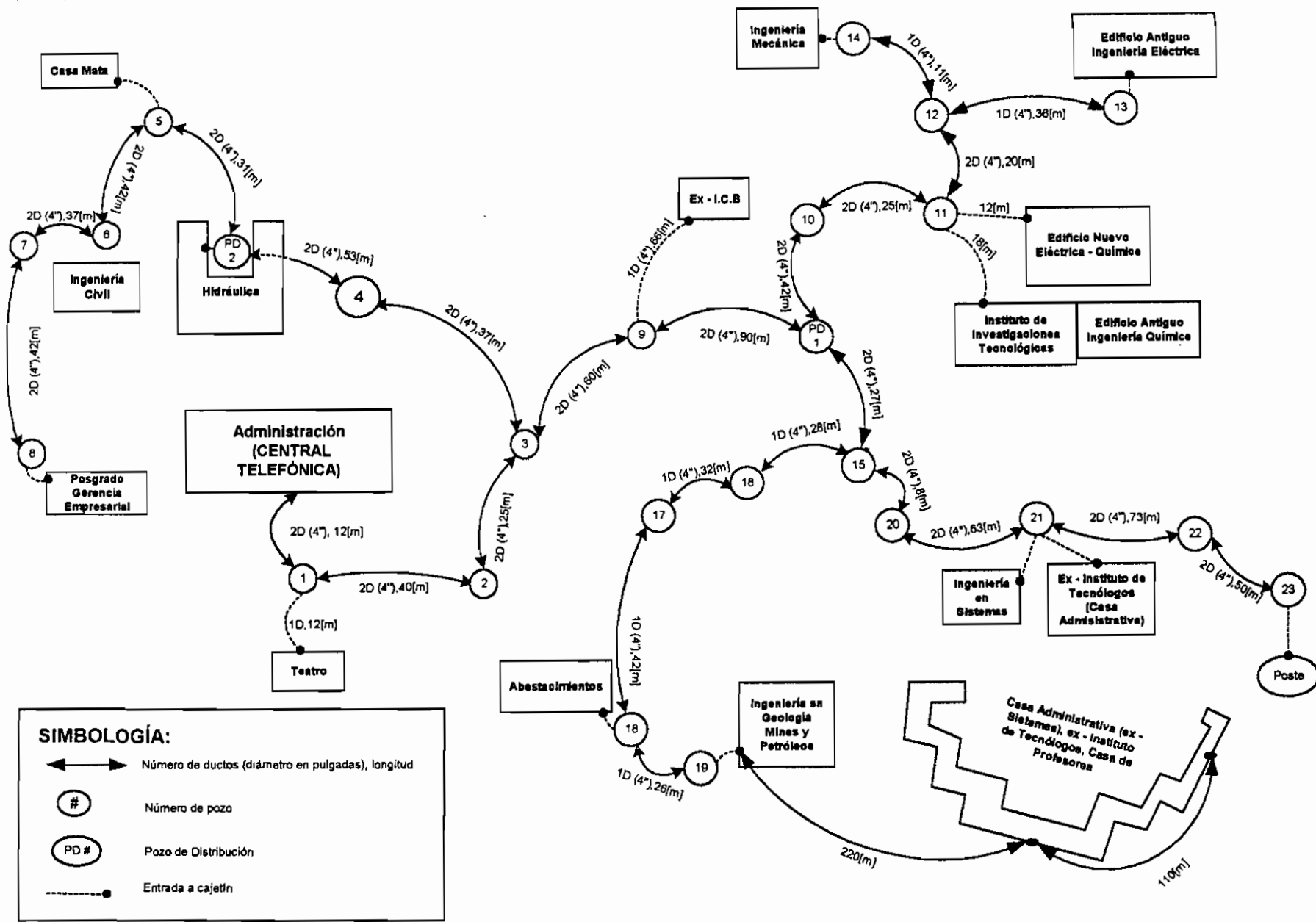
Como se mencionó anteriormente, la distribución geográfica de la fibra sobre el Campus conlleva a utilizar dos nodos principales que formarán el núcleo de red. A estos nodos deberán llegar enlaces *Fast Ethernet* sobre fibra óptica multimodo desde los *switches* de distribución de cada una de las dependencias de la E.P.N.

Los *switches* de distribución serán necesarios para unir los *switches* de acceso de una dependencia en particular o de varias dependencias. A parte de los enlaces de fibra, estos *switches* deberán tener también la capacidad de soportar *Fast Ethernet* sobre cable UTP para sus enlaces con los *switches* de acceso.

Cada uno de los usuarios tendrá acceso al sistema telefónico mediante una conexión Ethernet 10/100 [Mbps] desde su terminal H.323 al *switch* de acceso de su correspondiente dependencia. El enlace deberá ser mediante par trenzado UTP categoría 5E.

^c La longitud de las fibras es tomada de las distancias establecidas en el proyecto *Propuesta de Re-diseño de la Red de Datos de la E.P.N.*

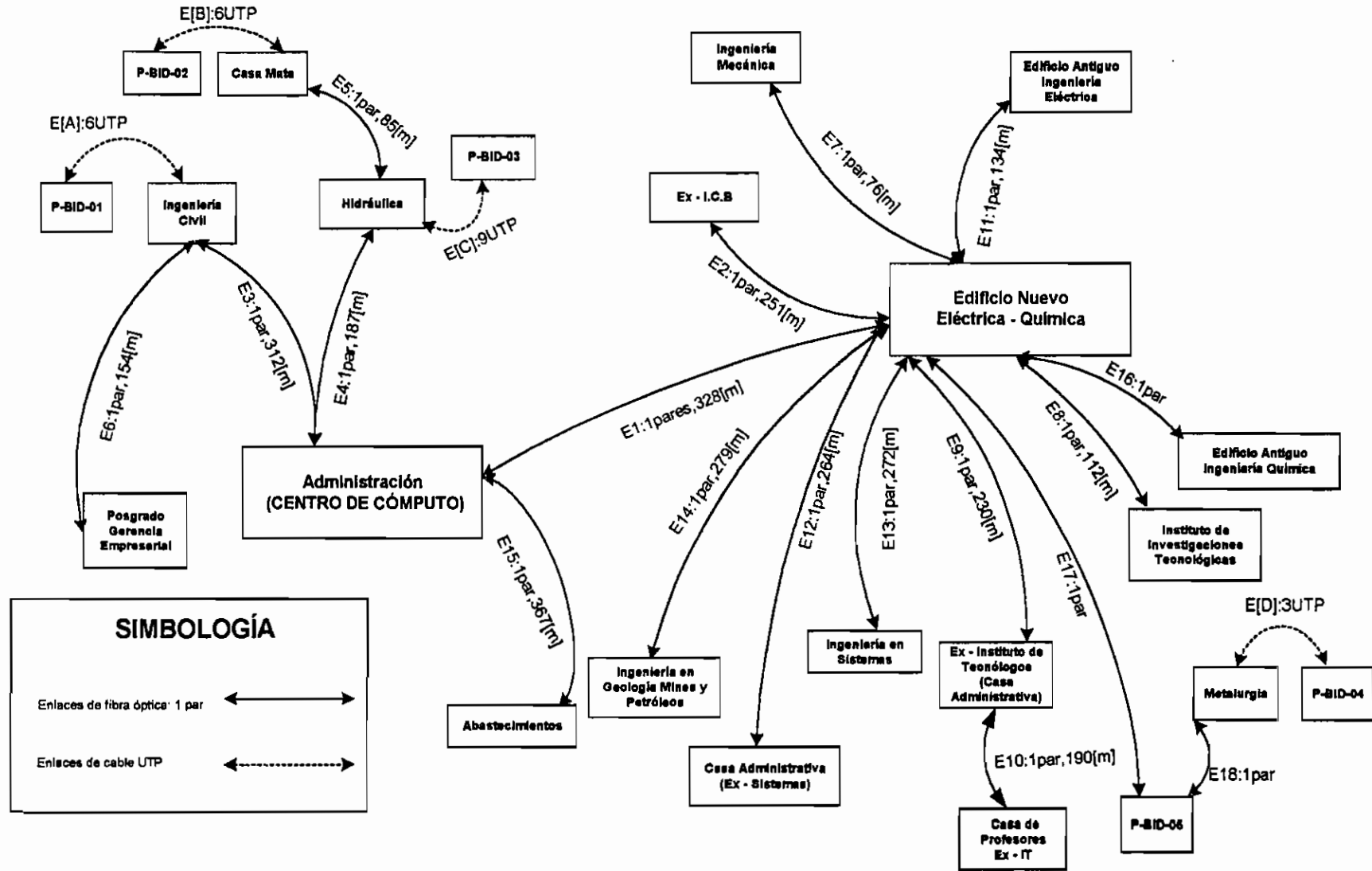
Figura 3.6. Distribución de los pozos telefónicos de la E.F.N.



SIMBOLOGÍA:

- ↔ Número de ductos (diámetro en pulgadas), longitud
- # Número de pozo
- PD # Pozo de Distribución
- Entrada a cajetín

Figura 3.5b Enlaces de Fibra y cable UTP requeridos para el sistema telefónico IP de la E.P.N.



Enlace	Origen	Destino	Pares de Fibra	Longitud (m)
1	Edificio Nuevo Eléctrica – Química	Edificio de Administración	1	328
2	Ex - I.C.B	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	251
3	Edificio de Ingeniería Civil	Edificio de Administración	1	312
4	Edificio de Hidráulica	Edificio de Administración	1	187
5	Casa Mata	Edificio de Hidráulica	1	85
6	Casa de Posgrado en Gerencia Empresarial	Edificio de Ingeniería Civil	1	154
7	Edificio Ingeniería Mecánica	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	76
8	I. Investigaciones Tecnológicas	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	112
9	Casa Administrativa ex – IT	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	230
10	Casa Profesores ex – IT	Casa Administrativa ex -IT	1	190
11	Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	134
12	Casa Administrativa ex –Sistemas	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	264
13	Edificio Ingeniería en Sistemas	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	272.5
14	Edificio Ingeniería en Geología Minas y Petróleos	Edificio Nuevo Eléctrica - Química	1	279

Tabla 3.75 Enlaces de fibra óptica requeridos ya instalados

Enlace	Origen	Destino	Fibra Óptica	Longitud
15	Edificio de Abastecimientos	Edificio de Administración	1	<400
16	Edificio Química Antiguo	Edificio Nuevo Eléctrica – Química	1	<400
17	Edificio Nuevo Eléctrica – Química	P-BID-05	1	<400
18	P –BID – 05	Metalurgia	1	<400

Tabla 3.76 Enlaces de fibra óptica requeridos no existentes

Enlace	Origen	Destino	Cable UTP	Longitud
A	Edificio de Ingeniería Civil	P-BID-01	6	<100
B	Casa Mata	P-BID-02	5	<100
C	Hidráulica	P-BID-03	9	<100
D	Metalurgia	P-BID-04	3	<100

Tabla 3.77 Enlaces de cable UTP requeridos no existentes.

Los *switches* de acceso deberán tener la cantidad de puertos necesarios para cubrir a todos los usuarios de la dependencia sin que exista la necesidad de establecer cascadas de *switches* y contar con *up links Fast Ethernet* de cable UTP o fibra para conexión al *switch* de distribución.

El esquema de conexión del usuario al *backbone* de la red se muestra en la figura 3.6. Este tipo de conexión se deberá tener en todas las dependencias del Campus que tiene enlaces directos a los *switches* de distribución.

Para las dependencias que no tienen enlaces directos al núcleo de la red, deberá existir un *switch* de acceso adicional que se enlazará mediante puertos *up links* de fibra o de cable UTP, dependiendo del medio utilizado en dichas dependencias (por limitación de la distancia), a otro *switch* de similares características; y de este último se tendrá el enlace al *switch* de nivel superior. La figura 3.7 muestra la forma de conexión para estas dependencias.

3.9.5.1 Requerimientos del *switch* acceso

El *switch* de acceso, independientemente de la marca, mejorará la eficiencia de una red, principalmente si presenta las siguientes características:

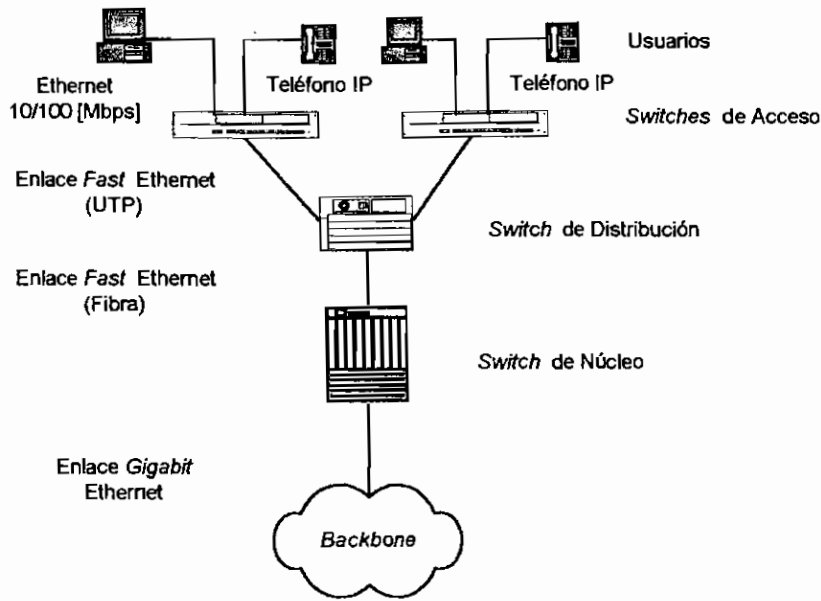


Figura 3.6 Conectividad de dependencias con enlaces directos

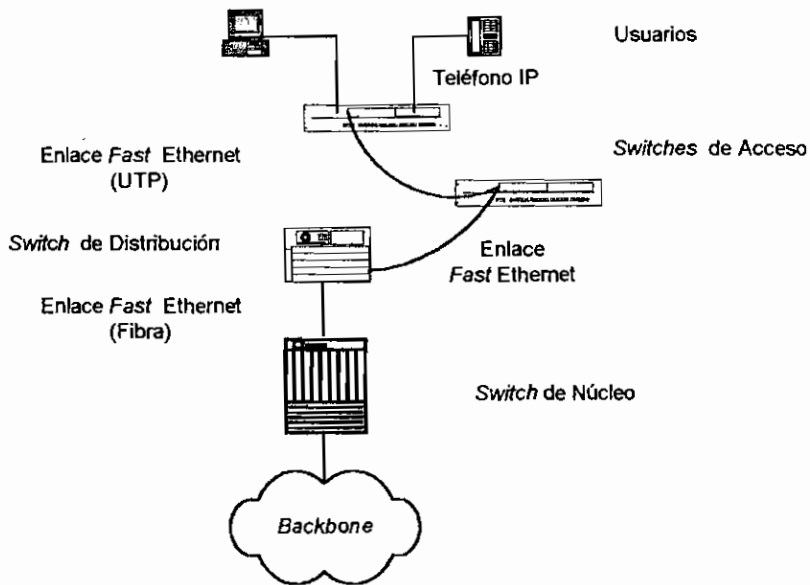


Figura 3.7 Conectividad de dependencias con enlaces indirectos

- Soporte de mecanismos de calidad de servicio (QoS) de capa 2, que permitan prioridad en la realización de aplicaciones. (IEEE 802.1p)
- Soporte de VLANs (LANs virtuales), a fin de limitar el flujo de tráfico, y proporcionar un nivel básico de seguridad y optimizar la red. (IEEE 802.1Q)
- Soporte de enlaces de alto rendimiento (*up links*) sobre fibra óptica *Fast Ethernet*.
- Soporte de puertos de usuarios auto - sensitivos 10/100 Base -T.
- Soporte de capacidades de administración.

3.9.5.2 Requerimientos del *switch* de distribución

Debido a que concentrará los enlaces de la red que llegan de los *switches* de acceso, estos equipos independientemente del fabricante, deberán presentar las siguientes características:

- Diseño modular.
- Encaminamiento de alto rendimiento entre los diferentes segmentos o diferentes VLANs (*switch* de capa 3).
- Soporte de módulos con puertos *Fast Ethernet* de fibra y/o cable UTP.
- Soporte de mecanismos de seguridad.
- Soporte de políticas de administración.

3.9.5.3 Requerimientos del *switch* del núcleo

Debido a que concentrará los enlaces de la red que llegan de los *switches* de distribución, estos equipos independientemente del fabricante, deberán presentar las siguientes características:

- Diseño modular.
- Soporte de fuentes de poder redundantes.
- Encaminamiento de alto rendimiento entre los diferentes segmentos o diferentes VLANs (*switch* de capa 3).
- Soporte de módulos con puertos *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.
- Soporte de mecanismos de seguridad.
- Soporte de políticas de administración.
- Soporte de expansión de memoria.

3.9.6 REDUNDANCIA DE ENLACES

Una red con diseño modular jerárquico, para transmisión de voz, requiere de la implementación de enlaces redundantes a fin de cumplir con los valores de disponibilidad. Para la E.P.N esta consideración de redundancia implica la adquisición de fibra óptica debido principalmente a las distancias que tienen que cubrirse y ubicación geográfica de los puntos de distribución y núcleo de la red.

Los enlaces redundantes que se consideran necesarios son a nivel de *switches* de distribución y de núcleo de la red. Todos ellos deberán ser implementados con el fin de otorgar mayor seguridad a la red y para una mayor disponibilidad de la misma.

Estos enlaces redundantes se indican en la tabla 3.78. Las longitudes mostradas están determinadas de acuerdo a las distancias de la figura 3.5a. Se considera una distancia de 2 m por cada pozo, una distancia de 25 m desde el pozo 11 al tercer piso de eléctrica y una distancia similar desde el pozo 2 al Centro de Cómputo. Para los edificios de Civil y Sistemas, se considera una distancia de 3 m por cada piso de estos edificios y el cálculo se realiza al tercero de cada uno de ellos.

Comparando la longitud de estos enlaces de fibra óptica, que deberán ser *Fast Ethernet*, excepto el enlace del Centro de Cómputo al Edificio Nuevo Eléctrica – Química (enlace *Gigabit Ethernet*), con la longitud máxima especificada por Ethernet (longitud máxima de fibra óptica 400 metros), se tiene que, uno de ellos sobrepasa esta longitud, por lo que es necesario la ubicación de regeneradores de señal.

Una solución para estos enlaces debería ser la siguiente:

- Ingeniería Civil, enlace 3:
 - Un enlace de fibra desde el Edificio Nuevo Eléctrica –Química al Edificio de Hidráulica (354 m).
 - Un regenerador de señal en el Edificio de Hidráulica.
 - Un enlace de fibra desde el Edificio de Hidráulica al Edificio de Ingeniería Civil (aproximadamente 91[m]).

Enlace	Origen	Destino	Pares de Fibra	Longitud (m)
1	Edificio Nuevo Eléctrica – Química	Edificio de Administración	2	304
3	Edificio de Ingeniería Civil	Edificio Eléctrica – Química	1	444
7	Edificio Ingeniería Mecánica	Edificio Administración	1	323
13	Edificio Ingeniería en Sistemas	Edificio de Administración	1	333

Tabla 3.78 Enlaces para redundancia de la red

En la figura 3.8 se presenta el esquema físico de la plataforma de datos que se necesita en la E.P.N. para la implementación de un sistema telefónico IP sin enlaces redundantes. Mientras que en la figura 3.9, se esquematiza la interconexión de los enlaces redundantes propuestos.

3.9.7 ADMINISTRACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA IP

La administración de la red de telefonía IP debe considerar y satisfacer tanto los requerimientos que existen para la administración de datos o voz y también los requerimientos para VoIP, puesto que algunos de ellos pueden influir en la selección del equipo, y por tanto en el diseño de la red.

El modelo de administración de red OSI conocido como FCAPS, que delinea, cinco áreas de tratamiento en la administración de infraestructuras de red de datos, es tomado como referencia para la administración de redes de telefonía IP^[33] y además deberá ser establecido dentro del nuevo sistema telefónico a fin de consolidar aun más la disponibilidad que requiere una red de datos para el soporte de llamadas telefónicas en formatos IP. Las cinco áreas de administración de este modelo son: Fallas, Configuración, Contabilidad, Desempeño y Seguridad.

3.9.7.1 Administración de fallas

El objetivo de la administración de fallas es la detección de problemas en los elementos de la red dentro de la infraestructura de telefonía IP. Es utilizada con el fin de evitar que problemas en *hardware*, *software* o conectividad de enlaces, degraden los servicios de la red. Por tanto los elementos que se dispongan en el sistema telefónico deberán tener características que notifiquen estos problemas mediante o a través de mensajes o pantallas de alerta al administrador.

Figura 3.8 Red de datos de la E.P.N. para el soporte de telefonía IP

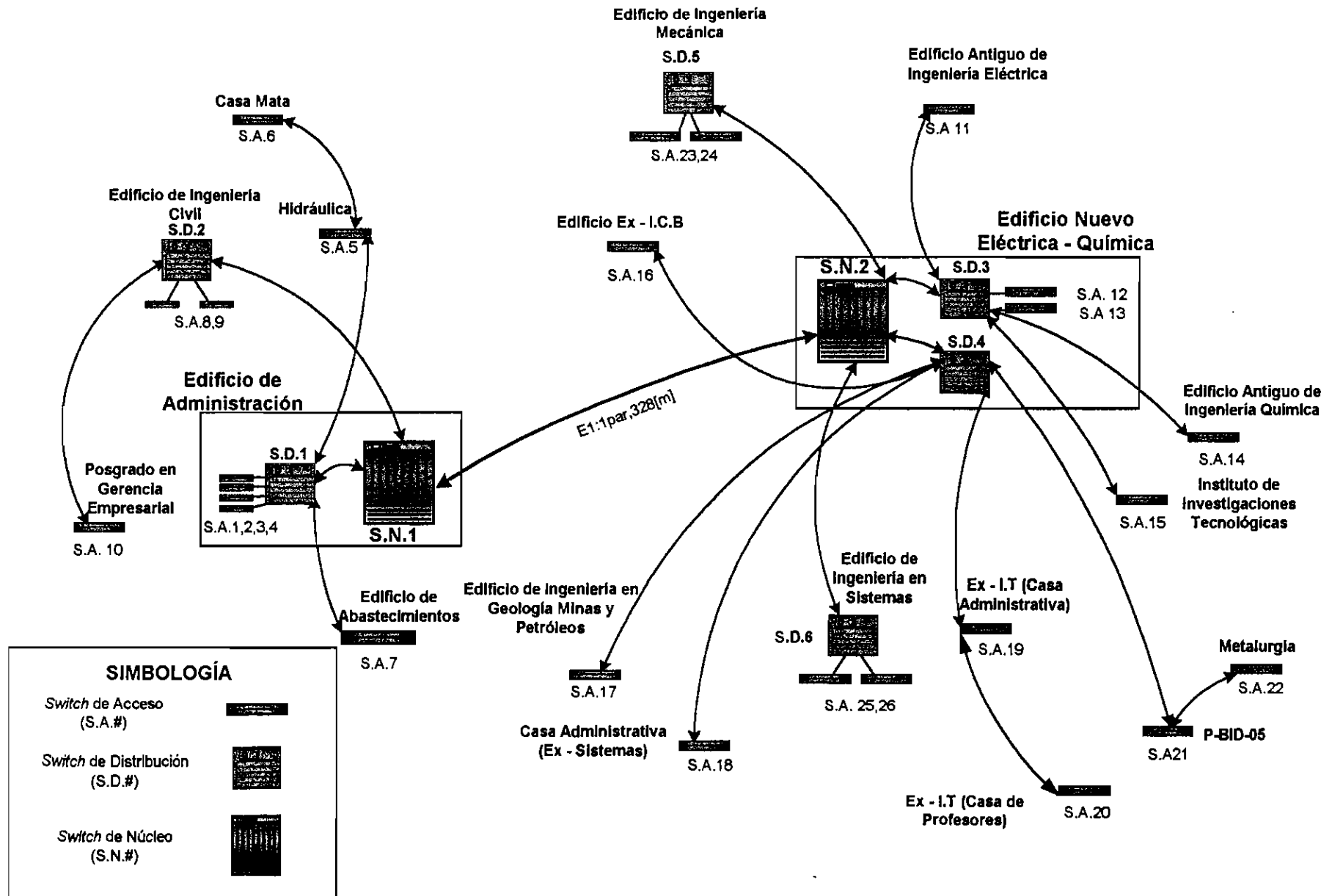
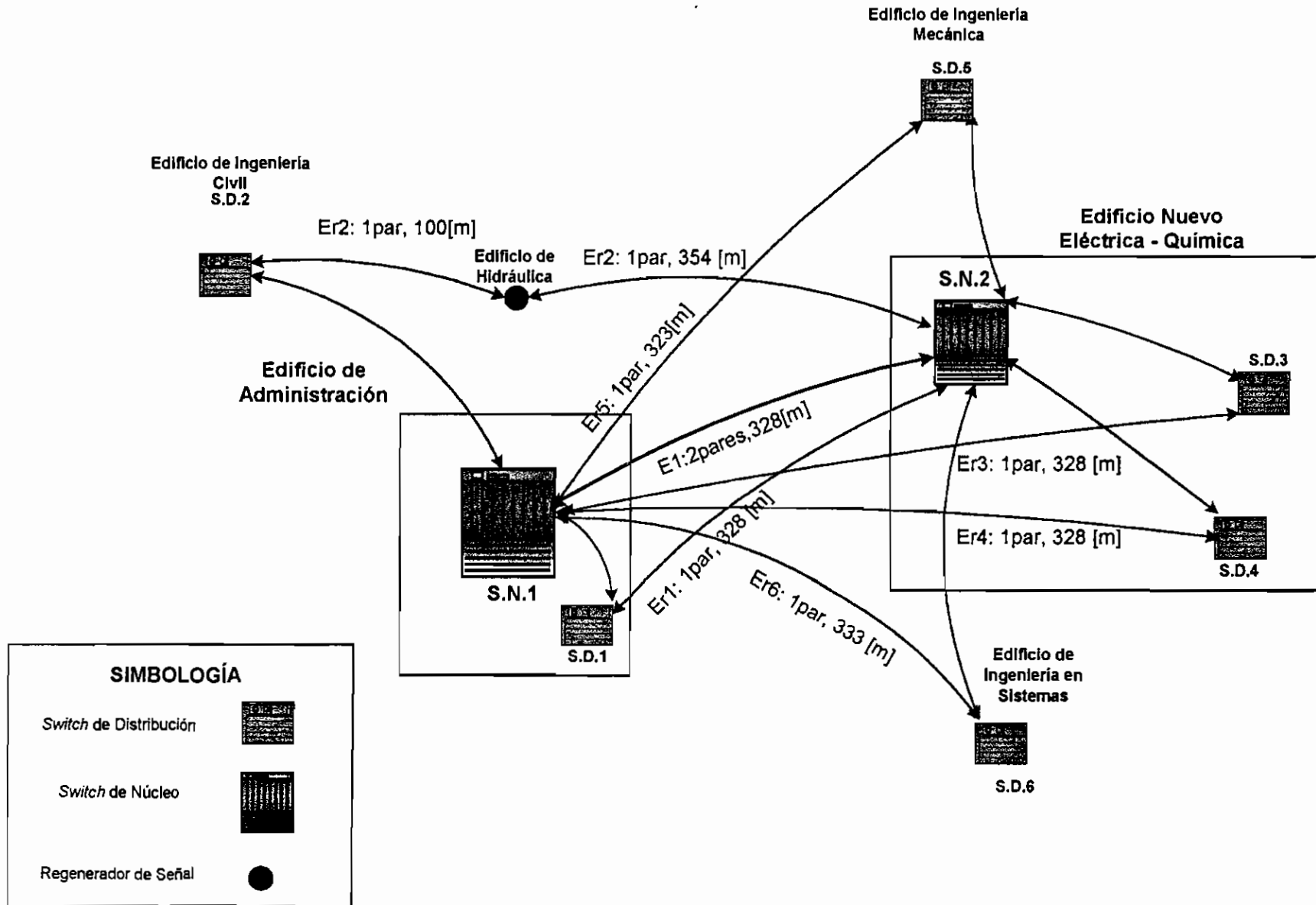


Figura 3.9 Enlaces de red



3.9.7.2 Administración de Configuración

Involucra administración de *software*, direcciones, planes de marcación, mapas de la red y un detallado inventario de los elementos de la red. En este caso es necesario llevar reportes de los cambios realizados en los archivos de configuración que deberán ser realizados por el administrador de la red.

3.9.7.3 Contabilidad

Necesario para organizaciones de gran tamaño y proveedores de servicio. Es requerida para determinar el uso de aplicaciones y recursos de red por usuario o grupos de usuarios que demanden presupuestos económicos. En la E.P.N. es necesario llevar registros de llamadas (*CDR calling detail reports*) a fin de controlar el consumo telefónico.

Cabe mencionar que esta funcionalidad está presente actualmente en la central telefónica DEFINITY, pero no es utilizada por falta de un sistema para procesar datos.

3.9.7.4 Desempeño

Se basa en medidas y localizaciones de uso de recursos en la red para ayudar a asegurar la consistente disponibilidad de la red. Esto se puede realizar mediante reportes del estado de la red, que indiquen la utilización de elementos y de enlaces. Por tanto, llevar un control del desempeño del sistema telefónico ayudaría especialmente para determinar horas pico que posiblemente sobrecarguen la capacidad del sistema y puedan degradar el servicio telefónico en ciertas dependencias.

3.9.7.5 Seguridad

La meta de la seguridad en la red es evitar el acceso de usuarios no autorizados a los recursos de la red. Para el caso de la infraestructura de voz

puede establecerse políticas en las cuales el usuario telefónico requiera el ingreso de códigos especiales para realizar llamadas internacionales o locales.

3.9.8 PRIMERA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN IP

Esta alternativa plantea la utilización de la central telefónica de la E.P.N., como único elemento servidor de telefonía IP, durante los próximos 10 años sin consideración de los índices de crecimiento.

Esta alternativa se apoya en las siguientes consideraciones:

- Soporte de capacidades IP gracias a la actualización realizada en el año 2000.
- Soporte de interconexión con redes de datos mediante la adición de tarjetas de interfaces especializadas.
- Soporte de máximo 300 estaciones IP, entre troncales IP y extensiones IP.

Por tanto, la central telefónica deberá manejar comunicaciones IP en un mínimo de 5 años, lo cual establece que la red de datos requerida, deberá cubrir el número de usuarios que permite la central.

Durante el resto del "período de migración IP (5 años)", deberá estar establecida la totalidad de la red de datos de acuerdo a las consideraciones anteriores, a fin de que la siguiente fase de migración pueda ser ejecutada con el mínimo de requerimientos.

3.9.8.1 Requerimientos de la Central DEFINITY

La central telefónica de la E.P.N para el manejo de comunicaciones de voz a través del protocolo IP, requiere de dos tarjetas de interfaz que se conectan a la red de datos mediante el estándar Ethernet 10BASE -T.

1. La tarjeta de interfaz Control LAN (C - LAN), y

2. La tarjeta de procesamiento IP *Media Processor* (medpro).

Puede establecerse también como requerimiento de la central para su migración IP e integración con la red de datos, el traslado de la misma desde el lugar actual al Centro de Cómputo, a fin de concentrar las administraciones de ambas redes en un solo sitio.

a. *Tarjeta de control LAN (C - LAN)*

Esta tarjeta controla la señalización y establecimiento de llamada. Sirve de interconexión entre la central y la red de datos LAN. DEFINITY G3siV8 soporta un máximo de 10 C - LANS y cada una de ellas soporta un máximo de 508 conexiones TCP/UDP usadas para el control de llamadas.

Cada C - LAN posee 17 puertos, de los cuales uno se destina para la conectividad TCP/IP sobre el estándar de Ethernet 10 Base – T a la red de datos y los 16 restantes para conexiones punto a punto. Estos 16 puertos son utilizados para la realización de llamadas desde teléfonos IP a teléfonos convencionales. Entre las principales capacidades de señalización IP se incluyen:

- El protocolo de Registro, Admisión, y Seguridad (RAS).
- El protocolo Q.931 para señalización y aplicaciones avanzadas.
- El protocolo H.245 de H.323
- El protocolo DEFINITY CCMS para IP *Softphone* y Teléfono IP

b. *Tarjeta de procesamiento IP (IP medpro)*

Maneja el proceso del flujo de datos; este dispositivo realiza la función de *gateway* ya que se encarga de la conversión de voz convencional a formato IP y viceversa. No desempeña funciones de señalización y solamente maneja tráfico de llamadas de fax y voz realizadas a través de la intranet.

La central DEFINITY de la E.P.N. soporta un máximo de 13 *medpro*, y el número de llamadas simultáneas que puede manejar cada tarjeta depende del codec que se utiliza en la compresión de la voz. Por ejemplo, se tiene un manejo de 31 llamadas con Codec G.711, y 22 llamadas con Codec G.729 o un número intermedio entre 31 y 22 llamadas, dependiendo del uso simultáneo de los dos codecs.

A continuación se listan algunas características y capacidades de esta tarjeta:

- IP *medpro* utiliza codecs de los estándares G.711 G.723.1 y G.729 para compresión de voz, y los protocolos RTP, UDP e IP para el envío de la misma.
- Dispone de un interfaz físico Ethernet 10/100 Base – T, para soportar usuarios H.323.
- Soporta también el protocolo RTCP a fin de obtener información acerca del retardo, *jitter*, pérdida de paquetes y otros datos útiles para analizar la calidad de la voz.
- Soporta calidad del Servicio QoS, cuyos mecanismos son definidos por los Servicios Diferenciados y 802.1p para priorización de tráfico de voz a través de la red IP.
- Incorpora la cancelación de eco y supresión de silencios.
- Los recursos de la tarjeta son ocupados únicamente cuando las llamadas deben cambiar de formato, es decir, cuando una llamada IP requiere alcanzar un terminal de la red telefónica convencional o viceversa.

3.9.8.2 Capacidad de usuarios IP

La central DEFINITY, maneja un máximo de 300 estaciones IP, considerando como estación IP, a una extensión IP o a una troncal IP.

Las líneas troncales IP son requeridas por DEFINITY para la interconexión IP con otra central telefónica PBX o con la PSTN. La E.P.N. no tiene ningún Campus sucursal que requiera una PBX por tanto no existe posibilidad de requerimiento de interconexión con otra PBX. Por otro lado, una interconexión con la PSTN no es posible de realizar dado que no existe el servicio de telefonía IP en las empresas telefónicas públicas nacionales, ni tampoco se tienen Proveedores de Servicio de Telefonía IP.

Ahora, el número de tarjetas de interfaz C – LAN requeridas para cubrir a los nuevos usuarios IP se obtiene basándose en los criterios propietarios de Lucent Technologies (empresa constructora de DEFINITY), donde cada usuario ocupa 3 *sockets* por conexión TCP/IP (propietario de la central). Entonces se tiene:

Número de C- LANs = número de usuarios * 3 / 508 conexiones

Número de C-LANs = $300 * 3 / 508$

Número de C-LANs = 2

El número de tarjetas *medpro*, se obtiene del número máximo de conexiones simultáneas registradas y del codec utilizado (G.711 máximo 31 conexiones y G.729A máximo 22 conexiones).

De acuerdo a Lucent Technologies, la estimación del número de conexiones simultáneas debe hacerse considerando el 10% del total de extensiones activas, lo cual equivale a 30 llamadas simultáneas en el caso de tener los 300 usuarios IP que soporta la central DEFINITY de la E.P.N. Este valor no está alejado del número máximo de llamadas simultáneas registradas en la E.P.N. ya que en el día de mayor tráfico se tuvo un registro de 24 llamadas simultáneas.

Por tanto, tomando en cuenta el codec, se tienen los siguientes cálculos para determinar el número de *medpro* necesarias:

- Considerando el codec G.711

Número de *medpro* = número de usuarios simultáneos / 31

Número de *medpro* = 30 / 31

Número de *medpro* = 1

- Considerando el codec G.729a

Número de *medpro* = número de usuarios simultáneos / 22

Número de *medpro* = 30 / 22

Número de *medpro* = 2

De los cálculos se concluye que la central requiere de 2 tarjetas de interface C-LAN y 2 tarjetas de procesamiento *medpro*, para tener el manejo efectivo de 300 usuarios IP que comparativamente corresponden al 93% de los usuarios telefónicos actuales.

Cabe indicar, que se toman dos tarjetas *medpro* por la posibilidad de que los usuarios pueden utilizar el codec G.729a, que frecuentemente es empleado en los equipos para telefonía sobre enlaces WAN.

3.9.8.3 Usuarios cubiertos

Se proponen las siguientes sugerencias para la asignación de las 300 extensiones IP:

- Dependencias con un significativo número de usuarios telefónicos. El administrador podrá observar el desempeño y comportamiento de la red en segmentos, donde "relativamente" se tiene mayor cantidad de tráfico, y de esta manera anticipar criterios de administración de la red.

- Dependencias que tienen la disponibilidad de cableado estructurado o facilidades de implementación de cableado y acceso al *backbone* de fibra. A fin de “reducir” los costos de implementación de la red telefónica aprovechando infraestructuras existentes.
- Dependencias cuyos usuarios requieren servicios de telefonía moderna dada las actividades que desempeñan dentro de la Institución, independientemente si son usuarios administrativos o académicos.

3.9.8.4 Análisis de la alternativa

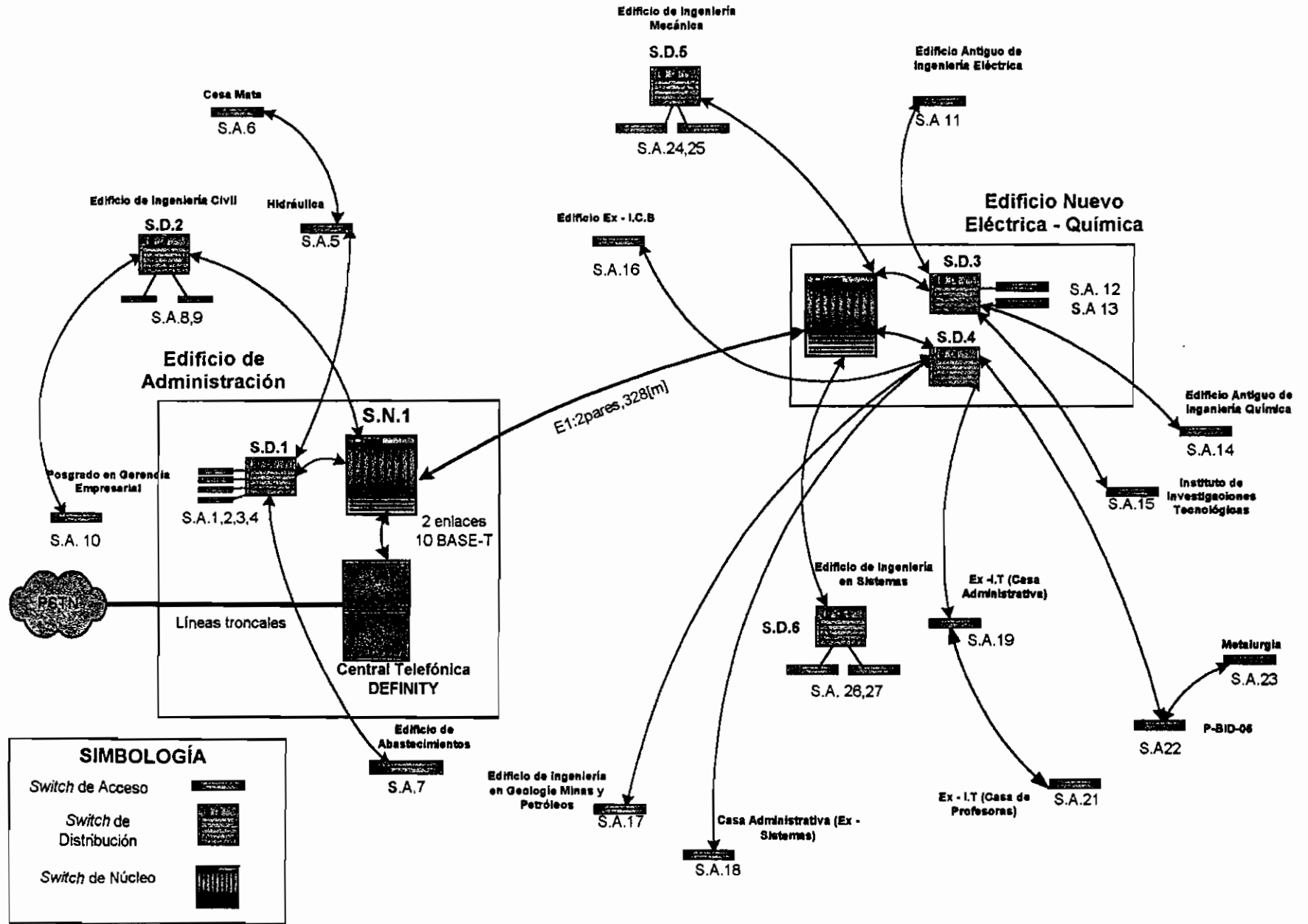
La implementación de esta alternativa como un paso de migración a telefonía IP en la E.P.N., fundamentalmente tiene el aprovechamiento de las capacidades de la central para el procesamiento de llamadas con la adquisición de las tarjetas C-LAN y *medpro*, y su conectividad con la red telefónica pública. Sin embargo, esta solución está limitada a tener únicamente 300 usuarios IP, lo cual no supera el número de usuarios actuales, peor aún los proyectados a futuro. En la figura 3.10, se observa el esquema de esta alternativa.

Esta alternativa es válida para la Escuela Politécnica Nacional si se toman en cuenta los siguientes criterios:

a. Migración paulatina de usuarios telefónicos.- Sin considerar los índices de crecimiento de usuarios a 5 y 10 años, se tendría la capacidad de migrar a IP al 93.5% de los usuarios de central actuales, lo cual deja 300 extensiones convencionales libres para ser asignadas a oficinas que no disponen de servicio telefónico alguno, es decir, brindar servicio telefónico a oficinas que no tienen de forma convencional y las que tienen iniciar con su migración IP.

b. Cambio de la central.- Considerando el año de adquisición de la central 1993 y el año en que se proyecta la conclusión del proyecto 2011. Se tendría un período de tiempo prudencial para establecer un cambio de central que permita el manejo de las comunicaciones IP, puesto que el sistema telefónico tendrá únicamente

Figura 3.10 Diseño de la red de telefonía IP (Alternativa 1)



300 usuarios IP a esa fecha. Cabe anotar que si todavía no existe una estandarización de equipos de telefonía IP en el año 2011, el cambio de central deberá ser de la misma marca, caso contrario la E.P.N manejaría dos diferentes tipos de centrales cada una con diferentes terminales de usuario.

c. Red de datos.- La red de datos que permite el soporte de VoIP, actualmente no está establecida en la Institución. Su implementación estará de acuerdo a los 300 usuarios que vayan migrando.

d. Reducción de costos.- Flexibiliza los costos económicos de implementación del sistema. Sin considerar los costos de las tarjetas de la central, con una migración paulatina y en determinadas dependencias se reducirían los costos principalmente para la implementación de la red de datos.

3.9.9 SEGUNDA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN IP

Esta alternativa plantea la implementación de componentes de conversión de formato y administración H.323 (un *gateway*^(d) y un *gatekeeper*), para migrar a un sistema telefónico IP dentro de la Escuela Politécnica Nacional. Estos componentes dependiendo del fabricante pueden encontrarse en forma individual o conjunta. Para el caso de implementación individual, los componentes deben pertenecer al mismo fabricante.

Relativamente se constituye una alternativa de mayor costo, ya que la inversión para su implantación se deberá efectuar en un período no mayor a 5 años, y que, de acuerdo con las consideraciones de crecimiento y migración, existirán como mínimo 436 usuarios IP.

El *gatekeeper* como mínimo, deberá tener un sobredimensionamiento de manejo de usuarios de por lo menos el 25% del número de usuarios estimados a 10 años, mientras que el *gateway* deberá por lo menos superar el 50% del

^d Sin considerar las tarjetas gateway para centrales telefónicas PBX.

número de llamadas simultáneas esperadas a la fecha. De tal forma existirá seguridad para soporte de posibles escalamientos que superen los índices de crecimiento establecidos para el sistema telefónico de la E.P.N. En la figura 3.11 se muestra esta alternativa.

Al igual que la alternativa anterior, al cabo de los 10 años toda la estructura de datos deberá estar terminada a fin de que la siguiente fase de migración pueda ejecutarse con el mínimo de requerimientos.

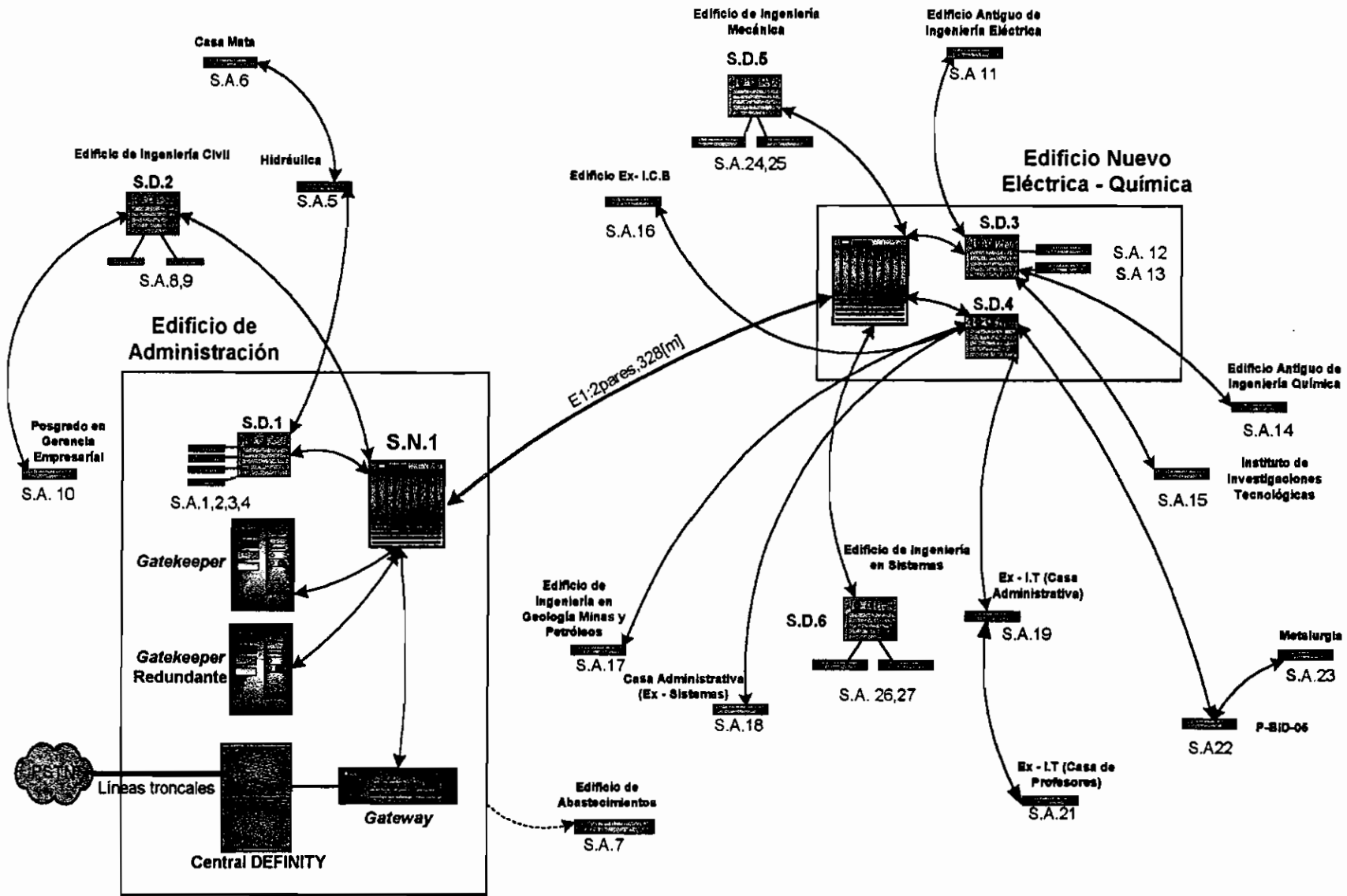
Esta alternativa se apoya en las siguientes consideraciones:

- Cumplimiento de los índices de crecimiento y migración de usuarios establecidos para el nuevo sistema telefónico de la E.P.N.
- Uso del sistema telefónico actual de la E.P.N. como respaldo hasta la siguiente fase.
- Opción a elección de equipos de casas fabricantes afianzadas en el mercado de VoIP.
- Rápida integración con Instituciones Educativas.

En este punto vale indicar que las plataformas de este tipo están desarrolladas especialmente para situaciones en las que la telefonía IP se realiza entre instituciones, oficinas principales y agencias (sucursales) a fin de evitar el desvío de llamadas a la red telefónica pública.

Por tanto, este tipo de soluciones en el caso de la E.P.N. requiere también el uso de la central telefónica para la salida y entrada de llamadas hacia y desde la PSTN.

Figura 3.11 Diseño de la red de telefonía IP (Alternativa 2)



3.9.9.1 Requerimientos del *gateway*

Se tienen ciertos requisitos que el *gateway* deberá cumplir a fin de que el sistema telefónico IP sea lo suficientemente robusto para igualar o superar las características presentadas por el sistema convencional.

Requisitos comunes del *gateway* son^[30]:

- Soporte de DMTF (*Dual Tone Multifrequency*)
- Soporte de protocolos H.323.
- Soporte de servicios suplementarios como llamada en espera, transferencia y conferencia, seguimiento de llamada, etc.

Además, para definir otros requisitos del *gateway* se responde principalmente a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de *gateway* es requerido, analógico o digital?
- ¿Qué capacidad es requerida?
- ¿Qué tipo de interfaces de red de datos y de PSTN se va utilizar?
- ¿Cuáles servicios suplementarios son requeridos?
- ¿Qué tipos de compresión de voz son requeridos?
- ¿Qué herramientas de monitoreo se requieren?
- ¿Qué espacio existe en el cuarto de equipos?

Por tanto, para la E.P.N. los siguientes requerimientos son los que el *gateway* deberá cumplir:

- El *gateway* debe ser digital, con soporte de por lo menos 4 E1s. No es práctico un *gateway* con suficientes interfaces analógicas a la PSTN como líneas troncales se requieran; especialmente si se manejan significativos valores de tráfico.
- La capacidad de llamadas simultáneas deberá superar por lo menos en un 50% al número de llamadas estimadas en 10 años.

- Las interfaces a la red de datos de preferencia deberán ser *Gigabit Ethernet*, no obstante, si no está presente esta característica se puede optar por *Fast Ethernet*. Mientras que para la conexión a la PSTN deberá contar de preferencia con interfaces E1.
- Los servicios suplementarios, en lo posible deberán superar los servicios que actualmente se tienen con la central telefónica.
- Los estándares de compresión que deberá soportar son G.711, G.729 y G.723.1.
- El monitoreo del *gateway* deberá ser centralizado o mediante el protocolo estándar SNMP.
- El tamaño del equipo deberá estar acorde con los estándares para su ubicación en *racks* de telecomunicaciones.

Además de estos requerimientos deberán observarse también las siguientes características:

- Escalabilidad
- Confiabilidad
- Interoperabilidad de estándares y de fabricantes

3.9.9.2 Requerimientos del *gatekeeper*

Dado que el número de usuarios de la E.P.N estimados a 5 y 10 años es 436 y 670 usuarios respectivamente, ésta es justificación suficiente para proponer la incorporación de este elemento en el nuevo sistema telefónico, pues de su administración también depende tener una excelente disponibilidad en el sistema.

Generalmente estos equipos se constituyen por *software* de aplicación que permite la administración del sistema telefónico, y no necesitan de *hardware* de procesamiento de voz especial. Por lo que es posible encontrarlos en el mercado como "servidores de llamadas". Por citar un ejemplo, se tiene el *servidor de llamadas de Cisco*^[31] cuyo *software* se denomina *Call Manager* en las versiones 3.0 o 3.1 y su *hardware* requerido es el Servidor Convergente Multimedia (MCS) o el Servidor de Comunicaciones Integradas (ICS) del mismo fabricante. Además, este componente es parte del modelo de red de Cisco AVVID (*Architecture For Voice, Video and Integrated Data*), para integrar voz, vídeo y datos sobre una misma infraestructura.

Otros tipos de *gatekeepers*, encontrados en el mercado son los requeridos en ambientes WAN. Estos equipos no son sino *routers* configurados con funciones que permitan el control de admisión de llamadas. Un ejemplo de estos equipos es el *Router Cisco 3640*.

De igual forma, que los *gateways*, existen *gatekeepers* o "servidores de llamadas" de diferentes capacidades, las mismas que permiten manejar desde cientos de usuarios hasta unidades de miles de usuarios. Esta capacidad, dependerá principalmente del *hardware* del servidor donde se encuentre el *software* de aplicación.

Es recomendable para una mayor confiabilidad del sistema la implementación de un segundo *gatekeeper* como equipo redundante para el control de llamadas.

Para definir los requisitos del *gatekeeper* para la E.P.N. se debe responder principalmente a las siguientes preguntas:

- ¿Qué plataforma es requerida?
- ¿Qué capacidad es requerida?
- ¿Qué interfaces de red de datos soporta?
- ¿Qué versión del *software* es recomendada?

¿Qué tipos de *gateways* puede manejar?

¿Qué herramientas de monitoreo y administración se requieren?

¿Qué servicios adicionales presta?

De acuerdo a estas preguntas se especifican los siguientes requerimientos para el *gatekeeper*.

- La plataforma del *gatekeeper* deberá permitir alta disponibilidad, adecuado para el montaje en *rack* de telecomunicaciones.
- Su capacidad deberá superar mínimo un 25% al número de usuarios esperados en la E.P.N. al cabo de 10 años.
- La interfaz con la red de datos está determinada por el *hardware* donde se realicen las funciones como *gatekeeper*, y generalmente es una interfaz Ethernet 10/100Base T.
- El *software* es recomendable que sea de la última versión que se encuentre en el mercado.
- El *gatekeeper* deberá soportar el tipo de *gateway* escogido. Esto tiene que ver con la interoperabilidad del equipo y en algunos casos con las versiones del *software*. Esta es una de las razones por las que el *gateway* y el *gatekeeper* casi siempre deben ser de la misma marca.
- El monitoreo del *gatekeeper* deberá ser centralizado o a través de SNMP, y puede también disponer de sus propias herramientas de administración
- Los servicios que deberá prestar el *gatekeepers* son de voz y datos como requeridos, y de vídeo como opcional.

Además de estos requerimientos, en el *gatekeeper* deberá observarse las siguientes características:

- Contabilidad de llamadas (CDR).
- Desvío automático de llamadas a red WAN.
- Seguridad Autorización y acceso
- Confiabilidad.
- Escalabilidad.
- Interoperabilidad de estándares y de fabricantes.

3.9.9.3 Conexión de la central DEFINITY y el *gateway*

Con la implementación de esta alternativa, la E.P.N contaría con dos sistemas telefónicos totalmente independientes: el sistema telefónico convencional, compuesto por la central; y, el sistema telefónico IP compuesto por el *gateway* y *gatekeeper*.

Bajo este esquema, manteniendo invariable al sistema telefónico convencional, los usuarios tradicionales estarían en la capacidad de realizar además de llamadas internas, llamadas salientes y entrantes; puesto que ya están establecidas en la central DEFINITY enlaces hacia la red telefónica pública (a través de líneas troncales). Mientras que los usuarios del sistema IP tendrían únicamente capacidad de comunicación interna si no están establecidos enlaces con la red pública o a través de la central DEFINITY.

La posibilidad de conexión del *gateway* con la PSTN, mediante enlaces digitales o analógicos, no sería recomendable, puesto que, por un lado significa a la E.P.N. la contratación de más líneas troncales hacia la red pública a fin de no alterar el sistema convencional y por otro se mantendrían los sistemas telefónicos independientes. Por tanto, como mejor alternativa para conexión del sistema IP con la red pública, se plantea la conexión del *gateway* con la Central DEFINITY.

Bajo esta alternativa de conexión, la central DEFINITY, deberá contar con los recursos necesarios para que sea transparente al *gateway*, y a todo el sistema IP, a fin de que los usuarios de teléfonos IP, puedan establecer además de llamadas entre usuarios IP, llamadas entre usuarios IP y usuarios de la central,

como también llamadas hacia la red pública, y también obtener algunos beneficios de la central telefónica.

La central DEFINITY tiene capacidad de brindar transparencia telefónica al *gateway*, mediante el soporte del protocolo QSIG (estándar de interoperabilidad para PBX en Europa y Norte América), por tanto, este protocolo es también requerimiento para el *gateway* que se implante en el sistema IP de la E.P.N.

Con referencia al enlace, éste, deberá soportar el tráfico telefónico que curse desde el sistema IP hacia la red pública a través de la Central DEFINITY y viceversa. Por lo que de acuerdo con los análisis de tráfico se requerirían 2 enlaces E1 en 5 años y 3 enlaces E1 en 10 años entre el *gateway* y la central.

Cabe mencionar que la central DEFINITY para su transparencia con el *gateway* y el soporte del protocolo QSIG, requiere de la implementación de *software* especializado, ya que actualmente no lo posee. Además, es necesario el *hardware* para establecer los enlaces E1.

3.9.9.4 Análisis de la alternativa

La implementación de esta alternativa como un paso de migración a telefonía IP en la E.P.N., fundamentalmente está destinada a cubrir los requerimientos telefónicos de la Institución, de acuerdo a los índices de crecimiento obtenidos, mediante la implementación de los componentes H.323 *gateway* y *gatekeeper* como equipos de procesamiento de llamadas IP.

En esta alternativa, exactamente 321 usuarios (usuarios actuales) contarían con teléfono convencional y teléfono IP. Por tanto, cabe la posibilidad de generar un mayor tráfico especialmente saliente que pueda alterar el número de líneas troncales dispuestas en los análisis anteriores. Para estos usuarios entonces se deberá restringir la capacidad de realizar llamadas salientes en uno de sus dos terminales.

Esta alternativa es válida para la Escuela Politécnica Nacional si se toman en cuenta los siguientes criterios:

a. Migración paulatina de usuarios telefónicos y redundancia telefónica.- Considerando los índices de crecimiento de usuarios a 5 y 10 años. Se tendría la capacidad de migrar a IP a todos y cada uno de los usuarios telefónicos actuales, como también usuarios futuros de la E.P.N. de los cuales, por lo menos el 93.5% tendrían el respaldo del sistema telefónico convencional.

b. Cambio a central telefónica IP.- Si no existe una estandarización de equipos de telefonía IP en el año 2011, el cambio a una central IP para la E.P.N. no deberá efectuarse, a menos que, los equipos adquiridos hasta la fecha puedan interoperar, sin ningún requerimiento de *hardware* o *software* específico, con algún tipo de central considerada de amplia aceptación en el mercado. Por ejemplo, Ericsson, NEC, Alcatel, entre otras. No obstante, sería recomendable, una actualización del *gateway* y *gatekeeper*.

c. Red de datos.- Su implementación deberá realizarse en todas las dependencias de la E.P.N. donde actualmente existen extensiones telefónicas, a fin de migrar los usuarios actuales y soportar los estimados.

d. Costos.- Serán mayores a los de la alternativa anterior, ya que se requiere que en los próximos 5 años estén listos los cableados de voz y equipos de red (sólo los requeridos a la fecha) de todas las dependencias de la E.P.N. a fin de que la implementación del sistema cubra todos los usuarios telefónicos. Además los costos del *software* y *hardware* de la central para su transparencia y enlaces.

3.9.10 SERVIDORES DE CORREO DE VOZ IP Y MENSAJERÍA UNIFICADA (Opcional)

La entrega de servicios adicionales, como mensajería unificada y correo de voz en un sistema telefónico IP (este último igual que en un sistema de telefonía convencional), requiere de la implementación de servidores especializados para el

efecto. Estos servidores como tales no están definidos en la recomendación H.323, sin embargo, se encuentran en el mercado integrando soluciones propietarias de telefonía IP.

Puesto que es necesario un estudio en el que se determine exactamente el número de usuarios que realmente requieren estos servicios, de tal manera que se justifique la inversión para la adquisición de estos equipos, se considera opcional el establecimiento de este tipo de servidores para la E.P.N.

3.10 FASE 3: MIGRACIÓN A PBX - IP

Para concluir el proceso de migración IP de la E.P.N. se requiere, que al cabo de los 10 años propuestos como período de transición a telefonía IP, la implementación de una central IP PBX o PBX IP, que reemplace a la central DEFINITY, a fin de que sea este equipo el que controle las comunicaciones de voz IP de la Institución.

El requerimiento más importante de esta fase es que la PBX IP deberá, ser compatible con los equipos que se hayan adquirido en la fase 2. De lo contrario la E.P.N. sobre su Campus tendría dos diferentes marcas de equipos IP, lo cual por consideraciones de: configuración uniformidad, soporte y mantenimiento del sistema, no es recomendable.

De cierta forma, con esta fase la figura física del nuevo sistema telefónico de la E.P.N, sería similar a la que se tiene actualmente en el Campus, puesto que, las comunicaciones de voz IP estarían bajo el control de un sistema PBX, y características como: confiabilidad, disponibilidad, capacidad de procesamiento, capacidad de crecimiento, reducción de infraestructura, entre otras que entregan los sistemas PBX, serían mantenidas.

Existe la posibilidad de considerar esta fase como otra alternativa de solución en la fase 2 de migración, es decir, una vez estructurada la plataforma de datos que se requiere para el soporte de VoIP, realizar el cambio de la central DEFINITY de la E.P.N por una PBX-IP capaz de soportar el número de usuarios y

llamadas simultáneas que se tienen en la Institución en formato IP. Sin embargo, la razón para no hacerla es, que actualmente no están completamente desarrolladas las plataformas PBX IP, existiendo únicamente PBX convencionales con habilitación de telefonía IP, como el caso de la central DEFINITY.

Según MIER Communications Inc, los mayores vendedores de PBX con habilitación para el manejo de comunicaciones IP son: AVAYA, MITEL, NEC América, y Nortel. Por otro lado, esta misma compañía expresa que "no hay una extensa adopción de PBX con habilitación IP, porque la tecnología está medianamente examinada y el desarrollo de PBX IP ha sido estropeado porque el desarrollo de sistemas IP, tal como la red AVVID de Cisco, no ofrece algunas de las características de voz disponibles en una PBX convencional"^[32].

No obstante, las expectativas del mercado de las PBX IP para los próximos 10 años ("el 10% de puertos de las PBX en los próximos tres años serán puertos IP"), como también de la tecnología IP, justifican la realización de esta tercera fase de migración.

3.10.1 REQUERIMIENTOS DE LA PBX IP

El objetivo de una PBX IP, es concentrar equipos de procesamiento IP sobre una estructura PBX, por tanto los requerimientos que deberá cumplir, a fin de satisfacer las necesidades de comunicación de voz de acuerdo con las estimaciones realizadas tanto de tráfico como de crecimiento telefónico de toda la Escuela Politécnica Nacional para el año de su implementación (2011), son los de un sistema convencional PBX, más los señalados para el *gateway* y *gatekeeper*.

Entre los principales requerimientos, que se deberá observar en la PBX IP son:

- Capacidad de procesamiento de llamadas.
- Soporte de usuarios y capacidad de crecimiento.
- Soporte de interfaces de redes de datos.

- Servicios Suplementarios como, llamada en espera, transferencia, soporte de fax, entrega de reportes, discado directo, conferencias, etc.
- Operadora automática.
- Soporte de aplicaciones de monitoreo y administración.
- Compatibilidad de estándares y fabricantes.
- Confiabilidad del sistema.
- Capacidad de acceso remoto.
- Soporte de interfaces a redes públicas PSTN.

3.10.2 CAPACIDAD DE USUARIOS Y SISTEMAS PBX - IP

En el reporte de septiembre del año 2000 de Mier Communications Inc. en el que se comparan a 22 de 36 fabricantes de productos de VoIP, se tiene que el 25% de los productos tienen capacidad de manejar hasta 100 estaciones. Aproximadamente el 30% soporta un rango de capacidad entre 101 a 216 estaciones y cerca del 20% soporta entre 1000 y 5000 estaciones. El grupo de productos que se encuentra en el rango medio de usuarios está: DEFINTY de Lucent/AVAYA; y el Shoreline Communications System de Alcatel. De los que sobrepasan los varios miles de estaciones está Cisco con los equipos de AVVID que soporta hasta 10.000 estaciones y proyectado como objetivo a 5 años para soportar 100.000 usuarios; y el OmniPCX 4400 hasta aproximadamente 5000 usuarios.

Bajo estos rangos de usuarios, los que tendría la capacidad de manejar a los usuarios de la E.P.N. serían los equipos de la red AVVID de Cisco y el OmniPCX 4400 de Alcatel. No obstante, su consideración como posible solución para el sistema telefónico IP de la E.P.N, no sería recomendable, debido a que se estaría limitando el criterio de selección de equipos únicamente a la capacidad de usuarios dejando de lado características esenciales de las comunicaciones de voz, servicios suplementarios, llamadas simultáneas, respuesta interactiva de voz, etc. que posiblemente los otros fabricantes (los de rango medio especialmente) pueden estar desarrollando y que superen a las propuestas de Cisco y Alcatel. En otras palabras, actualmente no se puede hacer comparaciones de equipos de

VoIP que lleguen a los mil usuarios (rango que se requiere para la E.P.N.), peor aún que superen este límite.

Por otro lado, ésta es una de las razones por las que no sería conveniente hacer en 5 años el reemplazo de la central telefónica de la E.P.N. En la figura 3.12 se muestra el diagrama del sistema telefónico IP en su fase final,

3.11 INTERCONEXIÓN CON LA POLIRED

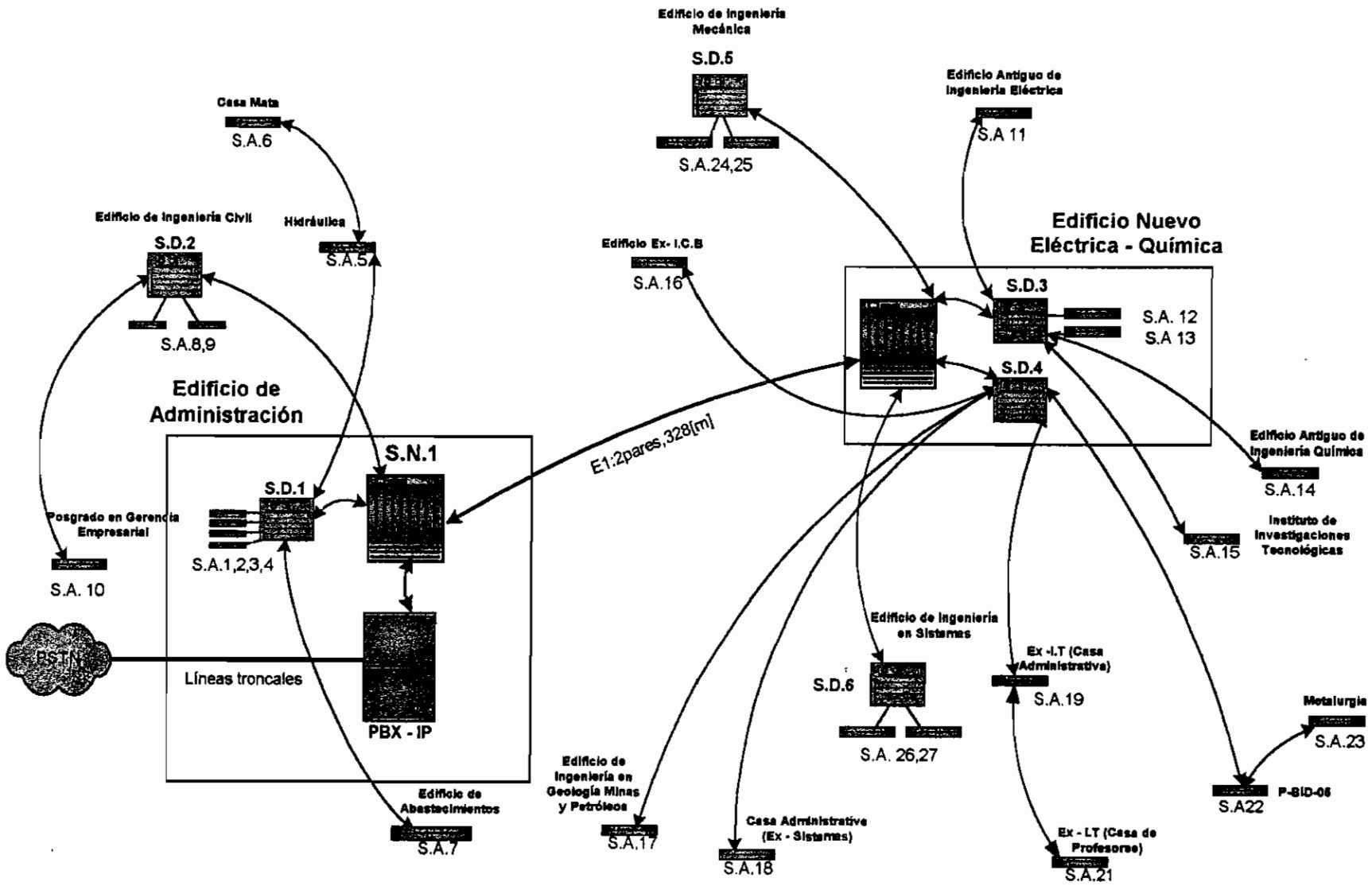
Uno de los objetivos de la tecnología VoIP, es la integración de las comunicaciones de voz y datos a fin de consolidar sus respectivas aplicaciones en una sola infraestructura de red, esto se refleja en la Institución como la unificación de la PoliRed con el nuevo sistema telefónico IP mediante el establecimiento de un enlace.

El enlace que se implemente entre la PoliRed y el sistema telefónico IP, bajo el criterio de unificación de dos redes diferentes deberá ser preferentemente ATM sobre fibra óptica multimodo, no obstante, puede considerarse también la ubicación de enlaces *Gigabit* Ethernet sobre este mismo tipo de fibra y de esta manera tener una única red en el Campus Politécnico bajo un mismo estándar.

Para este enlace de interconexión entre la red de voz (nuevo sistema telefónico) y la red de datos (PoliRed), se considera:

- El soporte de VoIP sobre la PoliRed como servicio de usuarios (considerado en el Proyecto Propuesta de Re-Diseño de la Red de Datos de la E.P.N. realizado en el año 2001 por Diego Witte y Ramón Valdez).
- El soporte de al menos los requerimientos de una red confiable. (sección 3.9.1).
- La implementación de los 2200 puntos de red previstos para dentro de los próximos 10 años (Anexo B), de los cuales 234 se consideró potenciales para transmisiones de voz IP con salida a la red telefónica pública.

Figura 3.12 Red de telefonía IP (fase 3)



- Los 436 usuarios del sistema telefónico IP podrán acceder a servicios de datos de la PoliRed.

Algunas de las ventajas que se tienen en la Institución mediante la integración son:

- Flexibilidad de crecimiento de usuarios IP: El crecimiento puede efectuarse ya sea implementando equipos en la red telefónica o en la red de datos.
- Reducción de costos: Mediante el uso compartido de equipos y enlaces de la red telefónica y de la PoliRed.
- Monitoreo y administración conjunta: Mediante la aplicación de protocolos y herramientas que permitan la evaluación de todo el sistema de red (voz y datos).
- Aplicaciones: Facilidad de implementar aplicaciones compartidas, de tal forma que el intercambio de datos pueda efectuarse mientras existe una llamada telefónica.

La figura 3.13a muestra el esquema de conexión entre el sistema telefónico IP y la PoliRed, considerando la primera alternativa de solución IP. Mientras que en la figura 3.13b se indica la interconexión de las dos redes, considerando la segunda alternativa de solución IP.

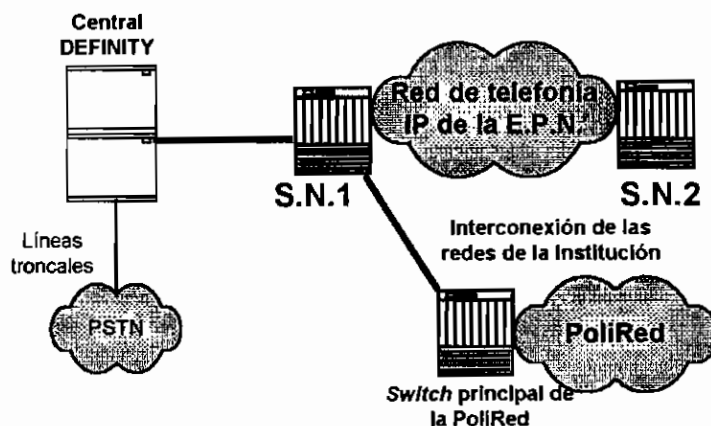


Figura 3.13a Interconexión de la primera alternativa de solución del sistema telefónico IP y la PoliRed

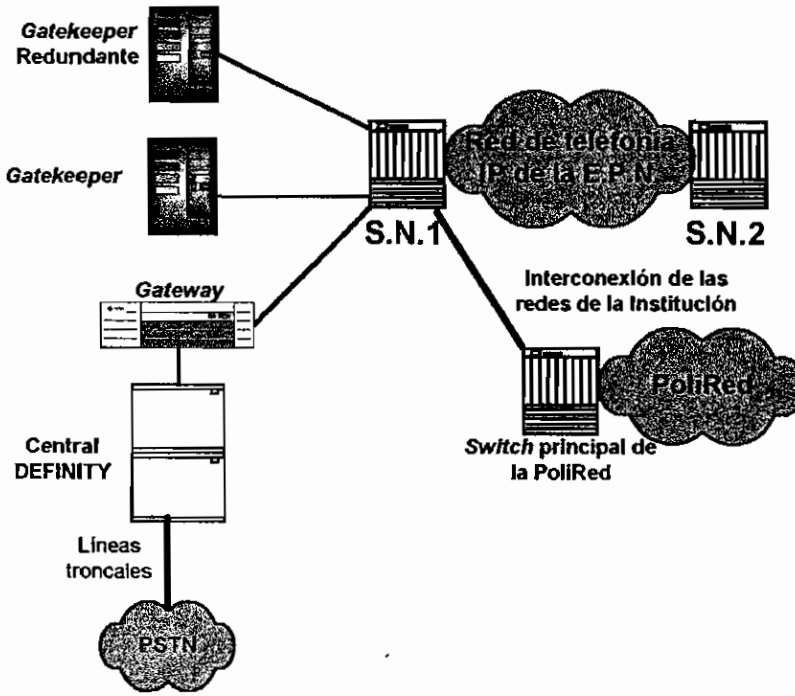


Figura 3.13b Interconexión de la segunda alternativa de solución del sistema telefónico IP y la PoliRed

CAPÍTULO 4
VALORACIÓN TÉCNICA

4.1 VALORACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El presente capítulo detalla las características técnicas y el costo de los equipos requeridos para el proceso de migración IP del sistema telefónico de la E.P.N.

Debido a que el sistema telefónico IP requiere de una estructura de datos, la valoración del proyecto se divide en dos partes:

- Valoración de equipos de la estructura de datos, y
- Valoración de equipos VoIP para telefonía IP.

En la valoración de la estructura de datos, se detallan las características y el costo de los *switches* de datos, con el fin de establecer una referencia técnica y económica de la estructura. No se realiza una evaluación más profunda de los equipos mediante comparación entre fabricantes ni tampoco del cableado de la red, puesto que, va más allá del alcance de este proyecto.

En la valoración de los equipos VoIP, se determina el equipamiento más adecuado para la migración IP de las comunicaciones de voz de la E.P.N. mediante una evaluación técnico – económica entre los equipos de los fabricantes de telefonía IP: Alcatel, Avaya, y Cisco.

Cabe indicar que se toman estas marcas, puesto que, se consideran en la actualidad como las de mayor aceptación y consolidación en el mercado de la telefonía IP. Por tanto, el sistema IP de la E.P.N. implementado con cualquiera de estos equipos, tendría la garantía y el respaldo del fabricante requerido para evitar posibles problemas de soporte y/o actualización del sistema durante los periodos de migración.

4.2 VALORACIÓN DE EQUIPOS DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

Este punto toma en cuenta únicamente los elementos que se denominan en el capítulo III como *switches* de acceso, distribución y núcleo, los cuales formarán la estructura de conmutación del sistema telefónico IP de la E.P.N.

Los costos de los equipos que se indican, corresponden a los que se tienen como referencia en el mercado del país como promedio entre los equipos Cisco y Alcatel.

4.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE *SWITCHES* DE ACCESO

La cantidad de *switches* de acceso que requiere la E.P.N. para cubrir el número de usuarios telefónicos estimados a 5 y 10 años que no utilizan la estructura de datos de la PoliRed, se resume en la tabla 4.1.

Para las dependencias de la tabla 4.1, se considera la utilización de *switches* de 24 puertos o múltiplos de 24, ya que, constituyen la mayoría de los equipos que se disponen en el mercado con las características que se necesitan para el acceso del usuario y para el tratamiento de señales de voz.

Mientras que, para las dependencias indicadas en la tabla 4.2, debido a que actualmente no poseen usuarios telefónicos y a la baja cantidad de usuarios que se estima tendrían en el futuro, se considera en lo posible la utilización de *switches* de menor cantidad de puertos (12 o 16 puertos), a fin de que no exista subutilización de los *switches* en estas áreas y en parte se reduzca el costo del proyecto.

Las estimaciones de usuarios para estas dependencias (tabla 4.2) se determinan de la siguiente manera: para la Ex – Casa Administrativa de Sistemas, que en su mayoría está constituida por aulas del Ex - Instituto de Tecnólogos, se

estima 10 potenciales usuarios telefónicos tomando como referencia los 10 pares telefónicos que existen actualmente y que no son utilizados. Para el Proyecto BID – 05, y Metalurgia, se estiman en 5 y 8 usuarios respectivamente, tomando en este caso como referencia el número de oficinas que se encuentran en estas dependencias.

Dependencia	Usuarios Telefónicos IP que no usan la PoliRed	Switches de 24 puertos requeridos	Tipo de Switch
Abastecimientos	12	1	1F
Administración Central, Ciencias Matemáticas, Biología	92	4	4U
Ex – ICB	20	1	1F
Casa Mata, P-BID-02	9	1	1F
Hidráulica, P-BID-03	14	1	1F
Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias Físicas.P-BID-01	41	2	2F
Ingeniería Eléctrica (Dos Edificios)	51	2	2F
Ingeniería en Geología Minas y Petróleo	23	1	1F
Ingeniería en Sistemas, Bienestar Estudiantil	38	2	2F
Ingeniería Mecánica	40	2	2F
Ingeniería Química (Dos Edificios)	35	2	2F
Instituto de Investigaciones Tecnológicas	13	1	1F
Instituto de Tecnólogos	34	2	2F
Postgrado en Gerencia	14	1	1F
Total en la EPN	436	23	19F/4U

Tabla 4.1 Switches de acceso requeridos para el sistema telefónico IP de la E.P.N.

Cabe indicar que la columna nombrada en ambas tablas como "tipo de switch", indica si el switch requerido en la dependencia debe disponer de *up links* de fibra (F) o de *up links* de cable UTP (U).

Del total de estas columnas se tiene que, para la conformación de la red de acceso telefónico IP para la E.P.N. son necesarios 22 switches con *up links* de fibra, y 4 switches con *up links* de cable UTP.

Dependencia	Usuarios Telefónicos IP que no usan la PoliRed	Switches de 12 o 16 puertos requeridos	Tipo de Switch
Ex - Casa Administrativa de Sistemas	10	1	F
P-BID - 05	5	1	F
Metalurgia	8	1	F
Total en la E.P.N	23	3	3F

Tabla 4.2 Switches de acceso con menos de 24 puertos requeridos para el sistema telefónico IP de la E.P.N.

Características del *switch* de acceso

Para la conformación del sistema telefónico IP se requiere que cada *switch* de acceso presente las siguientes características:

- 12 o 24 puertos UTP 10/100 Ethernet/*Fast Ethernet* autosensitivos
- 2 puertos *up links Fast Ethernet* para fibra óptica multimodo
- Unidad montable en armarios de 19 pulgadas
- Soporte de VLANs
- Soporte de mecanismos de QoS
- Soporte de *Switching* de Capa 2
- Soporte de protocolo SNMP

4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SWITCHES DE DISTRIBUCIÓN

La cantidad de *switches* de distribución que requiere la E.P.N. para constituir el segundo nivel jerárquico del sistema de datos que facilite el procesamiento de llamadas y que permita el fácil escalamiento de *switches* de acceso y por tanto de usuarios, se resume en la tabla 4.3.

Como *switches* de distribución, se considera la utilización de equipos tipo modular. Los módulos de estos *switches* deben soportar puertos *Fast Ethernet* sobre fibra óptica multimodo, tanto para conexión de los *up links* de fibra desde los *switches* de acceso como para los enlaces redundantes propuestos para una mayor disponibilidad de la red.

Dependencia	Switches de Distribución	Switch de acceso concentrados	Puertos de Fibra requeridos
Edificio de Administración	1	6	8
Edificio de Ingeniería Civil	1	3	5
Edificio de Nuevo Eléctrica – Química	2	55	77
Edificio de Mecánica	1	2	4
Edificio de Sistemas	1	2	4
Total en la E.P.N	6	23	-

Tabla 4.3 *Switches de distribución requeridos para sistema telefónico IP de la E.P.N.*

Características del switch de distribución

Para la conformación del sistema telefónico IP se requiere que cada *switch* de distribución presente las siguientes características:

- Chasis modular de al menos 3 *slots* de capacidad
- Soporte mínimo de 8 puertos *Fast Ethernet*, sobre fibra óptica multimodo
- Soporte de Ruteo de Capa 3
- Soporte de conmutación y ruteo *IP multicast*
- Soporte de VLANs
- Soporte de mecanismos de QoS
- Soporte de prioridad de tráfico
- Soporte de políticas de seguridad
- Soporte de protocolo SNMP

- Soporte de intercambio de tarjetas en caliente
- Fuente de poder redundante
- Unidad montable en armario de 19 pulgadas

Cabe anotar que, de acuerdo a las capacidades de este *switch* (capacidad de *slots*, y densidad de puertos *Fast Ethernet* por módulo), existe la posibilidad de concentrar en un solo *switch*, los *switches* de distribución 3 y 4 ubicados en Edificio Nuevo Eléctrica – Química (figura 3.8), sin que se afecte significativamente el rendimiento del sistema. Por el contrario lo que se vería afectado es el costo total por su reducción.

4.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SWITCHES DE NÚCLEO

De los dos *switches* de núcleo propuestos en el diseño del sistema IP de la E.P.N (Capítulo III), el *switch* relativamente más importante y de mayor capacidad es el que se ubicaría en el edificio de Administración, puesto que, debe cursar todo el tráfico telefónico de la E.P.N., soportar los enlaces redundantes y no redundantes con los *switches* de distribución y el otro *switch* de núcleo, soportar enlaces con los equipos de telefonía IP y posiblemente con el *switch* principal de la PoliRed.

Este *switch*, entre otras capacidades deberá soportar puertos *Fast Ethernet* sobre fibra óptica multimodo para todos los enlaces desde los *switches* de distribución, y también puertos *Gigabit Ethernet*.

Por su parte, el *switch* de núcleo del Edificio Nuevo Eléctrica – Química, deberá cubrir los enlaces redundantes y no redundantes con los *switches* de distribución y con el *switch* de núcleo principal, manejar el tráfico de voz, y facilitar el escalamiento en la parte norte de la E.P.N.

En la tabla 4.4, se resume los requerimientos en puertos de cada uno de los *switches* de núcleo.

Dependencia	Puertos <i>Gigabit Ethernet</i> requeridos	Puertos de Fibra <i>Fast Ethernet</i> requeridos	Puertos de UTP <i>Fast Ethernet</i> requeridos
Edificio de Administración	3	8	3/2
Edificio de Nuevo Eléctrica – Química	2	8	0
Total en la E.P.N	5	16	3/2

* Se requieren mínimo 2 puertos en caso de alternativa de solución uno y 3 en caso de la alternativa de solución dos

Tabla 4.4 *Switches de núcleo requeridos para sistema telefónico IP de la E.P.N.*

Características del switch principal y del Edificio Nuevo Eléctrica - Química

El *switch* de núcleo principal debe presentar las siguientes características:

- Chasis modular de al menos 5 *slots*
- 8 puertos *Fast Ethernet*, sobre fibra óptica multimodo
- 4 puertos *Gigabit Ethernet*, sobre fibra óptica multimodo
- 12 puertos 10/100 Base -T, conectores RJ 45
- Ruteo de capa 3
- Conmutación y ruteo IP *multicast*
- Software para servicios de autenticación incluido el servidor RADIUS.
- Soporte de VLANs
- Soporte de mecanismos QoS
- Soporte de prioridad de tráfico
- Soporte de intercambio de tarjetas en caliente
- Fuente de poder redundante
- Unidad montable en rack de 19 pulgadas

La diferencia entre el *switch* principal y el que se ubique en el Edificio Nuevo Eléctrica – Química, estará determinada únicamente por el número de *slots* ocupados, cantidad de puertos *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet*, y servicios de autenticación.

Por su parte el *switch* de núcleo del Edificio Nuevo Eléctrica – Química debe poseer el siguiente número de puertos:

- 8 puertos *Fast Ethernet*, sobre fibra óptica multimodo
- 4 puertos *Gigabit Ethernet*, sobre fibra óptica multimodo

4.2.4 COSTO DE LOS EQUIPOS DE DATOS

En resumen el costo que requiere la implementación de los *switches* de datos a fin de formar la estructura base para la aplicación de cualquiera de las alternativas de migración IP se detalla en la tabla 4.5.

Switch	Cantidad	Precio Referencial Unitario USD (\$)	Precio Referencial Total USD (\$)
Acceso	26	\$ 3,045.00	\$ 79,170.00
Distribución	6	\$ 24,545.00	\$ 147,270.00
Núcleo principal	1	\$ 57,620.00	\$ 57,620.00
Núcleo Eléctrica – Química	1	\$ 36,175.00	\$ 36,175.00
Costo Total			\$ 320,235.00

Tabla 4.5. Costo total de los equipos de conmutación de datos “switches”

4.2.5 CONCLUSIÓN DE LA VALORACIÓN REFERENCIAL DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

Para finalizar el análisis sobre la estructura de datos requerida para el establecimiento de comunicaciones telefónicas mediante el protocolo IP en la Escuela Politécnica Nacional, se concluye que es necesaria una inversión de \$ 320,235.00 DÓLARES AMERICANOS, únicamente para cubrir los equipos de conmutación de datos (*switches*).

A este valor, entre otros, se deberá agregar, el costo del soporte y mantenimiento técnico de estos equipos, además de las inversiones que se

efectúen en cada uno de los edificios del campus, principalmente por concepto de la realización de los cableados estructurados telefónicos y tendidos de fibra óptica.

Un detalle más explícito del costo de la estructura de datos va más allá del alcance de este Proyecto de Titulación. Por otro lado, la Escuela Politécnica Nacional cuenta con el Proyecto de Titulación realizado por el Ingeniero Diego Witte y Ramón Valdez, donde se indica el costo que implica la implementación de una red de datos estructurada en toda la E.P.N., lo cual, puede ser tomado por las autoridades como referencia para el cableado telefónico.

4.3 VALORACIÓN DE EQUIPOS VoIP PARA TELEFONÍA IP

La evaluación de los equipos de telefonía IP toma en cuenta principalmente las dos alternativas de solución propuestas en la fase uno de la migración, por cuanto de la determinación de los equipos de esta fase dependen los equipos de la fase dos de la migración telefónica.

De los principales proveedores de equipos de telefonía IP que existen en el mercado se consideran las marcas: *Alcatel*, *Avaya (Lucent)*, *Cisco*, principalmente por su aceptación y consolidación en el mercado de la telefonía IP. Además, sus diferentes equipos pueden cubrir tanto el número de usuarios como el tráfico que se estima para el sistema telefónico IP de la E.P.N.

4.3.1 EQUIPOS PARA TELEFONÍA IP ALTERNATIVA UNO

El proveedor de equipos requerido para esta alternativa es *Lucent Technologies* ahora *Avaya Communications*, marca propietaria de los equipos **DEFINITY**.

En esta alternativa no existe la posibilidad de realizar una comparación con otros proveedores de equipos, dado que se establece la reutilización de la central DEFINITY de la E.P.N, mediante la adición de tarjetas propietarias del sistema.

Por otro lado, los costos que implica la implementación de esta alternativa no pueden ser presentados, dado que de la empresa proveedora de la central telefónica de la E.P.N., como otros proveedores de equipos AVAYA en el Ecuador (Quito), no facilitaron la entrega de dicha información.

Hardware central DEFINITY	
•	Hardware de la central 2 Tarjetas interfaz de central a la red de datos (CLAN). 2 Tarjetas para procesamiento de llamadas (Medpro). Tarjeta para soporte de 4 E1s.
•	640 Teléfonos IP Interfaz 10/100 Base T Ethernet. Algoritmos de compresión G.711, G.729 Asignación de dirección IP: DHCP o de modo estático. Adaptador de poder 120VAC - 48DC.

Tabla 4.6 *Requerimientos de la central DEFINITY para su migración a IP*

Por tanto, se recomienda a las autoridades, en caso de requerir el costo o la cotización de esta alternativa gestionarla directamente con la empresa AVAYA a nombre de la Institución y no a través de una persona natural.

Los equipos que se requieren para la implementación de esta alternativa se detallan en la siguiente tabla.

4.3.2 EQUIPOS PARA TELEFONÍA IP ALTERNATIVA DOS

Para esta alternativa se considera que los equipos de la marca Alcatel, y Cisco, son los que presentan las mejores características para la implementación de la telefonía IP en la E.P.N.

La evaluación de esta alternativa, hace necesario, un análisis de las ventajas y desventajas (técnicas y económicas) de los equipos que presentan cada uno de los fabricantes; a fin de determinar la mejor solución, para la alternativa dos de la migración telefónica IP de la E.P.N.

De estas dos marcas: Cisco posee los equipos *gateway* y *gatekeeper*, en forma separada, en cambio, la marca Alcatel, los concentra sobre un mismo equipo. Cada uno de estos proveedores, establece por tanto un tipo de solución IP diferente, que depende de las características de sus propios equipos.

4.3.2.1 Solución Alcatel

La solución de Alcatel para telefonía IP se realiza mediante el equipo OmniPCX 4400 que utiliza Unix como sistema operativo, el cual, es generalmente más estable que los servidores basados en el sistema Windows 2000 o servidores NT utilizados por Cisco.

La solución IP de Alcatel puede soportar conexiones con PBX estándar o tradicionales, y emplear los teléfonos digitales de las PBXs 4400 de Alcatel como teléfonos IP. Un teléfono digital Alcatel puede ser reusado como un teléfono IP, insertando un módulo en el *slot* del teléfono, para proporcionarle al teléfono la interfaz de red Ethernet.

Esta característica encontrada en los teléfonos, esencialmente facilita la migración de un sistema de telefonía digital a un sistema de telefonía IP, ya que ahorra inversiones iniciales de equipamiento, y establece en el usuario familiaridad con los equipos telefónicos.

Cabe señalar que, Alcatel provee un solo puerto Ethernet sobre sus teléfonos y no dos como se tiene en los teléfonos de Cisco.

A continuación se detallan algunas de las características del OmniPCX 4400 y de los teléfonos que se requieren, para la implementación de la telefonía IP en la E.P.N. bajo esta marca de equipo.

a. OmniPCX 4400

El OmniPCX 4400 de Alcatel puede trabajar sobre una red de campus *Gigabit* Ethernet o ATM. Entre las principales características de este equipo se tienen:

- Arquitectura cliente/servidor basada en UNIX.
- Manejo de 5000 usuarios por sistema como número máximo.
- Soporte de *Softphones* y Teléfonos IP.
- Soporte de troncales T1/E1(PRI/CAS), analógicas, Frame Relay, ATM, y BRI.
- *Vocoders* G.711, G.723.1, G.729
- Estándares VoIP H.323 v1 y v2.
- Características de PBX soportadas, entre otras: Identificador de llamada, conferencia de llamadas, timbrado distintivo, llamada en espera, control de volumen, música en espera, etc.
- Controlador de llamadas y fallas mediante establecimiento de los umbrales de *jitter*, latencia o pérdida de paquetes.
- Soporte de Fax.
- Selección automática de ruta.

- Administración nativa en Windows.
- Características opcionales: IVR (soportado sobre sistemas basados en Windows NT), Mensajería Unificada Alcatel, *Voicemail* vía conexión de módulo, integración con otros sistemas *voicemail*.

De estas características, dado que el número máximo de usuarios soportados por un solo OmniPCX 4400, es mucho mayor que el número de usuarios estimados para la E.P.N., se concluye que es necesario un solo equipo Alcatel para la implementación del sistema de telefonía IP, en la Institución.

El costo del OmniPCX es variante, ya que éste, depende del dimensionamiento mismo del equipo, es decir, del número y tipo de usuario soportado (IPs, digitales, analógicos), tipo de servicio, tipo de aplicación, activación de correo de voz, operadora automática, etc.

En este sentido, el costo de este equipo puede ir, desde unos diez mil dólares hasta sobrepasar el millón de dólares. Por esta razón, es importante señalar claramente las especificaciones técnicas y de servicio requeridas en el equipo, a fin de optimizar de mejor manera la relación que existe entre el costo y la capacidad del equipo.

Bajo este análisis, el OmniPCX 4400 que sería necesario establecer en la E.P.N deberá contar con la suficiente capacidad para manejar el número estimado de usuarios telefónicos, los servicios telefónicos requeridos por cada uno de los usuarios, operadora automática, facilidades de administración telefónica como monitoreo remoto, entrega de reportes, entre otros y de considerarse necesario el sistema de correo de voz.

b. Teléfonos IP Alcatel

Alcatel presenta una gran variedad de teléfonos digitales, los mismos que necesitan del denominado módulo IP para adquirir la característica de teléfono IP.

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa TELALCA (representante de Alcatel en el Ecuador), el costo de un teléfono digital más el módulo IP es aproximadamente el triple del costo del mismo teléfono digital o teléfono base para IP.

Los teléfonos digitales de Alcatel van desde los más simples con funciones básicas hasta los más complejos con avanzadas funciones de telefonía y de servicio al usuario. De ahí que, las características de los teléfonos IP dependerán de las características del teléfono digital al cual se le adapte el módulo IP.

El teléfono que se considera adecuado para los usuarios del sistema IP de la E.P.N. es el teléfono digital 4022 (más el módulo IP).

Entre las principales características de este teléfono se tienen:

- Puerto de Conexión Ethernet 10/100 Base T.
- Compresión de sonido G.711 y G.729.
- Compatibilidad con H.323 y *Microsoft NetMeeting*.
- Asignación de dirección IP: configurado por cliente DHCP o de modo estático.
- Adaptador de poder 120VAC - 48DC.

c. Costo de la solución Alcatel

El dimensionamiento del equipo OmniPCX4400 que se considera óptimo para el desarrollo de las comunicaciones IP en la E.P.N. se indica en la tabla 4.7. Además se muestra el costo total del equipo incluyendo el costo de los teléfonos IP.

Cabe anotar que, el sistema de correo de voz con 12 accesos simultáneos y 60 horas de grabación, agrega un costo adicional de \$ 30,000.00 DÓLARES AMERICANOS a esta cotización.

Descripción	Precio de lista USD (\$)
<ul style="list-style-type: none"> • OmniPCX 4400. • Hardware distribuido <ul style="list-style-type: none"> Procesamiento Conmutación Fuente de alimentación CPU principal y redundante. Floppy • Armarios de distribución, <ul style="list-style-type: none"> Fuente de alimentación integrada Modem de mantenimiento • Software <ul style="list-style-type: none"> Cliente /Servidor Base de datos SQL/CQL Cumple con el sistema UNIX V • Capacidad 700usuarios <ul style="list-style-type: none"> 640 teléfonos modelo 4022 más módulo IP 48 puertos para FAX 4 E1s 96 puertos análogos • Administración Ethernet. • Selección automática de ruta ARS. • Facilidades Telefónicas estándar • Guías Vocales. • Operadora automática. 	
Costo	\$ 500,762.00

Tabla 4.7 Costo de la solución de telefonía IP de Alcatel

4.3.2.2 Solución Cisco

La empresa Cisco como solución de telefonía IP ha desarrollado su propia arquitectura integrada de red, denominada AVVID, (*Architecture for Voice, Video, and Integrated Data*), donde se distinguen tres partes: la infraestructura, como

switches y *routers*; aplicaciones, como control de llamada y mensajería unificada; y clientes, tales como, teléfonos IP, y equipos de escritorio (PCs).

Entre los equipos utilizados por AVVID para la parte de aplicación se distinguen: el software Cisco *CallManager*, *gateways* y unidades de mensajería unificada, mientras que para la parte de clientes o usuarios se distinguen los teléfonos IP de escritorio de la *serie 79XX*.

Dentro de esta red AVVID cabe la posibilidad de utilización de algunos *routers*, entre ellos, el Cisco 2600 o 3600 como elementos *gatekeepers*. De manera que las instituciones puedan reducir considerablemente los costes de teléfono y fax entre oficinas principales y sucursales mediante el enrutamiento del tráfico de voz y fax interno de la empresa a través de su red IP existente.

Cabe indicar que esta red tiene la posibilidad de escalar hasta 10.000 usuarios telefónicos.

A continuación se indican las características de los elementos que se requieren en la E.P.N. para la creación del sistema telefónico IP bajo esta marca de equipos:

a. Cisco Call Manager

El producto de software Cisco *CallManager* incluye un conjunto de aplicaciones de voz que permite las conferencias de voz y las funciones de consola de control manual sobre plataformas de Windows NT 4.0. La característica más sobresaliente de estas aplicaciones de voz es que no se necesita hardware de procesamiento de voz especial.

Extiende a los teléfonos IP y *gateways* los servicios complementarios y mejorados, como la retención, transferencia, reenvío, conferencia, la aparición de varias líneas, la selección automática de ruta, la velocidad de marcación, llamada al último número y otras características de telefonía.

El software de aplicación de procesamiento y control de llamadas *Cisco CallManager*, presenta además:

- Base de datos de configuración *Cisco CallManager* versión 3.0 (contiene información de configuración del sistema y los dispositivos, incluyendo planes de marcación)
- Software *Cisco CallManager Administration* (aplicación para navegador *web* que proporciona una interfaz gráfica de usuario para la base de datos *Cisco CallManager*)
- *Cisco Conference Bridge* (aplicación de conferencia de voz)
- *Cisco Web Attendant Console* (sólo software, consola manual de control accesible vía *Web*)

Para el caso del sistema telefónico de la E.P.N. el servidor de alta disponibilidad requerido para este software de procesamiento de llamadas, es el *Cisco Media Convergence Server, MCS-7835*.

Las siguientes características resumen la capacidad del *Cisco CallManager* sobre el servidor *MCS-7835*:

- Encaminamiento automático alternativo
- Selección automatizada de ancho de banda por llamada
- Selección automática de ruta
- Control de aceptación de llamadas
- Máximo 2.500 dispositivos por cada servidor *Cisco CallManager*

- Máximo 2.500 BHCC por cada servidor Cisco *CallManager*
- Cinco servidores Cisco *CallManager* por grupo
- Máximo 10.000 dispositivos por grupo
- FAX a través de IP
- Monitoreo a través del protocolo SNMP

De acuerdo a estas características, es necesario un solo servidor para cubrir los requerimientos telefónicos de la E.P.N.. No obstante, para una mayor disponibilidad del sistema telefónico IP es recomendable la implementación de otro servidor de idénticas especificaciones. En la tabla 4.8 se indica la cotización del servidor de telefonía IP de Cisco.

b. Gateway

El equipo denominado *AS5350 Voice Gateway* de la marca Cisco, es el que presenta las mejores características como *gateway*, para soportar el tráfico telefónico netamente IP, y/o las conversiones de tráfico telefónico convencional en tráfico telefónico IP y viceversa, de la E.P.N.

El Cisco *AS5350 VoIP Gateway*, es un equipo H.323 con gran desempeño para las aplicaciones VoIP, que posee tres ranuras de expansión. Una de ellas para la tarjeta T1/E1/PRI, y las otras dos pueden utilizarse para las tarjetas de función de voz o módem. Dado que una sola tarjeta de función de voz puede admitir hasta 48/60 llamadas de voz, el sistema de Cisco *AS5300/Voice Gateway* puede admitir un total de 96/120 llamadas entre teléfonos convencionales o máquinas de faxes, a través de la PSTN o PBXs.

La configuración por defecto de la memoria del Cisco AS5300/*Voice Gateway* es con 16 MB de memoria Flash de sistema y 64 MB de memoria DRAM compartida. El uso de estas tarjetas de función de voz requiere la versión de software IOS 12.0.2XH o una posterior.

Entre otras características para este equipo se tienen las siguientes:

- Los *gateway* Cisco AS5300/*Voice Gateway* interoperan con aplicaciones de voz y videoconferencia compatibles con H.323, tales como Microsoft NetMeeting, así como con *gateways* y *gatekeepers* compatibles con H.323.
- Soporta toda la gama disponible de CODECS de alta compresión, incluyendo G.711.1, G.729, G.729a y G.723.1.
- Soporta cancelación de eco, detección de actividad de voz, supresión de silencio, y la generación de ruido de apaciguamiento para garantizar conversaciones uniformes con voz de alta calidad.
- Diseñado para tener la latencia mínima, lo que es esencial para un tráfico de voz y fax de alta calidad.
- Transmisión de Fax en tiempo real a un máximo de 14.4 [Kbps]
- Compatible con los teléfonos, faxes, centralitas y sistemas centrales existentes.
- Mecanismos configurables de gestión de colas de prioridad y gestión de colas personalizada.

La cotización del *gateway* AS5300 de Cisco se muestra en la tabla 4.8.

c. Teléfonos IP

La serie de teléfonos IP 79XX es la que dispone Cisco para la solución de telefonía IP. De esta serie el teléfono IP 7910 es el que presenta las funciones más básicas de la telefonía mientras que el teléfono IP 7960 presenta funciones más avanzadas de telefonía y de servicio al usuario.

El teléfono IP 7940, por su parte, posee la mayoría de las características del teléfono IP 7960 necesarias para las aplicaciones IP de la E.P.N a un menor costo. Por tanto, se toma a este teléfono, como el equipo que deberá implementarse en todos los usuarios del sistema IP de la E.P.N. La descripción del teléfono 7940 y su cotización se presenta en la tabla 4.8.

d. Costo de la solución Cisco

El costo total para la implementación de comunicaciones IP en la E.P.N. está basado en los costos de los equipos *Call Manager*, *gateway* y teléfonos IP de esta marca y se detalla en la tabla 4.8.

De esta tabla se concluye que el costo total para la implementación es de \$ 512,696.00 DÓLARES AMERICANOS, el cual es ligeramente superior al de la propuesta de Alcatel.

Adicionalmente a este valor, puede agregarse el costo del sistema de correo de voz, el cual, oscila entre \$ 24,750.00 para 300 usuarios y 16 sesiones, y \$ 67,350.00 para 875 usuarios y 32 sesiones.

4.4 VALORACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA DE LOS EQUIPOS DE TELEFONÍA IP

La valoración técnico – económica de los equipos IP considera tanto la solución que involucra la migración IP de la central DEFINITY como la solución

que sugiere la adquisición de nuevos equipos para la realización de la telefonía IP.

Equipo	Descripción	Cant.	Precio Unitario USD (\$)	Precio Total USD (\$)
Cisco Call Manager	<ul style="list-style-type: none"> • Procesador Intel Pentium III 1- GHz • 256-KB nivel 2 ECC cache • Tarjeta NIC <i>Fast Ethernet 10/100 TX</i> • Disco duro de 18.2 GB • Disco Flexible de 1.44 MB • CD-ROOM • Redundante fuente de poder de 275 W • 4 MB de memoria de vídeo. • El Software del MCS – 7835-1000 incluye: • Cisco CallManager 3.0 • Cisco CallManager SQL database • Cisco CallManager Administration • Cisco Conference Bridge • Cisco web attendant console 	2	\$ 22,649.00	\$ 45,298.00
AS5350 VoIP Gateway	<ul style="list-style-type: none"> • Gateway VoIP AS5300 VoIP 120 canales de Voz • Soporte de cuatro E1. • Software IOS IP <i>Voice Plus v.12.0.2</i> • Opciones de interfaces LAN ethernet 10BaseT (RJ-45), Ethernet 10/100 Base T (RJ-45). • Puertos seriales de consola y auxiliares • Fuente de Alimentación AC 120/240 redundante 	1	\$ 51,398.00	\$ 51,398.00
Teléfono IP 7940	<ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos de Conexión Ethernet 10/100 Base T. • 24 tonos de timbre ajustables por el usuario. • Compresión de sonido G.711 y G.729. • Compatibilidad con H.323 y Microsoft NetMeeting. • Una asignación de dirección IP: configurado por cliente DHCP o de modo estático. • Programación de la generación de ruido de apaciguamiento y detección de actividad de voz a través del sistema. • Adaptador de poder 120VAC - 48DC 	640	\$ 650.00	\$ 416,000.00
Costo				\$ 512,696.00

Tabla 4.8 Cotización solución Cisco

Si se mira únicamente el aspecto económico del proyecto de telefonía IP, se tiene que, debido a que los costos de la alternativa uno de solución IP no fueron presentados por razones ya señaladas; la valoración económica se toma como referencia y no como criterio de decisión para el escogimiento de una u otra solución.

A fin de determinar un costo referencial de la alternativa de solución se realiza el siguiente análisis: los costos de las soluciones de Alcatel y Cisco, se toman como máximos, ya que en ambos casos se cotizan 640 teléfonos IP (número de usuarios estimados en la E.P.N en 10 años), lo cual, duplica el número de usuarios IP que soporta la central telefónica de la E.P.N. (300 usuarios IP). Por tanto, el costo de la solución que involucra la migración IP de la central DEFINITY tendrá que ser menor que el costo de las otras dos soluciones (Alcatel o Cisco).

En conclusión, desde el punto de vista económico, la alternativa de solución uno es más viable que la alternativa de solución dos, siempre y cuando no se supere el máximo número de usuarios IP soportados por la central DEFINITY (300 usuarios). No obstante un crecimiento mayor de usuarios y con el solo requerimiento de comunicación telefónica, el administrador de la central de la E.P.N. podría manejarlo únicamente de manera convencional con la implementación de teléfonos analógicos y/o digitales, ya sea con equipos nuevos, o con los obtenidos de los reemplazos realizados con los teléfonos IP (300); haciendo posible un ahorro adicional en equipos telefónicos.

Por el contrario, si el requerimiento para un número de usuarios superior a 300 es verdaderamente IP, el administrador telefónico deberá considerar como segunda opción la propuesta de telefonía IP de Alcatel y como tercera opción la propuesta de Cisco.

A criterio personal y desde el punto de vista económico referencial, recomiendo tomar la alternativa de solución uno, puesto que, con la inversión de

las tarjetas y teléfonos que permiten la telefonía IP, se evita la pronta depreciación de la central DEFINITY; se brinda paralelamente comunicaciones IP y comunicaciones convencionales; y se cubre las demandas de usuarios telefónicos hasta en 10 años.

Desde el punto de vista técnico, hay que señalar que tanto la solución de la central DEFINITY como la solución de Alcatel establecen un sistema telefónico con la confiabilidad y la disponibilidad que ofrecen los equipos PBX; mientras que, la solución de Cisco, que opta por el uso de equipos separados (*gateway* y *gatekeeper*) que emulan las funciones de un PBX, hace difícil igualar los niveles de confiabilidad y disponibilidad de los PBXs.

Cabe recordar que la confiabilidad y disponibilidad son dos características importantes en un sistema telefónico ya que de ellas depende la satisfacción de un usuario que inicia, mantiene y termina una llamada.

Bajo esta consideración, a criterio personal no considero la solución de Cisco como la óptima para implementar el sistema telefónico IP en la E.P.N. Además actualmente no se dispone de la infraestructura de datos necesaria que se requiere para este caso en particular.

De las dos alternativas restantes es importante indicar que ambas ofrecen un conjunto de funciones telefónicas similar para usuarios analógicos, digitales e IP; con la diferencia de que la marca Alcatel puede soportar todos los usuarios telefónicos previstos en la E.P.N en 10 años como usuarios IP, lo cual no es posible con la solución de DEFINITY.

Sin embargo, observando el verdadero y actual requerimiento de los usuarios telefónicos dentro de la E.P.N. el cual es: "poder realizar llamadas telefónicas sin importar el tipo de tecnología utilizada", no justifica tomar la plataforma Alcatel como alternativa de solución, ya que por medio de la central DEFINITY se puede cubrir la totalidad de usuarios esperados de forma IP y digital.

Además, un cambio en la plataforma de voz de la E.P.N, requeriría de la implementación de elementos adicionales (hardware y software) en la central DEFINITY, que permitan establecer comunicación entre ella y la plataforma OmniPCX 4400 y de esta manera establecer conexiones entre los usuarios de la central DEFINITY y los usuarios del OmniPCX 4400.

Personalmente considero que, la mejor opción técnica es mantener el sistema telefónico actual hasta los próximos 10 años. Realizar en la central DEFINITY las respectivas actualizaciones para soporte de la telefonía IP, y adquirir una nueva plataforma telefónica luego del periodo señalado. Esta plataforma deberá manejar las comunicaciones telefónicas de la E.P.N. en formato IP, y tendrá que ser de la misma marca, u otra marca compatible que no requiera de software ni de hardware especial, a fin de que se pueda re-utilizar los equipos telefónicos.

Finalmente a manera de recomendación, considero que técnicamente sería apropiado el cambio de plataforma telefónica por la de Alcatel, siempre y cuando la marca AVAYA discontinúe los equipos DEFINITY y suspenda el soporte técnico de los mismos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El crecimiento mundial de la Internet, el uso del protocolo IP en redes de datos junto con técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, y estándares que permiten calidad de servicio, impulsan el establecimiento de la Telefonía IP basada en la conmutación de paquetes en lugar de la telefonía tradicional por circuitos conmutados, tanto en sistemas telefónicos públicos (operadoras telefónicas, locales o internacionales) como en sistemas telefónicos privados (redes Intranets o sistemas PBXs).
- La adopción de una red IP que soporte la tecnología VoIP permite a cualquier organización satisfacer necesidades de comunicación actual (voz y datos) sobre un mismo protocolo de comunicación y sobre una misma estructura de red; con ello se evita que las plataformas de voz y datos se desarrollen y operen en forma independiente. Una ventaja de la adopción de una red de esta naturaleza, es la reducción de gastos operativos, soporte, mantenimiento y administración del sistema.
- La implantación de un sistema de telefonía IP al interior del Campus Politécnico, permite la realización de llamadas IP y de aplicaciones VoIP, con centros de estudio o investigación locales y/o internacionales que dispongan de sistemas telefónicos similares, a través de enlaces de datos o redes de paquetes de área extendida lo cual fomenta el desarrollo de la Institución, profesores y estudiantes.
- El uso de enlaces de datos privados para el envío de voz entre la E.P.N y cualquier centro de estudio o investigación, evita el pago a las operadoras

telefónicas por el tráfico telefónico cursado entre la Institución y estos centros de estudios. El uso de redes de área extendida reduce las tarifas telefónicas especialmente cuando se trata de llamadas internacionales.

- Los usuarios de la E.P.N. dispondrán de más y mejores servicios telefónicos mediante la unificación del sistema PBX con la red de datos LAN en pro de la conformación de un sistema telefónico IP. Los servicios con los que contará el personal de la Institución, principalmente estarán relacionados con el acceso a las aplicaciones de voz sobre IP que presente en un futuro la red mundial Internet en las páginas *web*.
- El establecimiento de la tecnología *Gigabit Ethernet* como *backbone* de la red se considera adecuada para las comunicaciones telefónicas IP de la E.P.N., puesto que puede soportar la intensidad de tráfico de voz esperada en IP, como también posibilita el manejo de otras aplicaciones. Adicionalmente se tendrá compatibilidad de tecnologías de red en caso de la unificación con la PoliRed.
- La topología Ethernet permite una mayor flexibilidad en cuanto a crecimiento de usuarios, puesto que el incremento de un teléfono involucra únicamente la conexión del teléfono a un puerto del *switch* de acceso. Hay que considerar además que la tecnología Ethernet se encuentra en continuo desarrollo (10 [Mbps], 100 [Mbps] , 1 [Gbps]).
- La fibra óptica que se dispone en el Campus Politécnico soportará el tráfico telefónico IP esperado en la Institución. De acuerdo a los análisis de tráfico telefónico IP se tiene que ningún edificio de la E.P.N requiere una capacidad de canal mayor a los 100 [Mbps]. Por tanto, dada la baja ocupación del canal es posible cursar otras aplicaciones mientras no se afecte la calidad de la voz en el sistema.
- Se mantiene la política de propiedad de equipos entre fabricantes. Todos los fabricantes de equipos de telefonía IP citados en este proyecto manejan además de los protocolos recomendados por los organismos

internacionales para el desarrollo de VoIP, protocolos propietarios de comunicación, que imposibilitan la interoperabilidad de un teléfono IP de un fabricante en particular y el equipo que realiza las funciones de *gatekeeper* o *gateway* de un fabricante distinto.

- El entorno de telefonía tradicional que existe en el Ecuador, actualmente brindado por las operadoras locales ANDINATEL, PACIFICTEL y ETAPA, se considera una razón más, para justificar que, mantener la Central DEFINITY con facilidades para manejo de VoIP, es la mejor opción que tiene la E.P.N. para la migración de su sistema telefónico a un sistema IP.
- El alto costo que posee en la actualidad una solución completa de telefonía IP para la E.P.N. se debe principalmente al elevado precio que evidencian los equipos de usuario, más concretamente los teléfonos IP, esto se lo puede observar por ejemplo en la cotización de Cisco.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Dado que existe en el Ecuador la apertura para la comercialización del mercado telefónico público, cabe la posibilidad de que los operadores actuales u otros operadores (locales o internacionales) exploten este mercado mediante tecnología IP, por lo que en este caso, se recomienda a la E.P.N. realizar convenios y/o contratos con estas empresas, de manera que puedan ser factibles las comunicaciones internacionales a un bajo costo.
- Debido a que los altos valores de confiabilidad y disponibilidad de las redes telefónicas tradicionales, los cuales también deben considerarse para las redes de telefonía por conmutación de paquetes, se recomienda tomar todas las medidas necesarias en la implementación del cableado estructurado, equipos, sistemas alternos de energía, enlaces de datos redundantes, a fin de garantizar el correcto y óptimo funcionamiento de la

estructura de datos y por ende alcanzar la confiabilidad y disponibilidad deseadas.

- Dado que el costo de la implementación de todo sistema telefónico IP es significativamente alto, es aconsejable hacer su negociación directamente con los representantes de los fabricantes en el país o distribuidores autorizados, puesto que entre otros beneficios se pueden acordar contratos de soporte y mantenimiento para la infraestructura, así como convenir cursos de capacitación para las personas que estén a cargo de la administración del sistema.
- Debido a la utilización de líneas analógicas como troncales entre la Central DEFINITY y la operadora local ANDINATEL, el sistema telefónico está limitado a los servicios propios de estas líneas, por tanto se recomienda la utilización de canales E1 a fin de obtener mayores servicios tanto para la administración como para los usuarios del sistema telefónico.
- Bajo el criterio de tarificación se recomienda realizar monitoreos continuos del tráfico telefónico, con el objeto de llevar historiales reales de su comportamiento. En lo posible, emitir informes estadísticos que permitan estimar el consumo de cada una de las carreras de la E.P.N. Con respecto a este último punto cabe señalar que puede ser realizado de manera elemental a partir de los datos que entrega la central o por medio de software especial que puede ser adquirido o de preferencia desarrollado por un estudiante a manera de proyecto de titulación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bellamy John, "DIGITAL TELEPHONY" . John Wiley, 1991
- [2] Willam Stallings, "REDES DE COMPUTADORAS" . Macmilan, 1994
- [3] Andrew S. Tanenbaum, "REDES DE COMPUTADORAS". Prentice-Hall, Tercera Edición, 1997.
- [4] "CENTRALES TELEFÓNICAS", <http://www.tsm1.com/PBX-KTS.htm>.
- [5] "VOZ IP", <http://ctsoluciones.com/VoIP.htm>.
- [6] "APUNTES DE REDES",
http://www.lafacu.com/apuntes/informatica/redes_2/default.htm.
- [7] "RED DE INFOVÍA", <http://www.spircom.es/Infovía.html>.
- [8] "REDES IP",
http://www.advance.com.ar/advance/productos/ip/red_ip.htm.
- [9] "RED ITXC" <http://www.itxc.com>.
- [10] "RED TELENova", <http://www.telenova.com>.
- [11] "IMPACTO DE INTERNET EN LAS CORPORACIONES: INTRANETS Y EXTRANETS",
<http://www.iies.es/teleco/publicac/publbit/bit105/jsaras.htm>.
- [12] "DOCUMENTO IP",
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ip.htm.
- [13] White Paper, "IP TELEPHONY" , Newbridge. Junio 1998.

- [14] VocalTec Communications Inc. "VOCALTEC GATEWAY", Mayo de 1999.
- [15] Uyless Black, "VOICE OVER IP", Prentice – Hall, New Jersey, 1999.
- [16] "INTERNET TELEPHONY: SERVICES, TECHNICAL CHALLENGES, AND PRODUCTS", IEEE. April 2000.
- [17] "VOZ SOBRE IP", <http://enredes.com.ar/Voip.html>.
- [18] "CURSO AUDIOVISUAL DE COMPUTADORES".
<http://ceres.ugr.es/~alumnos/luis/introd.htm>.
- [19] "CODECs", http://www-mobile.ecs.soton.ac.uk/jason/speech_codecs.html.
- [20] RECOMENDACIÓN ITU -T G.723.1.
- [21] RECOMENDACIÓN ITU –T. G.729.
- [22] "ANALOGIC SYSTEMS' SPEECHES AND TELECOM",
<http://www.analogical.com/SHBook/>.
- [23] IBM, "Tutorial TCP/IP",
<http://www.ibm.redbook.ibm.com/pubs/pdfs/redbooks/qg243376.pdf>.
- [24] "ADVANCED VOIP TUNING AND TROUBLESHOOTING",
http://www.stratacom.com/networkers/new99/nw99_pres/409.pdf.
- [25] "VOICE OVER IP - PER CALL BANDWIDTH CONSUMPTION",
http://www.cisco.com/warp/public/788/pkt-voice-general/bwidth_consume.html.

- [26] "VOIP BANDWIDTH", <http://www.erlang.com/bandwidth.com>.
- [27] "IMTC VOICE OVER IP FORUM SERVICE INTEROPERABILITY IMPLEMENTATION AGREEMENT", <http://www.imtc.org>.
- [28] JE FLOOD, "TELECOMUNICATIONS SWITCHING TRAFFIC AND NETWORKS" Prentice Hall.1995.
- [29] Goralski J. Walter, "IP TELEPHONY", McGraw-Hill, 1999.
- [30] Recomendación ITU - H.323.
- [31] "INTERNET PROTOCOLS", www.cisco.com.
- [32] Betsy Yocom and Edwin Mier, "IP PBXS SCALE", Enterprise 09/18/00 www.mier.com .
- [33] "INTEGRATED MANAGEMENT ARCHITECTURE FOR IP – BASED NETWORKS". IEEE Communications Magazine April 2000.
- [34] "PRESENTE Y FUTURO DE INTEGRACIÓN DE REDES VOZ SOBRE IP", <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No7>.
- [35] Hersent O., Gurle D., and Petit J. "IP TELEPHONY , PACKET-BASED MULTIMEDIA COMMUNICATIONS SYSTEMS", Pearson Education,2000.
- [36] Witte D. y Valdez Ramón, " RE – DISEÑO DE LA RED DE DATOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL", 2001.

A. 1 EL ESTÁNDAR H.323

El estándar H.323 fue aprobado por la ITU en 1996, posteriormente una segunda versión fue publicada en Enero de 1998 con el título "Sistemas de Comunicación Multimedia Basadas en Paquetes". Es parte del conjunto de recomendaciones de la ITU H.32X, que proveen servicios de comunicaciones multimedia sobre redes de área local que no garantizan Calidad de Servicio QoS.

H.323 provee una base para las comunicaciones de audio, vídeo y datos en tiempo real a través de redes basadas en paquetes, incluyendo redes IP. Es independiente de la red de paquetes y de los protocolos de transporte sobre los cuales corren sus aplicaciones.

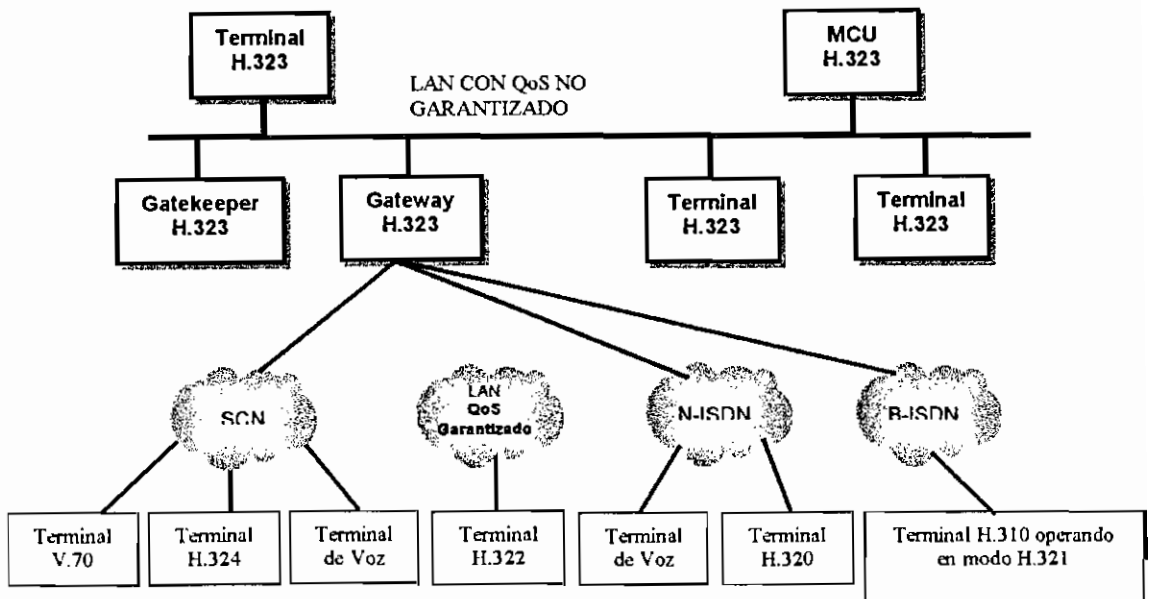


Figura A.1 Arquitectura H.323

H.323 contiene una serie de estándares y se apoya en una serie de protocolos que cubren distintos aspectos de la comunicación, como son:

- Codecs de Audio (G.711, G.723.1, G.728, entre otros)
- Codecs de Vídeo (H.261, H263)
- H.225 Registro, Admisión y Estado (RAS)
- H.225 Señalización de llamada
- H.245 Control de Señalización
- RTP Protocolo de Transporte de Tiempo real
- RTCP Protocolo de control de transporte de tiempo real

Las capacidades multimedia de H.323 son una parte importante del estándar, sin embargo, dado que VoIP únicamente utiliza una parte de la arquitectura H.323, el estudio se concentrará en las especificaciones referentes a las comunicaciones de audio.

Para aplicaciones de Telefonía IP únicamente una parte de la arquitectura H.323 se requiere para el manejo de terminales de audio (PCs o teléfonos) sobre una red IP; sólo los protocolos de audio y de control, que se muestran en la figura A.2, son empleados actualmente.

H.323 especifica para la parte de audio, el empleo de los diferentes estándares de compresión de la serie G de las recomendaciones de la ITU, y que esta información se transporte sobre los protocolos RTP/RTCP (RTP transporta la información de audio como parte de los datos del protocolo UDP (*User datagram Protocol*) y RTCP la información de estado y control).

Por otro lado, la información de señalización requerida para el funcionamiento del canal de audio, es transportada confiablemente sobre el protocolo TCP o de lo contrario por el protocolo UDP.

Vídeo		Audio		Sistema de Control			Datos
H.261		G.711		Control RAS	Señalización	Control	T.120
H.263		G.722		H.225	de llamada	H.245	
		G.723			H.225		
		G.728					
		G.729					
RTP	RTCP	RTP	RTCP				
Protocolo de Transporte UDP					Protocolo de Transporte TCP		

Figura A.2 H.323 para Telefonía IP

A.2 REGISTRO, ADMISIÓN Y ESTADO (RAS) H.225

RAS H.225 se utiliza entre puntos finales (terminales y *gateways*) y *gatekeepers*, para realizar procedimientos de: registro, admisión, estado y localización de puntos finales, cambio de ancho de banda, descubrimiento del *gatekeeper*, y desconexión.

Los mensajes RAS se intercambian asociándose a *timers* y contadores sobre un canal no confiable denominado **canal RAS**. Este canal de señalización se abre entre un punto final y un *gatekeeper*, antes del establecimiento de cualquier otro canal.

a. Descubrimiento del Gatekeeper.- Este procedimiento es empleado por un punto final para determinar con cual *gatekeeper* debe registrarse. Los mensajes que se intercambian pueden ser *unicast* o *multicast*, y son:

GRQ: Solicitud de *Gatekeeper*

GCF: Confirmación de descubrimiento

GRJ: Rechazo de descubrimiento

b. Registro del Punto Final.- Esta operación define la manera cómo un punto final puede asociarse a una zona y además se entrega al *gatekeeper* su dirección de transporte. Los mensajes empleados en este proceso son:

RRQ: Solicitud de registro

RCF: Confirmación de registro

RRJ: Rechazo de registro

URQ: Solicitud de no registro

UCF: Confirmación de no registro

URJ: Rechazo de no registro

c. Admisión.- Proceso realizado en el establecimiento de la llamada. Los mensajes de admisión se intercambian entre el *gatekeeper* y los terminales comprendidos en la llamada. Mediante el proceso de admisión el *gatekeeper* puede encaminar la llamada al punto de destino. Los mensajes utilizados son:

ARQ: Solicitud de admisión

ACF: Confirmación de Admisión

ARJ: Rechazo de admisión

d. Estado.- Este procedimiento es usado para obtener información entre terminales y *gatekeepers*, incluyendo información acerca de la llamada. Los mensajes que se emplean son:

IRQ: Solicitud de información

IRR: Respuesta a la solicitud de información

e. Cambio de Ancho de Banda.- Los mensajes intercambiados en este proceso son:

BRQ: Solicitud de cambio de ancho de banda

BCF: Confirmación de cambio de ancho de banda

BRJ: Rechazo de cambio de ancho de banda.

f. Localización.- El proceso de localización es una comunicación entre *gatekeepers* mediante el cual se convierte una dirección en una dirección de transporte (un puerto o *socket*). Se emplea los siguientes mensajes:

LQR: Solicitud de localización

LCF: Confirmación de localización

g) Desconexión.- Este proceso es invocado por un punto final para notificar al *gatekeeper* que un punto final deja una conexión. Los mensajes de este procedimiento son:

DRQ: Solicitud de desconexión

DCF: Confirmación de desconexión

DRJ: Rechazo de desconexión

A.3 SEÑALIZACIÓN DE LLAMADA H.225

La señalización de llamada H.225 se usa para establecer una conexión entre puntos finales H.323 (terminales y *gateways*). Esto involucra, el intercambio de mensajes de control H.225 sobre un canal de señalización confiable, fijado entre dos puntos finales, o entre un punto final y un *gatekeeper*. Por ejemplo, los mensajes H.225 son transportados sobre TCP en una red basada en IP.

Los mensajes H.225 se intercambian directamente entre los puntos finales si no existe un *gatekeeper* en la red. Mientras que, si existe un *gatekeeper*, los mensajes H.225 se intercambian (entre puntos finales), directamente o a través del *gatekeeper*.

En el primer caso, la señalización de llamada es directa. En el segundo caso, la señalización de llamada es decidida por el *gatekeeper*, y elegida por el *gatekeeper* durante el intercambio de mensajes RAS de Admisión.

A.4 CONTROL DE SEÑALIZACIÓN H.245

El control de señalización H.245 consiste en el intercambio de mensajes H.245 entre puntos finales con el fin de administrar su operación.

Los mensajes de control H.245 son transportados sobre canales de control H.245. El canal de control H.245, es el canal lógico 0 y está permanentemente abierto.

Los mensajes H.245 negocian las capacidades de los terminales, y además H.245 provee de mensajes para abrir y cerrar canales lógicos (un canal lógico es unidireccional).

Por un lado, el intercambio de capacidades ayuda a determinar la habilidad del terminal para transportar y recibir flujos de datos. Por otro, un canal lógico transporta información de un punto a otro (en el caso de una conexión punto a punto) o a múltiples puntos (en el caso de una conexión punto–multipunto).

Estos mensajes de control transportan información relacionada con:

- Intercambio de capacidades
- Establecimiento y Cierre de canales lógicos usados para transportar flujo de datos.
- Mensajes de control de flujo
- Comandos e Indicaciones generales

En la figura A.3 se muestra el intercambio de algunos mensajes RAS, señalización H.225, y de control H.245, como también se indica el flujo RTP que también se establece en la recomendación H.323.

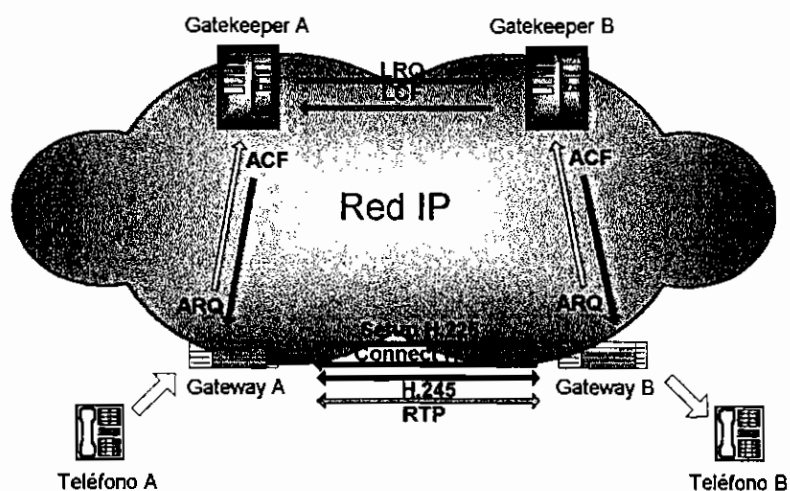


Figura A.3 Intercambio de mensajes

A.5 LLAMADA H.323

A continuación se describe los pasos involucrados en el establecimiento y liberación de una llamada H.323. Para el ejemplo se considera que la red contiene dos terminales H.323 (T1 y T2) conectados a un *gatekeeper*, se asume señalización directa y encapsulación RTP.

a. Establecimiento.- Para el establecimiento de una llamada según H.323 se necesita además del intercambio de los mensajes ilustrados en la figura A.4, del intercambio de mensajes de control H.245 y de mensajes RTP/RTCP. A continuación se explica el proceso de la llamada:

1.- T1 envía un mensaje RAS ARQ sobre el canal RAS hacia el *gatekeeper* para registrarse. T1 solicita el uso de señalización de llamada directa.

2.- El *gatekeeper* confirma la admisión de T1 mediante el envío de un ACF con dirección a T1. El *gatekeeper* indica en ACF T1 puede usar señalización directa.

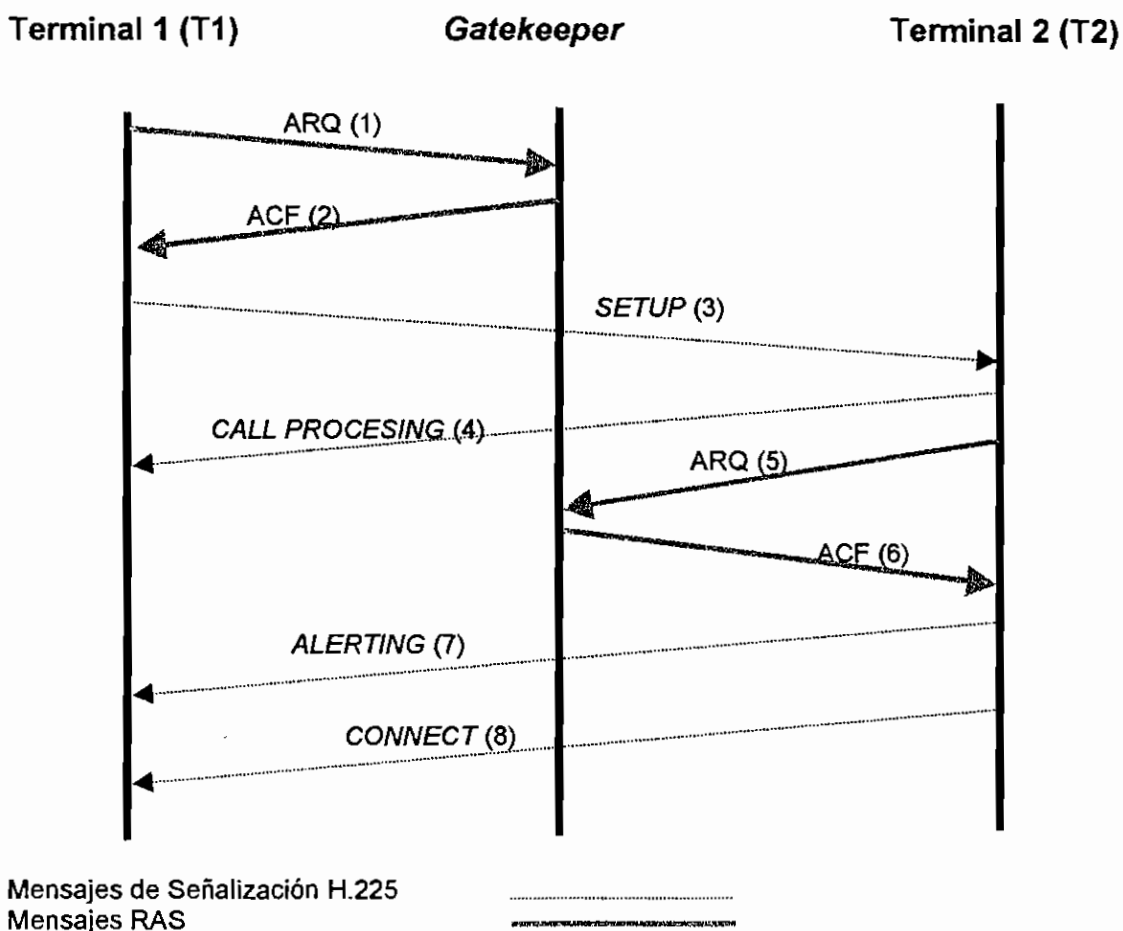


Figura A.4 Establecimiento de llamada H.323.

3.- T1 envía un mensaje SETUP (señalización de llamada H.225) a T2 solicitando conexión.

4.- T2 responde con un mensaje proceso de llamada H.225 a T1.

5.- Ahora, T2 tiene que registrarse con el *gatekeeper*, para lo cual le envía un mensaje ARQ sobre el canal RAS.

6.- El *gatekeeper* confirma el registro mediante el envío del mensaje ACF a T2

7.- T2 alerta a T1 del establecimiento de conexión mediante el envío de un mensaje alerta H.225.

8.- Entonces T2 confirma el establecimiento de conexión mediante el envío del mensaje *connect* H.225 a T1, y la llamada es establecida.

b. *Control H.245*.- El intercambio de mensajes de control H.245 se efectúa de acuerdo a la figura A.5, y procede de la siguiente manera:

9.- El canal de control H.245 es establecido entre T1 y T2. T1 envía el mensaje H.245 *TerminalCapacitySet* a T2 para intercambiar sus capacidades.

10.- T2 reconoce las capacidades de T1 mediante el envío del mensaje H.245 *TerminalCapacitySetAck*.

11.- T2 intercambia sus capacidades con T1 mediante un mensaje H.245 *TerminalCapabilitySet*.

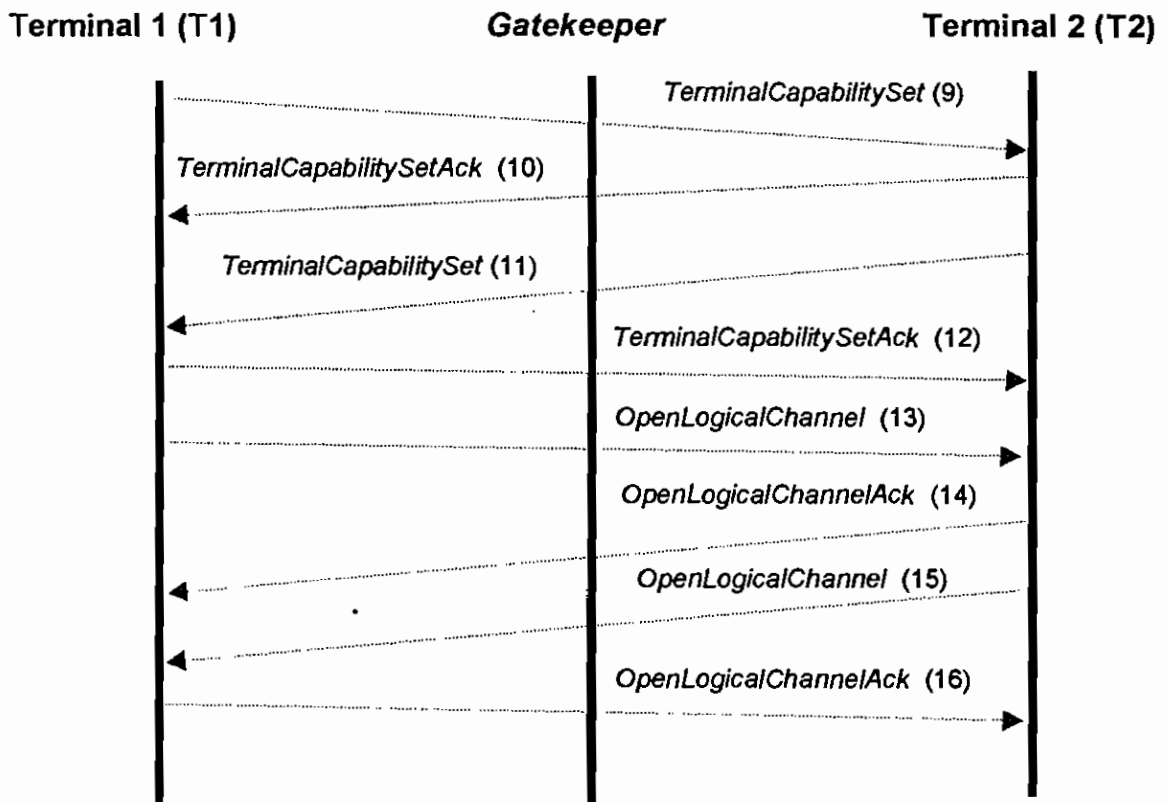
12.- T1 reconoce las capacidades de T2 mediante el envío de un mensaje H.245 *TerminalCapabilitySetAck*.

13.- T1 abre un canal con T2 mediante el envío de un mensaje H.245 *openLogicalChannel*. La dirección para transporte del canal RTCP es incluida en el mensaje.

14.- T2 reconoce el establecimiento del canal lógico unidireccional de T1 a T2 mediante el envío del mensaje H.245 *openLogicalChannelAck*. Se incluye en el mensaje la dirección para el transporte RTP de T2, que la utilizará T1 para enviar el flujo RTP, y la dirección RTCP recibida de T1 anteriormente.

15.- Entonces, T2 abre un canal con T1 enviando un mensaje H.245 *openLogicalChannel*. La dirección del canal RTCP es incluida en el mensaje.

16.- T1 reconoce el establecimiento del canal lógico unidireccional de T2 a T1 enviando un mensaje H.245 *openLogicalChannelAck*. Incluido en el mensaje de reconocimiento está la dirección de transporte RTP de T1 que utilizará T2, y la dirección RTCP recibida de T2 anteriormente. Ahora, una comunicación bidireccional es establecida.



Mensajes de Control H.245

Figura A.5 Intercambio de mensajes de control H.245

c. *Flujo RTP y RTCP*.- El flujo RTP y RTCP se realiza según la figura A.6. Este proceso se realiza de la siguiente manera:

17.- T1 envía flujo de datos encapsulado en RTP hacia T2

18.- T2 envía flujo de datos encapsulado en RTP hacia T1

19.- T1 envía mensajes RTCP a T2

20.- T2 envía mensajes RTCP a T1

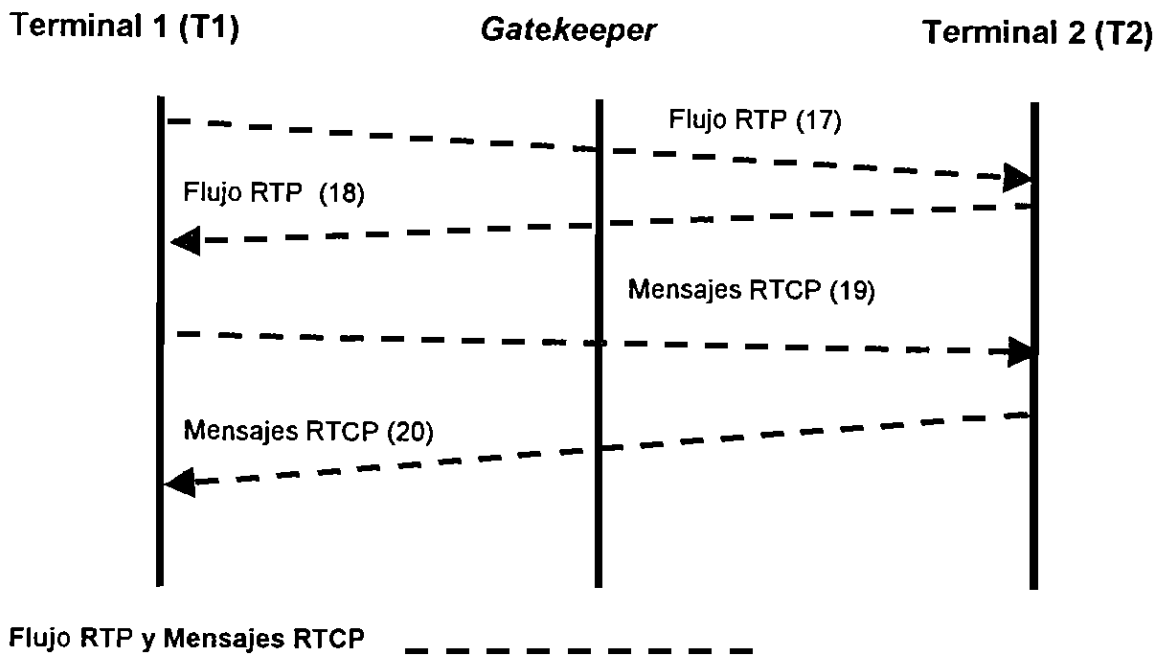


Figura A.6 Flujo RTP y RTCP

d. *Terminación.*- El proceso de finalización de la llamada se muestra en la figura A.7. Y se efectúa como sigue:

21.- T2 inicia la liberación de la llamada. Envía un mensaje H.245 *EndSessionCommand* a T1.

22.- T1 libera la llamada y confirma mediante un mensaje H.245 *EndSessionCommand* a T2.

23.- T2 completa la liberación de llamada enviando un mensaje H.245 *release complete* a T1.

B. 1 RED DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (PoliRed)^[36]

No se realiza un profundo análisis de la red como tal, puesto que, sale de los objetivos de este Proyecto de Titulación, sino más bien se expone lo más relevante, con el fin de establecer especialmente qué dependencias actualmente tienen salida a la PoliRed por medio del *backbone* de fibra óptica.

B.2 ESTRUCTURA ACTUAL

La Red de la Escuela Politécnica Nacional denominada también PoliRed, es una Red Ethernet de 10 [Mbps] de velocidad de transmisión. Básicamente es una combinación de redes Ethernet 10 BASE – F y 10 BASE – T, con uso masivo del protocolo de comunicación TCP/IP.

La PoliRed tiene tres puntos o nodos desde donde se distribuye el *backbone* de fibra óptica para cada una de las dependencias. Estos nodos son: el Edificio de Administración, que es el nodo principal, el Edificio Nuevo Eléctrica – Química donde existe un *rack* para la distribución de la fibra óptica a los edificios ubicados a su alrededor, y el Edificio de Ingeniería Civil. En el edificio de administración se ubica el Centro de Cómputo (CC) y por tanto es donde se concentra todo el tráfico de la Red.

Lógicamente la PoliRed está dividida en dos redes clase C con las direcciones siguientes direcciones IP 192.188.57.0 y 205.235.9.0. Además cada red clase C a nivel del *RouteSwitch* principal está dividida, en 16 subredes de 16 direcciones IP cada una con el fin de servir a los aproximadamente 400 usuarios entre académicos o administrativos de la PoliRed.

Actualmente las direcciones IP disponibles no cubren todas las terminales de datos que posee la E.P.N., sin embargo, para suplir en parte las necesidades de más direcciones IP se dispone de *proxys* especialmente en laboratorios de computación.

B.3 MEDIO DE TRANSMISIÓN

La red de la Escuela Politécnica Nacional o PoliRed básicamente está implementada sobre dos tipos de medios de transmisión, fibra óptica y cable UTP categoría 5.

a. Fibra Óptica

Es distribuida por todo el Campus Politécnico; es una fibra óptica multimodo 62.5/125um que constituye el *backbone* principal de la red y *backbones* secundarios. El *backbone* principal es el enlace entre el edificio de Administración donde se localiza el Centro de Cómputo de la Institución y el edificio de Eléctrica – Química, mientras que, los *backbones* secundarios son los enlaces entre el Centro de Cómputo y las dependencias del sector centro y sur del campus, y también los enlaces entre el edificio Eléctrica – Química y las dependencias del sector norte. La interconexión entre *backbone* principal y secundario se realiza mediante conectores ST en los armarios o *racks* de conexión dispuestos en el Centro de Cómputo (principal) y en el edificio de Eléctrica - Química.

Como características generales de las fibras ópticas se tienen:

Diámetro de Cubierta: 125 [μm]

Diámetro de Núcleo: 62.5 [μm]

Tipo de Fibra: Multimodo (Índice gradual)

Mínimo Ancho de Banda: 160 [Mhz/Km].

En la tabla B.1 se indica los diferentes enlaces de fibra óptica que se tienen en la E.P.N señalando el número de fibras conectorizadas y utilizadas en cada uno de ellos. Además, se puede notar que en la totalidad de los enlaces, por lo menos, existen 2 fibras que sí están conectorizadas pero que no están siendo utilizadas, por lo tanto, son fibras subutilizadas o no - utilizadas para la

transmisión de información sobre la red de datos. Sin embargo, según los encargados de su administración, consideran estas fibras conectorizadas no utilizadas como fibras ópticas de *back up* o de respaldo en caso de eventuales deterioros de las otras fibras.

b. Cable UTP

Se encuentra repartido en las diferentes dependencias de la E.P.N. Técnicamente se tiene dos tipos de cable en la Institución: el uno cable FTP categoría 5 (Edificio de Administración y Edificio de Civil) y el otro cable UTP categoría 5. Ambos cables poseen características similares, así: son de 4 pares, requieren de conectores RJ – 45 y alcanzan anchos de banda de 100 [Mhz] para efectos de transmisión de datos^(a).

Estos cables son utilizados en la PoliRed para cableado horizontal y también para cableado vertical, es decir, para enlazar las máquinas o PCs con los *hubs*, *switches* de sus respectivas dependencias, y para enlazar a éstos últimos con los convertidores de medio, que son elementos activos de la red de datos que permiten el paso de la información desde el cable de cobre a la fibra óptica del *backbone* secundario o en el mejor de los casos al *backbone* principal, a una velocidad de 10 [Mbps].

En este punto es importante indicar, que muchos de los edificios no tienen un cableado estructurado sino únicamente tendidos de cable UTP que no llegan a cubrir todas las oficinas que albergan. Además, estos tendidos de cable UTP no cumplen las normas de cableado estructurado ANSI/EIA/TIA, por lo que, teóricamente, difícilmente llegan a transmitir datos dentro de la red al cien por cien de su capacidad. De manera similar, los pocos edificios que poseen un cableado estructurado de acuerdo a las normas correspondientes, tampoco ven cubiertas la totalidad de sus oficinas, por lo que, estos edificios disponen también de tendidos

^a Por la similitud de las características del cable UTP categoría 5 con el cable FTP categoría 5, que están en uso en la E.P.N, en adelante, el "cable de cobre" utilizado en la red será referido únicamente como cable UTP a menos que se indique lo contrario.

de cable UTP, con excepción del Antiguo Edificio de Ingeniería Eléctrica que posee un cableado terminado.

Enlace	Tipo de Enlace	Número de Fibras (Conectadas, Utilizadas)
*C.C – Eléctrica–Química	Principal	16 Fibras (16,14)
Eléctrica–Química – Ex - In. Tecnólogos	Secundario	8 Fibras (6,2)
Eléctrica–Química – Mecánica	Secundario	8 Fibras (6,2)
Eléctrica–Química – Geología Minas y Petróleos	Secundario	8 Fibras (6,2)
Eléctrica–Química – Casa Administrativa	Secundario	8 Fibras (6,0)
Eléctrica–Química – Edificio Eléctrica Antiguo	Secundario	8 Fibras (6,2), 8 Fibras (2,2)**
Eléctrica–Química – In. Tecnológico	Secundario	8 Fibras (4,2)
Eléctrica–Química – Edificio de Sistemas	Secundario	12 Fibras (8,4)**
Ex - In. Tecnólogos – Casa de Profesores	Secundario	6 Fibras (2,2)**
CC – Biología	Secundario	8 Fibras (6,2)
CC – Civil	Secundario	8 Fibras (6,4)
CC – Hidráulica	Secundario	8 Fibras (6,2)
Civil – Gerencia	Secundario	8 Fibras (6,2)
Hidráulica - Casa Mata	Secundario	8 Fibras (6,2)

- *CC = Centro de Computo
- **Enlaces nuevos de fibra óptica

Tabla B.1.- Enlaces de fibra óptica de la PoliRed

La tabla B.2 se refiere al cableado que existe en las diferentes dependencias del campus y muestra que son muy pocos los edificios que cuentan con cableado estructurado, y de los cuales ninguno corresponde a un cableado estructurado de voz.

B.4 ELEMENTOS ACTIVOS DE RED

Los elementos activos de una red son: *Routers*, *Switches*, *hubs*, el cableado estructurado, servidores, PCs y tarjetas de red, entre otros. Ahora, los principales elementos activos de la PoliRed como el *router IBM 2210*, *RouteSwitch IBM 8274*, *Servidores*, *Hubs*, *modems*, *transivers* o convertidores de medio, están en el Centro de Computo de la E.P.N, que es desde donde se efectúa la administración de toda la red. De estos elementos, los que se encuentran también en los demás edificios del campus son especialmente *hubs*, y

convertidores de medio. Lógicamente los dispositivos de usuario (PCs) se ubican en todo la Institución.

Dependencia	Cableado Estructurado	Tendidos de Cable UTP
Edificio de Abastecimientos	No	Si
Edificio de Administración Central	Si	Si
Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica	Si	No
*Edificio Nuevo Eléctrica	Si	Si
*Edificio Nuevo Química	No	Si
Casa Mata	No	S
Edificio de Civil	No	Si
Edificio EX - ICB	No	Si
Edificio de Hidráulica	No	Si
Ingeniería de Geología Minas y Petróleos	No	Si
Edificio de Sistemas	Si	Si
Edificio de Mecánica	No	Si
Ex - Instituto de Tecnólogos	Si	Si
Casa de Posgrado	No	No
Instituto Tecnológico	No	Si

* Conforman el mismo Edificio Nuevo Eléctrica - Química

Tabla B.2.- Cableado Estructurado y Tendidos de Cable UTP en las Dependencias de la E.P.N.

a. Router

El router que dispone la E.P.N es un IBM 2210, por medio del cual, se interconecta la PoliRed con la Internet. El router posee 4 puertos WAN y 2 puertos LAN Ethernet 10BASE-T. De todos ellos únicamente están conectorizados dos, uno para la red LAN Ethernet y otro para la red WAN.

La característica más sobresaliente es la amplia gama protocolos que soporta sobre varios medios físicos. Así se tienen algunos de los protocolos:

- IP/IPX
- SNMP
- ISDN
- PPP

- Frame Relay
- ATM

b. Switches

La PoliRed está conformada por cuatro *switches*, el principal donde llegan todos los enlaces de fibra óptica y se conmuta todo el tráfico de la E.P.N que es el *RouteSwitch IBM 8274* ubicado en el Centro de Cómputo y los 3 *switches* que están a servicio exclusivamente de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Las demás dependencias de la E.P.N no poseen ningún otro elemento de esta naturaleza.

El *RouteSwitch IBM 8274* de capa 3 que tiene capacidad para 5 *slots* de los cuales actualmente están utilizados dos: el uno por un módulo o tarjeta 10 BASE – FL para fibra óptica multimodo con de 8 puertos Ethernet y velocidad de transmisión de 10 [Mbps] cada puerto; y el otro, por un módulo 10/100 BASE – T/TX para cable UTP con 12 puertos Ethernet y velocidad de transmisión de 10/100 [Mbps] autosensitiva.

Del primer módulo todos los puertos están utilizados en los enlaces de fibra de: Instituto de Tecnólogos, ICB, Sistemas, Eléctrica, Civil, Química, Mecánica, FISE; y del segundo módulo están ocupados 10 puertos, 2 para el enlace de fibra óptica de Geología e Hidráulica con el Centro de Cómputo mediante conversión a través de *transiver* o convertidor de medio, 1 puerto conecta al *router*, y los demás (7) para cubrir los requerimientos del edificio Administrativo. Respecto a los *slots* libres del *switch*, éstos podrían ser utilizados para la adición de otro tipo de módulos ya sea de fibra o de cable UTP para las arquitecturas Ethernet, *Fast Ethernet*, FDDI, entre otras.

Las características más importantes a considerar son:

- Ruteo IP/IPX
- Soporte SNMP

- Límites de Tramas
 - Creación de VLANs
- Los *switches* de Ingeniería Eléctrica son tres:
 - Un *switch* marca 3.com de 8 puertos de velocidad autosensitiva 10/100 BASE T/TX Ethernet. Está al servicio del Laboratorio de Informática del sexto piso del Edificio Nuevo Eléctrica – Química. El *up-link* de este *switch*, es conectado al transiver para enlazarse por fibra al *backbone* secundario.
 - Dos *switches* ubicados en el cuarto de Telecomunicaciones del edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica. El uno, un *switch IBM 8275* que posee dos módulos de 12 puertos 10/100BASE – T autosensitivos, de los cuales se utilizan 16 puertos; y el otro, un *switch IBM 8271* con 24 puertos 10 BASE – T y un puerto 100 BASE – TX, de los cuales 14 puertos están utilizados.

Cabe anotar que las aplicaciones de datos por los *switches*, pueden correr a una velocidad de 100 [Mbps] por los medios de transmisión, especialmente por la fibra óptica, sin embargo, debido a la capacidad de los módulos de fibra del *switch* principal, esta velocidad de transmisión se limita a los 10 [Mbps], específicamente a lo largo del *backbone* de fibra que posee la Institución.

c. Hubs

Como se mencionó en un inicio estos dispositivos de red se encuentran repartidos por los edificios del Campus Politécnico. La PoliRed cuenta con 52 *hubs* Ethernet 10 BASE –T.

En los edificios donde se dispone de más de un *hub*, existen generalmente conexiones de dos *hub* en cascada, no obstante, cuando se trata de laboratorios de computación o dependencias donde existe una gran concentración de

máquinas, existen cascadas de hasta tres *hubs*, o de lo contrario, se desprenden de un mismo *hub* varias cascadas de dos *hubs* cada una.

Dependencia	Hubs
Edificio de Abastecimientos	1
Edificio de Administración Central	11
Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica	1
Edificio Nuevo Eléctrica – Química	4
Casa Mata	1
Edificio de Civil	10
Edificio EX - ICB	3
Edificio de Hidráulica	2
Ingeniería de Geología Minas y Petróleos	1
Edificio de Sistemas	10
Edificio de Mecánica	3
Ex - Instituto de Tecnólogos	4
Casa de Posgrado	0
Instituto Tecnológico	1

Tabla B.4 Hubs de la PoliRed

d. Servidores de Red

En el Centro de Cómputo se dispone de tres servidores para toda la PoliRed: un servidor *SUN SOLARIS* con sistema operativo UNIX empleado como servidor de páginas *web*, un servidor *PROLIANT Compac* con sistema operativo Windows NT, utilizado como Servidor de Direcciones (DNS) y de Correo electrónico, y otro servidor *PROLIANT Compac* de respaldo.

e. Terminales de Usuario o PCs

Los terminales de usuarios de la PoliRed son en su gran mayoría máquinas relativamente antiguas (PCs 486 y Pentium I), con tarjetas de red Ethernet de 10 [Mbps]. Sin embargo, existen computadores más actualizados (Pentium II y Pentium III) con tarjetas de red 10/100 BASE – T. Actualmente, existen 495 usuarios repartidos en las dependencias de la Institución con capacidad de salida a la PoliRed.

B.5 APLICACIONES

En términos generales las aplicaciones que se efectúan sobre una red de datos se pueden clasificar en aplicaciones en tiempo real como videoconferencia, voz sobre IP, adquisición de datos entre las principales, y aplicaciones de tiempo no real como lo es el acceso a la Internet, correo electrónico, entre otras; necesitando para cada una de ellas diferentes niveles de desempeño de la red especialmente para las de tiempo real uno mayor.

De estas aplicaciones las que se ejecutan en la mayoría de usuarios de la PoliRed son aplicaciones de tiempo no real, específicamente el uso de la red Internet, del cual se estima un mayor uso, de acuerdo a las tendencias mundiales.

Otras aplicaciones que corren son las de administración de correo electrónico realizada por parte de los funcionarios que poseen sus cuentas de correo en el servidor de la E.P.N, páginas HTML, seguridad, servicio de resolución de dirección, monitoreo y administración SNMP, entre las más importantes.

De acuerdo al proyecto de titulación "Propuesta de Re-diseño de la PoliRed" se espera como futuras aplicaciones dentro de la PoliRed la voz sobre IP, videoconferencia en formatos de pantalla pequeños con compresión MPEG-II, Tele-servicio, entre otras.

B.6 INTERCONEXIÓN WAN

Actualmente la única interconexión externa que tiene la PoliRed es a través de un puerto WAN del *router IBM 2210* que está conectado a un radio módem marca RAD FCD - E1, el mismo que conecta a la PoliRed mediante un enlace de microonda con una capacidad de 320 [Mbps] al proveedor ISP, Cyberweb.

La PoliRed por medio de este enlace tiene su salida específicamente a la Internet mas no a otras redes privadas como por ejemplo la red de otra Institución educativa.

Las características relevantes del radio módem son:

- Unidad de acceso a fraccionales de E1 o E1
- Soporta uno o dos puertos de datos con velocidades sincrónicas seleccionables: nx56 o nx64 Kbps
- Agente SNMP
- Interfaz E1, según las normas: ITU G.703, G.704, G.706, G.732, G.823

B.7 FUTURO DE LA PoliRed

La PoliRed tiene hoy por hoy un proyecto de re – diseño, donde se plantea la implantación de una red académica y una red administrativa, que brinden a sus usuarios aplicaciones de acuerdo a la función desempeñan dentro de la Institución y en la gran mayoría de ellos la aplicación de voz sobre IP.

La tecnología de red que se plantea como adecuada para el re – diseño de la PoliRed es el estándar I.E.E.E 802.3 en sus extensiones *Fast Ethernet* y *Gigabit Ethernet*.

Por otro lado, el número estimado de usuarios es de 2200 al cabo de 10 años (2011), 1756 conformando la red académica y 444 la red administrativa, y su tráfico requerirá un enlace menor a 1 [Gbps]. Para el análisis más profundo acerca del futuro de la PoliRed el lector puede referirse al Proyecto de Titulación de los Ingenieros Diego Witte y Ramón Valdez.

Tabla C.1 Número de llamadas telefónicas cursadas por la central de la E.P.N en los días de observación

Tipo de Llamadas	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29	Sábado 30	Domingo 1	Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 6	Viernes 6	Sábado 7	Domingo 8	Lunes 9	TOTAL	Porcentaje%
Internas	1872	1647	1690	13	0	1855	2008	1993	1645	1663	8	7	1913	16314	27.89
Locales	2767	2763	3046	297	31	3455	3101	3198	2831	2850	308	43	3327	28017	47.89
Regionales	38	34	57	12	10	91	63	83	41	40	5	0	41	515	0.88
Nacionales	47	44	43	3	0	27	52	99	46	65	5	1	14	446	0.76
Celular	176	169	171	31	7	179	184	226	200	170	39	12	130	1694	2.90
Operadora 1xxx	80	63	71	5	0	90	96	83	92	126	17	0	80	803	1.37
Servicios 1X00	10	7	17	0	0	22	48	24	7	8	6	0	26	175	0.30
Intentos	175	105	87	10	0	199	93	140	85	93	12	4	103	1106	1.89
Entrantes	996	972	1032	28	2	1142	1086	1040	1012	982	18	3	1121	9434	16.13
TOTAL	6161	5804	6214	399	50	7060	6731	6886	5959	5997	418	70	6755	58504	100.00

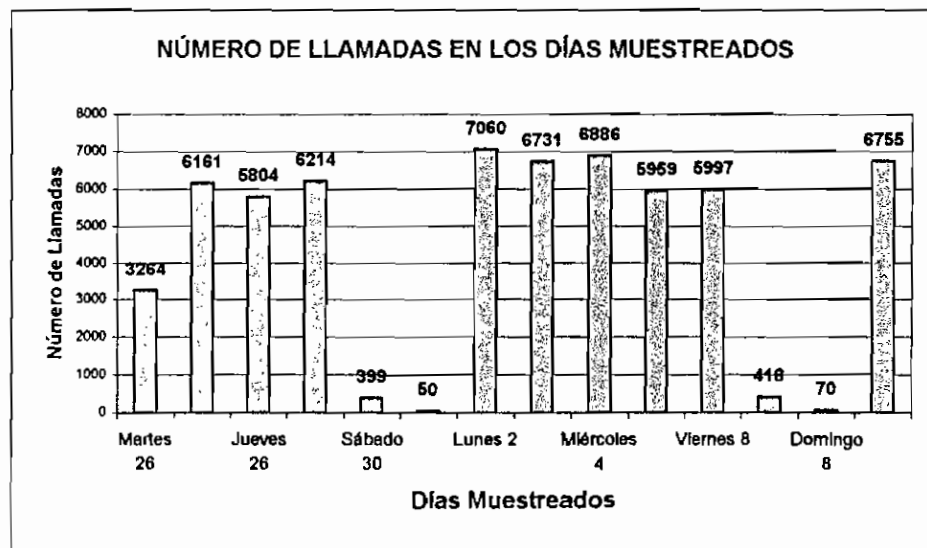


Figura C.1 Número de llamadas de la E.P.N.

Tabla C.2 Duración promedio y máxima en minutos de las llamadas cursadas por la central telefónica de la E.P.N.

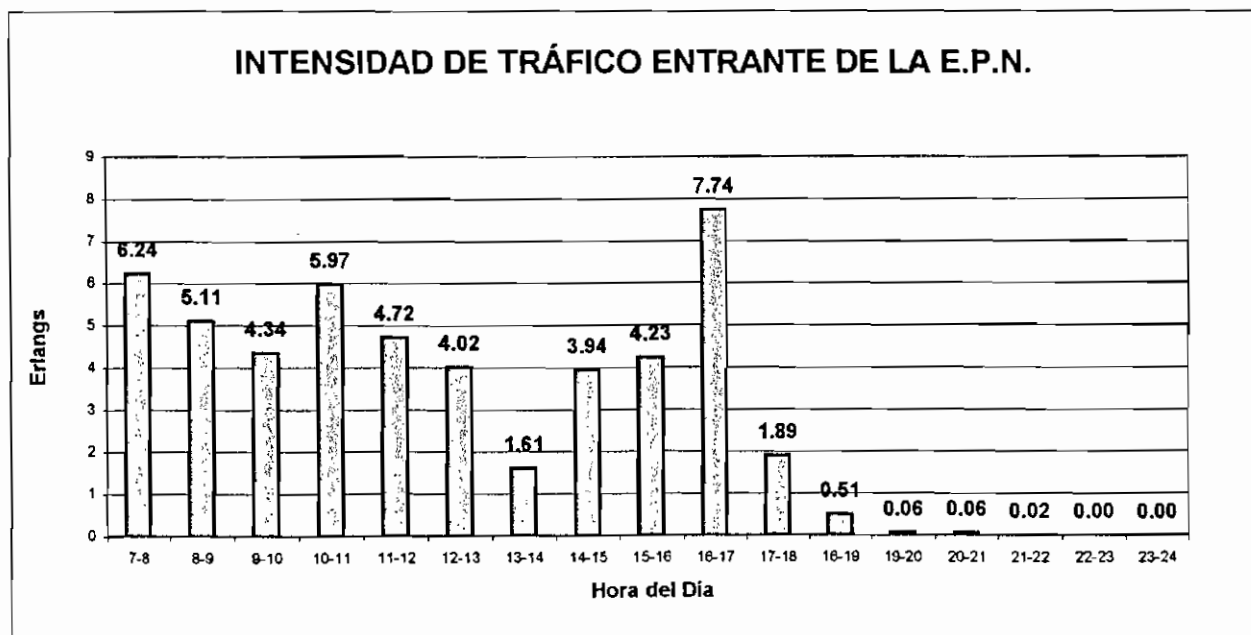
Llamadas Días	Internas		Locales		Regionales		Nacionales		Celular		105#	
	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima
Miércoles 27	1.27	28.3	1.95	81.5	3.27	28.9	2.18	37.1	1.11	27	1.88	12.6
Jueves 28	1.3	112.7	2.19	216	2.27	12	3.15	30.8	1.01	11.7	2.97	23.1
Viernes 29	1.2	34.4	1.8	141.8	0.82	11.6	3.08	27.4	1.09	12.08	1.55	9.9
Sábado 30	1.03	2.7	1.94	72.7	3.2	16.1	3.9	11.4	1.3	7.6	2.76	6.3
Domingo 1	0	0	6.51	56.4	3.68	15.4	0	0	0.21	0.24	0	0
Lunes 2	1.24	22.4	1.81	124.7	0.77	7.8	2.52	7.8	1	5.5	2.58	30.4
Martes 3	1.23	119.8	2.22	269.9	1.35	7.9	2.25	17.6	1.04	17.3	3.03	17.6
Miércoles 4	1.17	32.6	1.81	151.4	1.08	14.7	0.84	8.1	0.86	9.8	2.44	16.5
Jueves 5	1.17	20.8	1.85	109.3	1.67	12.8	1.74	16.9	0.87	6.5	2.54	31.3
Viernes 6	1.13	22.6	1.8	88.7	1.38	7.3	0.86	12	1.02	7.8	1.45	20.3
Sábado 7	0.83	1.7	3.23	128.3	0.76	2.5	2.34	5.2	2.16	45	2.66	10.7
Domingo 8	0.52	1.4	1.79	11.9	0	0	0.4	0.4	2.92	18.8	0	0
Lunes 9	1.21	74.3	1.71	108.1	1.09	6.5	2.4	12.4	0.98	19.5	1.66	19.5

Tabla C.3 Número de llamadas totales en la hora pico de los días observados

	Miércoles 27	Jueves 28	Viernes 29	Sábado 30	Domingo 1	Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Sábado 7	Domingo 8	Lunes 9
Hora Pico Mañana (HPM)	11-12	11-12	11-12	10-11	10-11	10-11	10-11	11-12	10-11	11-12	10-11	10-11	10-11
Hora Pico Tarde (HPT)	15-16	15-16	15-16	17-18	16-17	15-16	15-16	15-16	15-16	15-16	18-19	17-18	15-16
Número de Llamadas en la HPM	809	732	890	57	6	910	901	940	839	933	88	1	941
Número de Llamadas en la HPT	778	595	668	41	11	790	727	851	689	519	12	11	848

Tabla C.4 Intensidad de tráfico entrante de la E.P.N. del 2 de Julio de 2001

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	13	374.1	28.78	6.24
8-9	53	306.7	5.79	5.11
9-10	135	260.6	1.93	4.34
10-11	178	358.3	2.01	5.97
11-12	138	283	2.05	4.72
12-13	120	240.9	2.01	4.02
13-14	40	96.7	2.42	1.61
14-15	89	236.3	2.66	3.94
15-16	134	253.6	1.89	4.23
16-17	143	464.1	3.25	7.74
17-18	51	113.6	2.23	1.89
18-19	24	30.3	1.26	0.51
19-20	14	3.4	0.24	0.06
20-21	8	3.8	0.48	0.06
21-22	2	0.9	0.45	0.02
22-23	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0
Total	1142			

**Figura C.2** Intensidad de tráfico entrante

n = Número de Llamadas

Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.5 Intensidad de tráfico saliente de la E.P.N. del 2 de Julio de 2001

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	48	79.6	1.66	1.33
8-9	159	259.5	1.63	4.33
9-10	319	566.7	1.78	9.45
10-11	491	676.5	1.38	11.28
11-12	459	737.8	1.61	12.30
12-13	515	730.1	1.42	12.17
13-14	251	453.5	1.81	7.56
14-15	408	512.4	1.26	8.54
15-16	427	813.5	1.91	13.56
16-17	376	703.3	1.87	11.72
17-18	233	414.8	1.78	6.91
18-19	179	295.8	1.65	4.93
19-20	78	208	2.67	3.47
20-21	86	188.2	2.19	3.14
21-22	27	116.3	4.31	1.94
22-23	7	9	1.29	0.15
23-24	0	0	0	0
Total	4063			

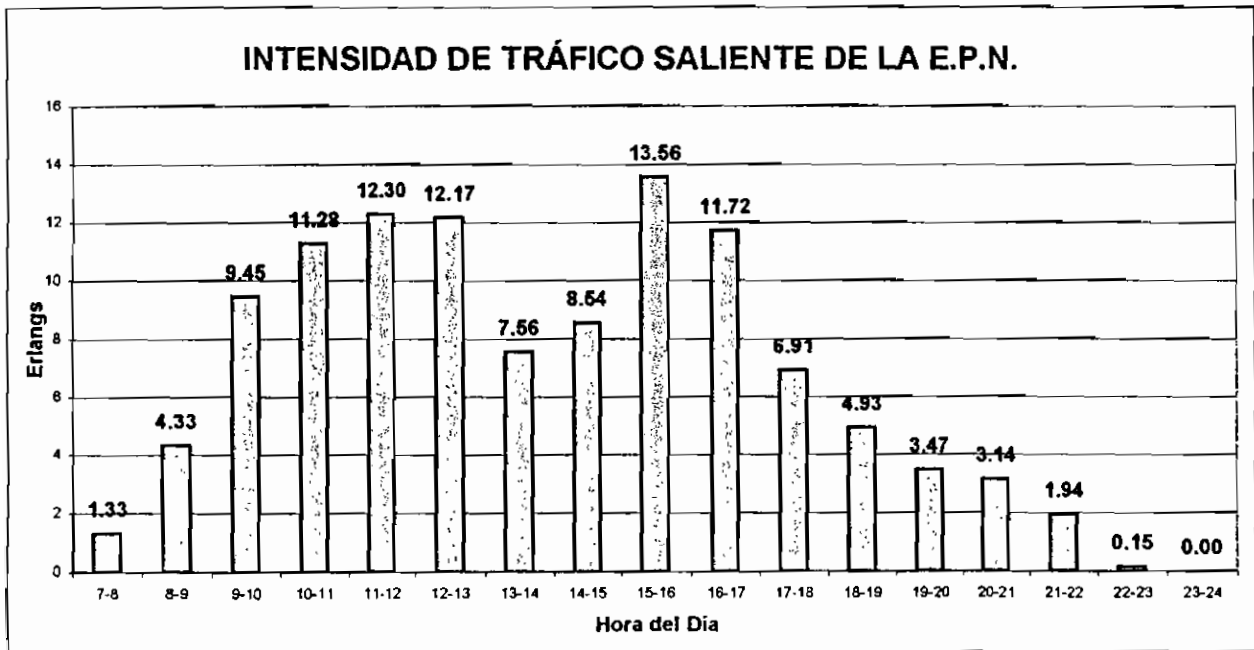


Figura C.3 Intensidad de tráfico saliente

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.6 Intensidad de tráfico interno de E.P.N. del 2 de Julio de 2001

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	11	9.7	0.88	0.16
8-9	111	116.5	1.05	1.94
9-10	259	322.8	1.25	5.38
10-11	241	253	1.05	4.22
11-12	274	334.2	1.22	5.57
12-13	219	243	1.11	4.05
13-14	50	72.7	1.45	1.21
14-15	141	163.5	1.16	2.73
15-16	229	290.5	1.27	4.84
16-17	202	301.5	1.49	5.03
17-18	87	160.9	1.85	2.68
18-19	23	32.1	1.40	0.54
19-20	6	4.6	0.77	0.08
20-21	0	0	0.00	0.00
21-22	2	1	0.50	0.02
22-23	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0
Total	1855			

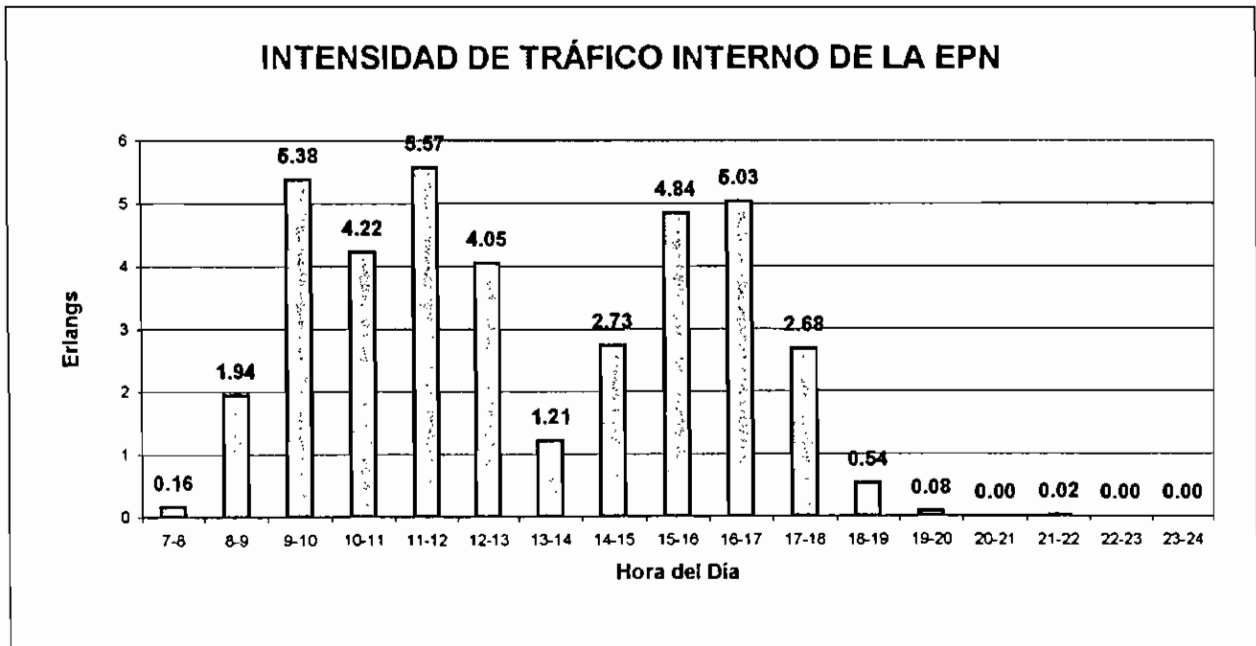


Figura C.4 Intensidad de tráfico interno

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.7 Intensidad de tráfico en la operadora de la E.P.N. del 2 de Julio de 2001

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	0	0	0.00	0.00
8-9	3	1.9	0.63	0.03
9-10	6	1.5	0.25	0.03
10-11	18	20	1.11	0.33
11-12	21	22.2	1.06	0.37
12-13	10	11	1.10	0.18
13-14	8	7	0.88	0.12
14-15	11	6.8	0.62	0.11
15-16	11	10.4	0.95	0.17
16-17	19	6.8	0.36	0.11
17-18	0	0	0.00	0.00
18-19	0	0	0.00	0.00
19-20	0	0	0.00	0.00
20-21	0	0	0.00	0.00
21-22	0	0	0.00	0.00
22-23	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0
Total	107			

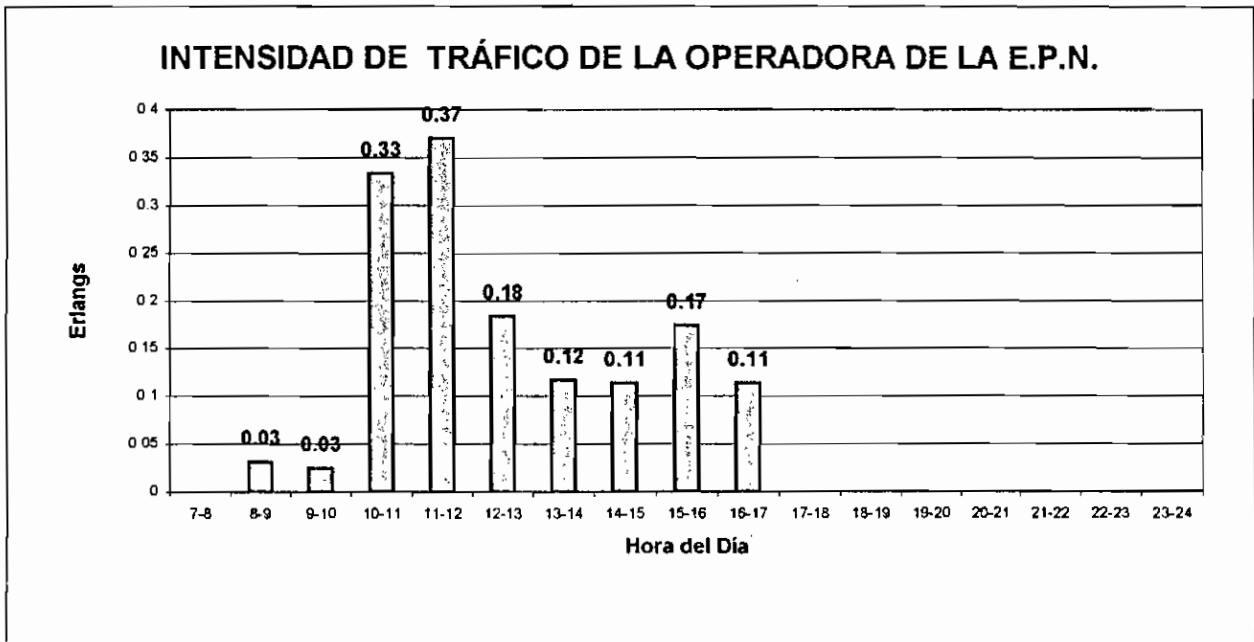


Figura C.5 Intensidad de tráfico de la operadora

n = Número de Llamadas

Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.8. Intensidad de tráfico entrante más saliente de la E.P.N. del 2 de Julio de 2001

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	61	453.7	7.44	7.56
8-9	212	566.2	2.67	9.44
9-10	454	827.3	1.82	13.79
10-11	669	1034.8	1.55	17.25
11-12	597	1020.8	1.71	17.01
12-13	635	971.0	1.53	16.18
13-14	291	550.2	1.89	9.17
14-15	497	748.7	1.51	12.48
15-16	561	1067.1	1.90	17.79
16-17	519	1167.4	2.25	19.46
17-18	284	528.4	1.86	8.81
18-19	203	326.1	1.61	5.44
19-20	92	211.4	2.30	3.52
20-21	94	192.0	2.04	3.20
21-22	29	117.2	4.04	1.95
22-23	7	9.0	1.29	0.15
23-24	0	0.0	0.00	0.00
Total	5205			

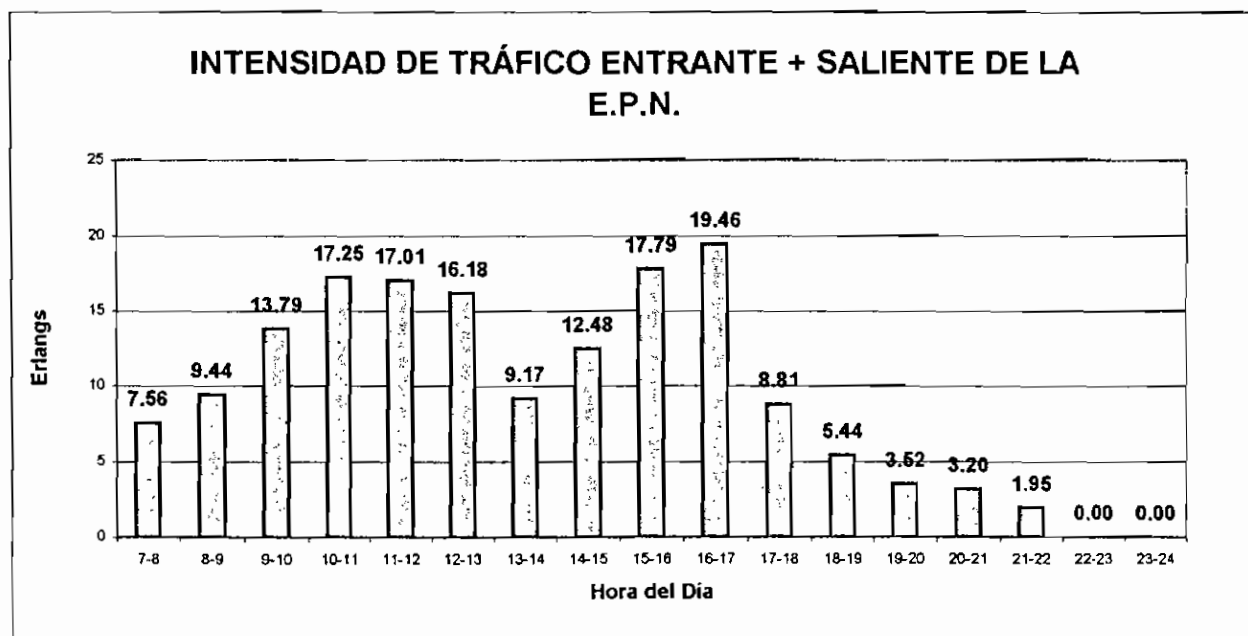


Figura C.6 Intensidad de tráfico de tráfico entrante más saliente

n = Número de Llamadas

Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.9 Estimación de tráfico entrante a 5 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	22	510.65	23.35	8.51
8-9	89	472.28	5.30	7.87
9-10	227	515.25	2.27	8.59
10-11	299	698.78	2.33	11.65
11-12	232	548.64	2.36	9.14
12-13	202	470.23	2.33	7.84
13-14	67	178.41	2.65	2.97
14-15	150	424.88	2.84	7.08
15-16	225	504.74	2.24	8.41
16-17	241	794.21	3.30	13.24
17-18	86	214.66	2.50	3.58
18-19	40	70.43	1.74	1.17
19-20	24	22.22	0.94	0.37
20-21	13	15.15	1.13	0.25
21-22	3	3.72	1.11	0.06
22-23	0	0.00	0.00	0.00
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	1921			

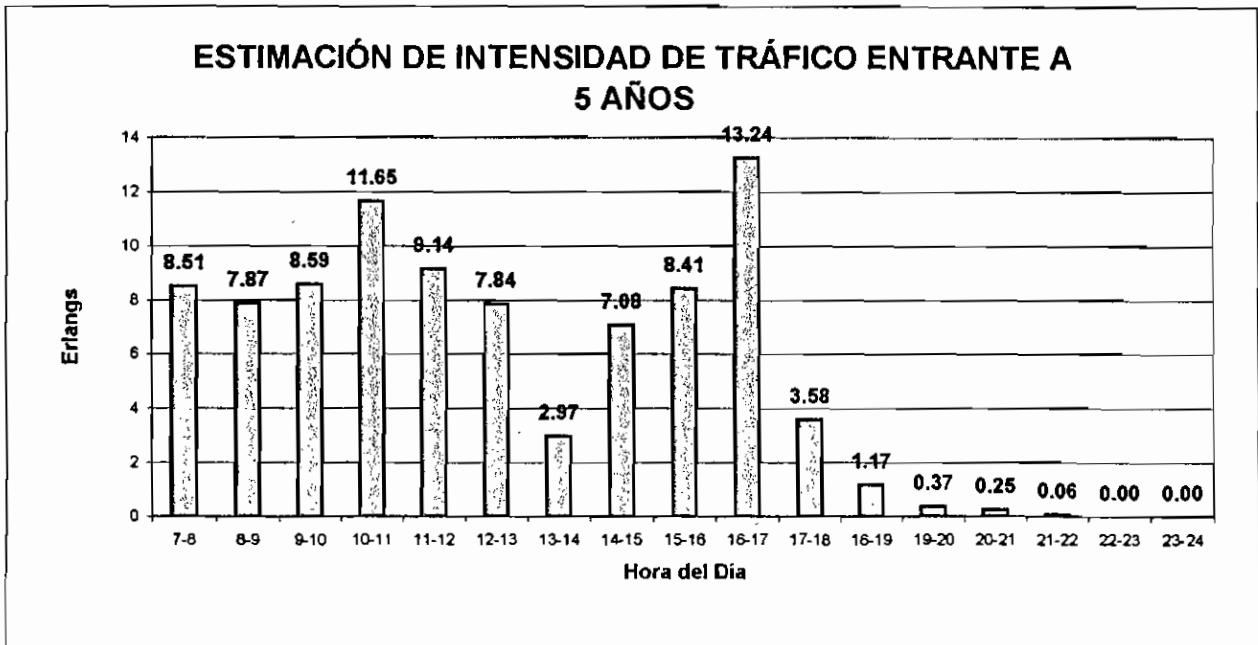


Figura C.7 Intensidad de tráfico de tráfico entrante en 5 años

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.10 Estimación de tráfico saliente a 5 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	79	142.03	1.80	2.30
8-9	262	465.06	1.78	7.54
9-10	525	992.88	1.89	16.09
10-11	809	1274.01	1.58	20.64
11-12	756	1327.84	1.76	21.52
12-13	848	1362.95	1.61	22.09
13-14	413	791.10	1.91	12.82
14-15	672	994.05	1.48	16.11
15-16	703	1400.37	1.99	22.69
16-17	619	1216.18	1.96	19.71
17-18	384	726.35	1.89	11.77
18-19	295	528.31	1.79	8.56
19-20	128	332.94	2.59	5.40
20-21	142	313.67	2.21	5.08
21-22	44	172.78	3.89	2.80
22-23	12	17.33	1.50	0.28
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	6692			

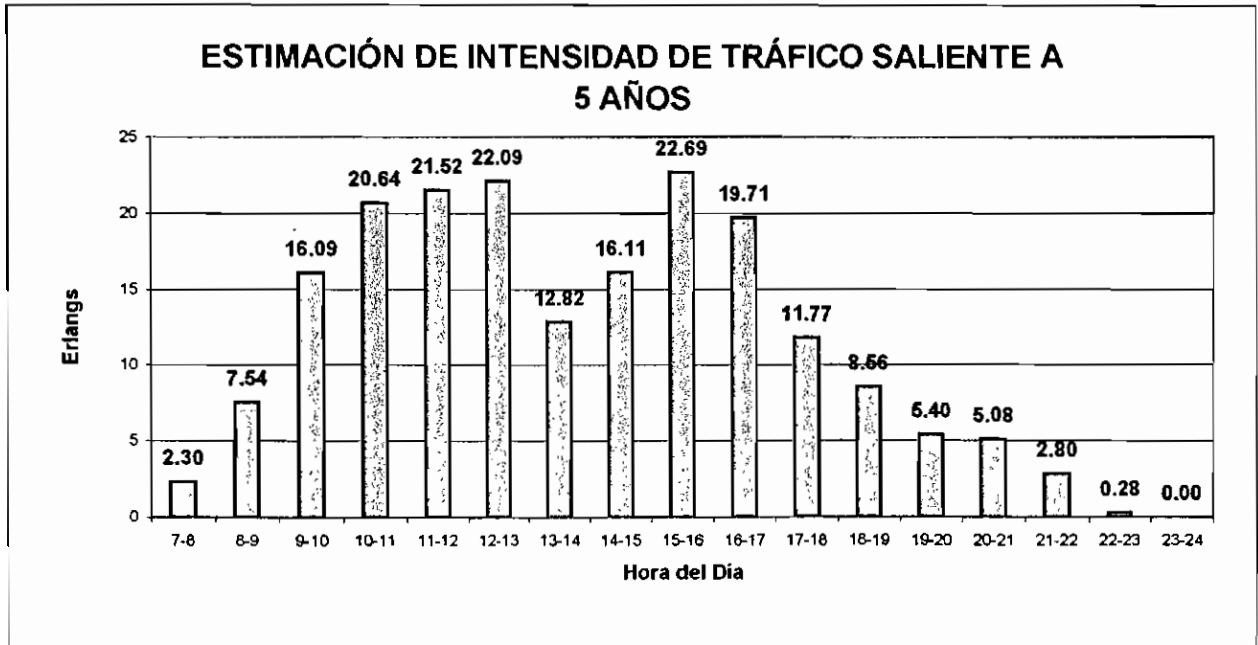


Figura C.8 Intensidad de tráfico de tráfico saliente en 5 años

n = Número de Llamadas

Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.11 Estimación de tráfico interno a 5 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	21	20.22	0.98	0.34
8-9	208	229.09	1.10	3.80
9-10	485	603.01	1.24	10.00
10-11	452	497.48	1.10	8.25
11-12	513	628.14	1.22	10.41
12-13	410	469.66	1.14	7.79
13-14	94	130.36	1.39	2.16
14-15	264	311.85	1.18	5.17
15-16	429	540.01	1.26	8.95
16-17	379	537.13	1.42	8.91
17-18	163	273.04	1.67	4.53
18-19	43	58.16	1.35	0.96
19-20	11	10.10	0.90	0.17
20-21	0	0.00	0.00	0.00
21-22	4	2.65	0.71	0.04
22-23	0	0.00	0.00	0.00
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	3476			

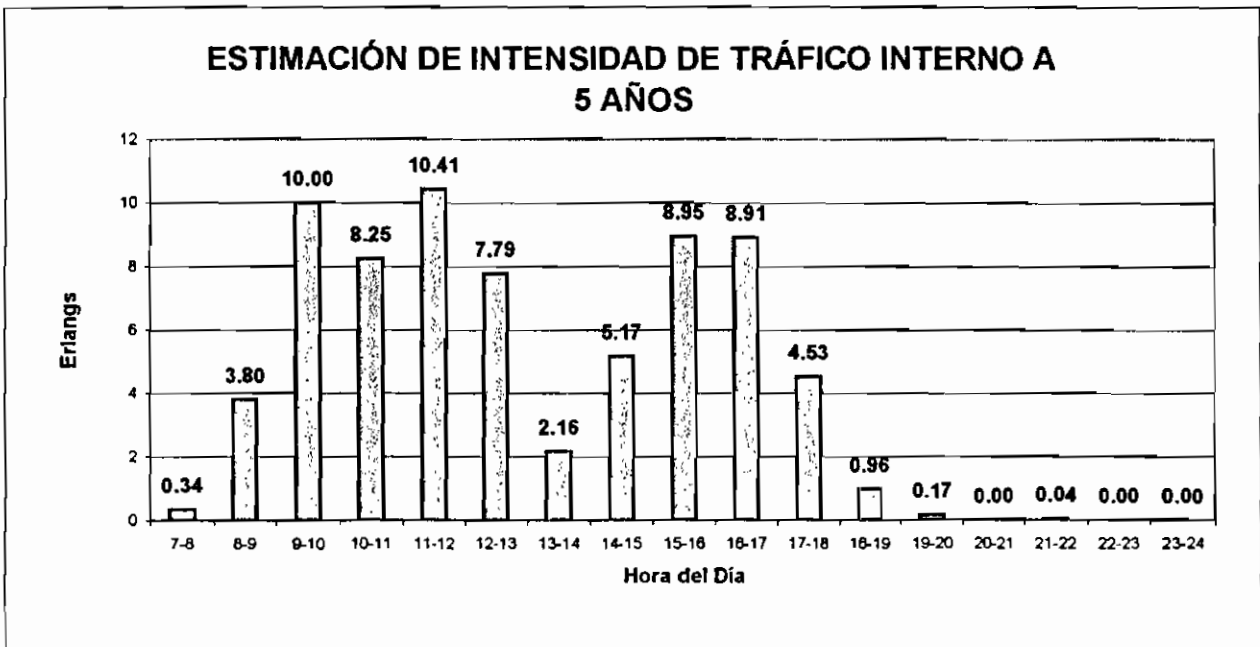
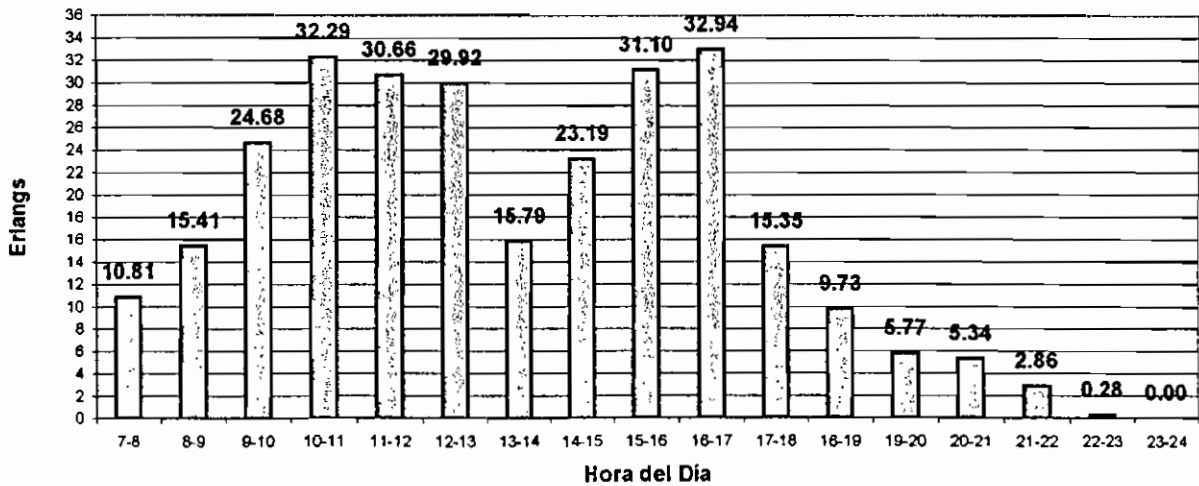


Figura C.9 Intensidad de tráfico de tráfico interno en 5 años

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.12 Estimación de intensidad de tráfico entrante más saliente a 5 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	101	652.69	6.47	10.88
8-9	351	937.35	2.67	15.62
9-10	753	1508.13	2.00	25.14
10-11	1108	1972.78	1.78	32.88
11-12	988	1876.48	1.90	31.27
12-13	1050	1833.17	1.75	30.55
13-14	481	969.51	2.02	16.16
14-15	822	1418.93	1.73	23.65
15-16	929	1905.11	2.05	31.75
16-17	860	2010.39	2.34	33.51
17-18	470	941.01	2.00	15.68
18-19	335	598.74	1.79	9.98
19-20	152	355.17	2.34	5.92
20-21	155	328.83	2.12	5.48
21-22	48	176.50	3.69	2.94
22-23	12	17.33	1.50	0.29
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	8613			

ESTIMACIÓN DE TRÁFICO ENTRANTE + SALIENTE A 5 AÑOS**Figura C.10** Intensidad de tráfico de tráfico saliente más entrante en 5 años

n = Número de Llamadas

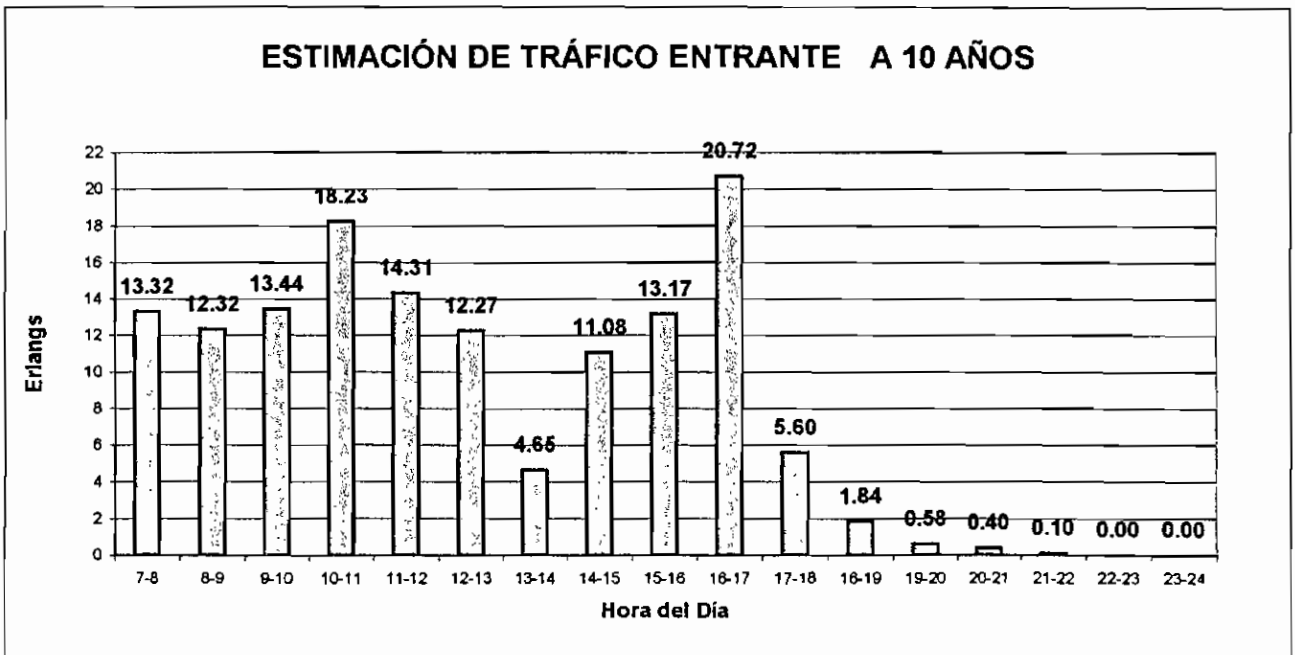
Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.13 Estimación de intensidad de tráfico entrante a 10 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	32	799.19	24.90	13.32
8-9	131	739.14	5.65	12.32
9-10	333	806.38	2.42	13.44
10-11	439	1093.61	2.49	18.23
11-12	341	858.64	2.52	14.31
12-13	296	735.92	2.48	12.27
13-14	99	279.21	2.83	4.65
14-15	220	664.96	3.03	11.08
15-16	331	789.93	2.39	13.17
16-17	353	1242.96	3.52	20.72
17-18	126	335.96	2.67	5.60
18-19	59	110.22	1.86	1.84
19-20	35	34.78	1.01	0.58
20-21	20	23.71	1.20	0.40
21-22	5	5.83	1.18	0.10
22-23	0	0.00	0.00	0.00
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	2819			

**Figura C.11** Intensidad de tráfico de tráfico entrante en 10 años

n = Número de Llamadas

Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos

Tp = Tiempo Promedio en Minutos

A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.14 Estimación de intensidad de tráfico saliente a 10 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	114	211.26	1.85	3.52
8-9	378	691.73	1.83	11.53
9-10	758	1476.79	1.95	24.61
10-11	1167	1894.94	1.62	31.58
11-12	1091	1975.01	1.81	32.92
12-13	1224	2027.22	1.66	33.79
13-14	596	1176.67	1.97	19.61
14-15	969	1478.53	1.53	24.64
15-16	1014	2082.89	2.05	34.71
16-17	893	1808.93	2.02	30.15
17-18	554	1080.36	1.95	18.01
18-19	425	785.81	1.85	13.10
19-20	185	495.21	2.67	8.25
20-21	204	466.55	2.28	7.78
21-22	64	256.99	4.01	4.28
22-23	17	25.77	1.55	0.43
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	9653			

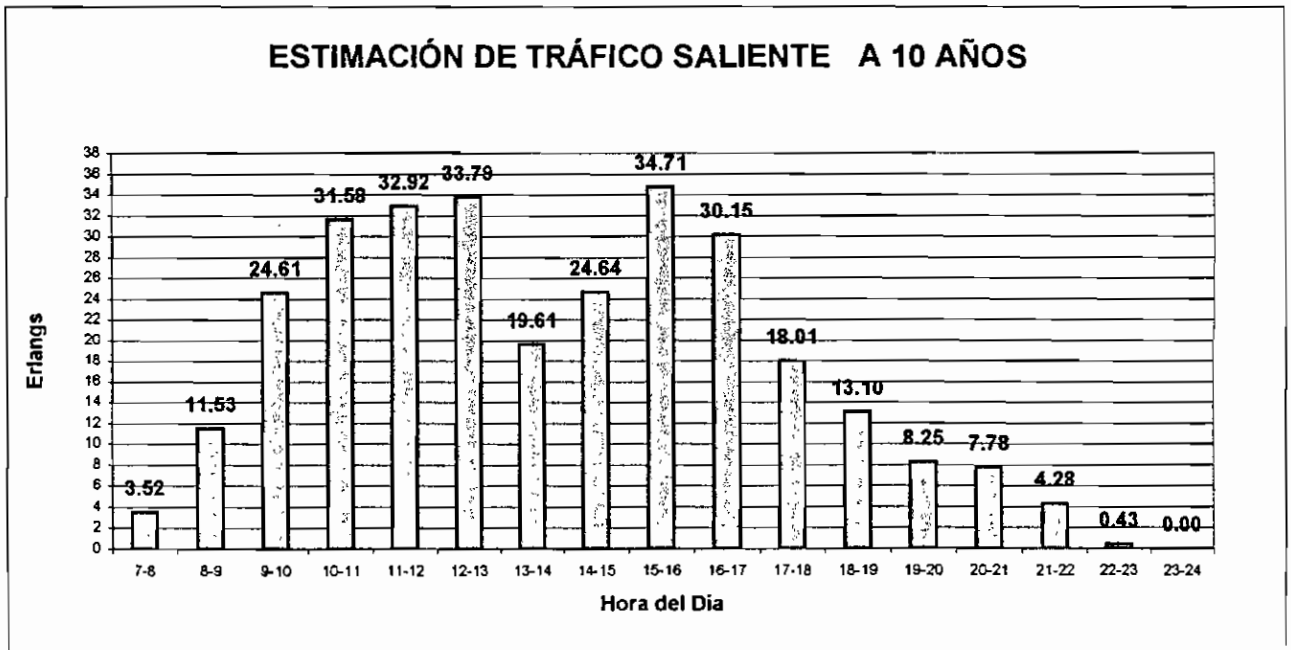


Figura C.12 Intensidad de tráfico de tráfico saliente en 10 años

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.15 Estimación de intensidad de tráfico interno a 10 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	31	30.18	0.99	0.50
8-9	309	341.91	1.11	5.70
9-10	721	899.97	1.25	15.00
10-11	671	742.46	1.11	12.37
11-12	763	937.46	1.23	15.62
12-13	610	700.94	1.15	11.68
13-14	139	194.56	1.40	3.24
14-15	393	465.42	1.19	7.76
15-16	638	805.93	1.26	13.43
16-17	562	801.63	1.43	13.36
17-18	242	407.50	1.68	6.79
18-19	64	86.81	1.36	1.45
19-20	17	15.08	0.90	0.25
20-21	0	0.00	0.00	0.00
21-22	6	3.96	0.71	0.07
22-23	0	0.00	0.00	0.00
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	5165			

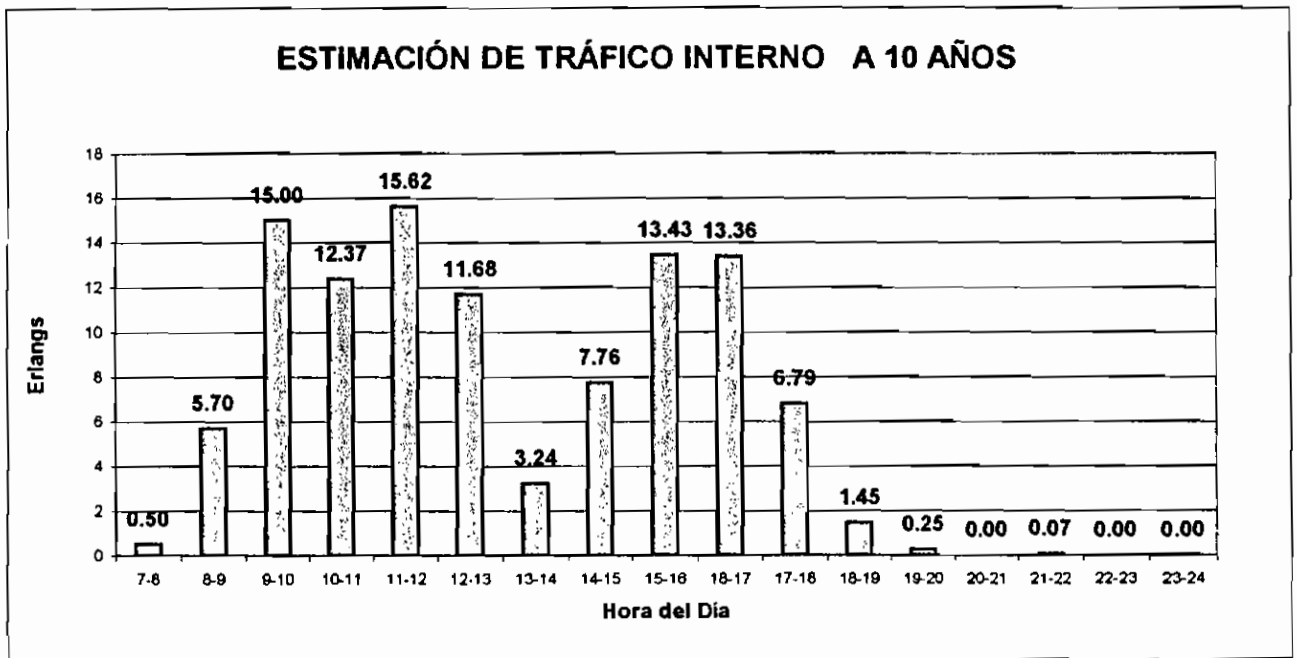


Figura C.13 Intensidad de tráfico de tráfico interno en 10 años

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.16 Estimación de intensidad de tráfico entrante más saliente a 10 años

Hora	n	Tt	Tp	A
7-8	146	1010.45	6.91	16.84
8-9	509	1430.87	2.81	23.85
9-10	1091	2283.17	2.09	38.05
10-11	1606	2988.55	1.86	49.81
11-12	1431	2833.65	1.98	47.23
12-13	1520	2763.14	1.82	46.05
13-14	695	1455.88	2.09	24.26
14-15	1189	2143.49	1.80	35.72
15-16	1345	2872.82	2.14	47.88
16-17	1246	3051.89	2.45	50.86
17-18	679	1416.31	2.08	23.61
18-19	485	896.02	1.85	14.93
19-20	220	529.99	2.41	8.83
20-21	224	490.27	2.19	8.17
21-22	69	262.81	3.80	4.38
22-23	17	25.77	1.55	0.43
23-24	0	0.00	0.00	0.00
Total	12472			

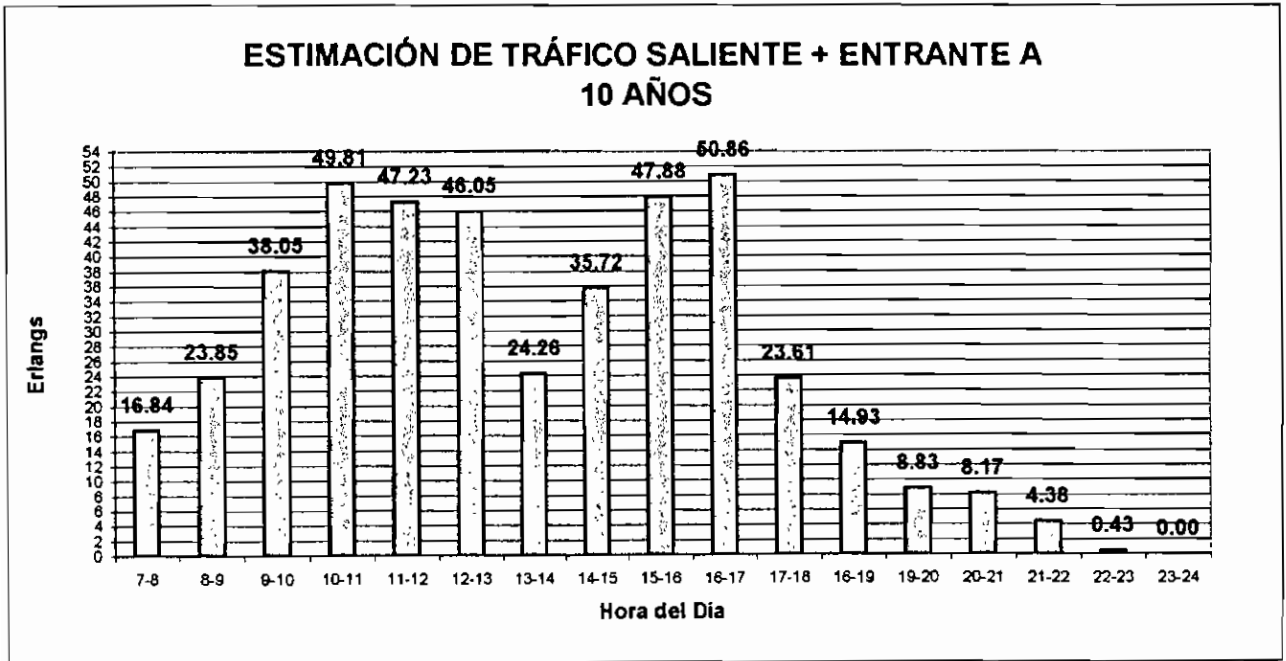


Figura C.14 Intensidad de tráfico de tráfico entrante más saliente en 10 años

n = Número de Llamadas
 Tt = Duración de Todas las Llamadas en Minutos
 Tp = Tiempo Promedio en Minutos
 A = Tráfico Telefónico en Erlangs

Tabla C.17 Estimación actual de la capacidad de canal para el tráfico saliente más entrante por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias	Ing. Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petróleos	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Ex - Inst. de Tecnólogos	Posgrado Gerencia
7-8	0.01	0.29	0.09	0.22	0.13	2.42	0.07	0.00	2.37	0.00	0.00	1.96	0.00
8-9	0.01	1.87	0.07	0.15	0.57	1.11	0.28	0.18	0.15	4.01	0.02	0.81	0.18
9-10	0.17	2.26	0.77	0.97	1.60	1.99	0.41	0.54	2.15	0.96	0.12	0.84	0.97
10-11	0.30	3.83	0.83	0.46	1.39	1.16	0.51	1.29	1.44	0.95	2.45	0.41	1.89
11-12	0.06	3.09	0.56	0.63	1.32	1.47	0.71	1.31	3.71	0.84	0.76	1.06	1.36
12-13	0.31	3.44	0.91	0.61	1.49	1.60	1.77	0.83	1.67	0.68	0.21	1.45	1.04
13-14	0.04	1.25	0.58	0.39	0.99	0.71	2.75	0.37	0.42	0.37	0.20	0.42	0.66
14-15	0.22	2.70	0.76	1.05	0.88	1.76	0.30	1.72	0.86	0.44	0.21	0.67	0.81
15-16	0.24	2.75	0.66	0.56	1.61	2.40	2.02	0.31	2.72	1.76	0.48	0.93	1.26
16-17	0.04	3.35	0.30	0.38	1.44	0.74	1.27	1.38	6.56	1.04	0.97	0.84	1.05
17-18	0.02	2.10	0.24	0.09	0.94	0.85	0.34	0.74	1.16	0.79	0.30	0.62	0.62
18-19	0.00	0.78	0.42	0.17	0.82	0.61	0.42	0.11	1.47	0.19	0.18	0.09	0.20
19-20	0.00	0.30	0.13	0.10	0.38	1.17	0.31	0.49	0.48	0.04	0.07	0.02	0.04
20-21	0.00	0.08	0.56	0.41	0.10	0.65	0.63	0.00	0.58	0.02	0.05	0.01	0.13
21-22	0.00	0.17	0.00	0.20	0.03	0.39	0.12	0.37	0.00	0.00	0.05	0.00	0.63
22-23	0.00	0.00	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.08	1.66	0.41	0.38	0.80	1.12	0.70	0.57	1.51	0.71	0.36	0.59	0.64
Promedio 2	0.13	2.45	0.53	0.50	1.12	1.47	0.95*	0.79	2.11*	1.08	0.52	0.91	0.89
Pico Max	0.31	3.83	0.91	1.05	1.61	2.42	2.75	1.72	6.56	4.01	2.45	1.96	1.89
Número de Canales de Voz	3	10	5	5	6	7	8	6	13	10	7	7	6
G.729	0.094	0.312	0.156	0.156	0.187	0.218	0.250	0.187	0.406	0.312	0.218	0.218	0.187
G.723.1 (5.3Kbps)	0.062	0.208	0.104	0.104	0.125	0.145	0.166	0.125	0.270	0.208	0.145	0.145	0.125
G.723.1 (6.3Kbps)	0.065	0.218	0.109	0.109	0.131	0.152	0.174	0.131	0.283	0.218	0.152	0.152	0.131
Número de Extensiones	8	67	13	13	26	47	14	28	35	30	7	28	5

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs

Promedio 2 considera el tráfico en erlangs de las primeras 11 horas

* Se toman estos valores para la determinación del número de canales, puesto que los picos se consideran eventuales

Tabla C.18 Estimación actual de la capacidad de canal para tráfico interno por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias	Ingeniería Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petróleos	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Ex - Inst. de Tecnólogos	Posgrado Gerencia
7-8	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
8-9	0.00	0.82	0.03	0.06	0.23	0.26	0.05	0.12	0.10	0.22	0.00	0.07	0.00
9-10	0.31	1.15	0.13	0.10	0.66	1.11	0.09	0.33	0.47	0.57	0.28	0.10	0.09
10-11	0.14	0.90	0.30	0.46	0.51	0.47	0.13	0.09	0.28	0.43	0.07	0.41	0.05
11-12	0.08	1.95	0.18	0.06	0.83	0.35	0.15	0.34	0.24	0.60	0.32	0.43	0.05
12-13	0.12	0.90	0.13	0.17	0.72	0.58	0.21	0.29	0.19	0.23	0.16	0.32	0.04
13-14	0.02	0.20	0.08	0.12	0.40	0.10	0.00	0.02	0.05	0.06	0.00	0.12	0.05
14-15	0.09	0.82	0.20	0.04	0.17	0.59	0.09	0.14	0.14	0.22	0.15	0.07	0.01
15-16	0.04	1.54	0.34	0.07	0.39	0.80	0.19	0.13	0.38	0.63	0.16	0.13	0.04
16-17	0.01	1.51	0.01	0.09	0.37	0.79	0.10	0.23	0.45	0.56	0.14	0.57	0.21
17-18	0.02	0.95	0.11	0.01	0.15	0.15	0.00	0.00	0.37	0.47	0.08	0.38	0.01
18-19	0.00	0.12	0.01	0.00	0.12	0.04	0.00	0.00	0.08	0.16	0.00	0.00	0.01
19-20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
20-21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
22-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.05	0.64	0.09	0.07	0.27	0.31	0.06	0.10	0.16	0.24	0.08	0.15	0.03
Promedio 2	0.08	0.98	0.14	0.11	0.41	0.48	0.09	0.15	0.24	0.36	0.12	0.24	0.05
Pico Max	0.31	1.95	0.34	0.46	0.83	1.11	0.21	0.34	0.47	0.63	0.32	0.57	0.21
Número de Canales de Voz	3	7	3	4	4	5	3	3	4	4	3	4	3
G.729	0.094	0.218	0.094	0.125	0.125	0.156	0.094	0.094	0.125	0.125	0.094	0.125	0.094
G.723.1 (5.3Kbps)	0.062	0.145	0.062	0.083	0.083	0.104	0.062	0.062	0.083	0.083	0.062	0.083	0.062
G.723.1 (6.3Kbps)	0.065	0.152	0.065	0.087	0.087	0.109	0.065	0.065	0.087	0.087	0.065	0.087	0.065

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs
 Promedio 2 considera el tráfico en erlangs de las primeras 11 horas

Tabla C.19 Estimación a 5 años de la capacidad de canal para tráfico saliente más entrante por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias	Ingeniería Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petróleos	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Ex - Inst. de Tecnólogos	Posgrado Gerencia
7-8	0.02	0.39	0.14	0.39	0.20	2.63	0.11	0.00	2.71	0.00	0.00	2.38	0.00
8-9	0.02	2.56	0.11	0.27	0.90	1.20	0.47	0.24	0.17	4.67	0.04	0.98	0.50
9-10	0.28	3.10	1.19	1.72	2.52	2.16	0.67	0.73	2.46	1.14	0.23	1.02	2.72
10-11	0.44	5.27	1.28	0.81	2.19	1.28	0.84	1.75	1.65	1.10	4.56	0.49	5.30
11-12	0.09	4.24	0.87	1.12	2.09	1.60	1.16	1.77	4.24	0.97	1.41	1.28	3.80
12-13	0.47	4.73	1.41	1.07	2.34	1.74	2.91	1.13	1.90	0.79	0.39	1.76	2.90
13-14	0.06	1.71	0.88	0.69	1.56	0.77	4.52	0.50	0.48	0.44	0.37	0.51	1.83
14-15	0.33	3.71	1.17	1.86	1.39	1.91	0.49	2.33	0.96	0.52	0.39	0.81	2.27
15-16	0.36	3.78	1.02	0.98	2.54	2.60	3.32	0.42	3.11	2.05	0.90	1.13	3.53
16-17	0.06	4.60	0.47	0.68	2.28	0.80	2.09	1.87	7.49	1.22	1.61	1.02	2.95
17-18	0.03	2.89	0.37	0.16	1.48	0.92	0.56	1.00	1.32	0.92	0.56	0.75	1.74
18-19	0.00	1.08	0.64	0.30	1.29	0.66	0.68	0.15	1.68	0.22	0.33	0.10	0.56
19-20	0.00	0.41	0.20	0.17	0.60	1.27	0.50	0.67	0.54	0.05	0.14	0.03	0.11
20-21	0.00	0.10	0.85	0.73	0.16	0.70	1.03	0.00	0.66	0.02	0.08	0.01	0.36
21-22	0.00	0.23	0.00	0.36	0.04	0.42	0.19	0.51	0.00	0.00	0.10	0.00	1.75
22-23	0.00	0.00	0.18	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.13	2.28	0.63	0.67	1.27	1.21	1.15	0.77	1.73	0.83	0.66	0.72	1.78
Promedio 2	0.19	3.36	0.81	0.89	1.77	1.60	1.56	1.07	2.41	1.26	0.97	1.10	2.50
Pico Max	0.47	5.27	1.41	1.86	2.54	2.63	4.52	2.33	7.49	4.67	4.56	2.38	5.30
Número de Canales de Voz	4	12	6	6	8	8	11	7	15	11	11	7	12
AB. G.729	0.125	0.374	0.187	0.187	0.250	0.250	0.343	0.218	0.468	0.343	0.343	0.218	0.374
AB.G.723.1 (5.3Kbps)	0.083	0.249	0.125	0.125	0.166	0.166	0.228	0.145	0.312	0.228	0.228	0.145	0.249
AB.G.723.1 (6.3Kbps)	0.087	0.261	0.131	0.131	0.174	0.174	0.239	0.152	0.327	0.239	0.239	0.152	0.261
Número de Extensiones	12	92	20	23	41	51	23	38	40	35	13	34	14

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs
Promedio 2 considera el tráfico en erlangs de las primeras 11 horas

Tabla C.20 Estimación a 5 años de la capacidad de canal para tráfico interno por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias	Ingeniería Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petróleos	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Ex - Inst. de Tecnólogos	Posgrado Gerencia
7-8	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06	0.06	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
8-9	0.00	1.13	0.04	0.10	0.36	0.28	0.09	0.16	0.11	0.25	0.00	0.08	0.00
9-10	0.47	1.58	0.20	0.17	1.04	1.20	0.15	0.44	0.54	0.66	0.52	0.12	0.25
10-11	0.21	1.23	0.46	0.81	0.80	0.51	0.21	0.13	0.31	0.50	0.12	0.50	0.14
11-12	0.12	2.68	0.28	0.11	1.30	0.37	0.24	0.45	0.28	0.70	0.60	0.52	0.14
12-13	0.18	1.23	0.19	0.31	1.14	0.63	0.35	0.40	0.22	0.26	0.29	0.39	0.12
13-14	0.03	0.27	0.12	0.22	0.62	0.11	0.00	0.02	0.06	0.07	0.00	0.15	0.14
14-15	0.14	1.13	0.31	0.06	0.26	0.64	0.15	0.19	0.16	0.25	0.28	0.08	0.04
15-16	0.07	2.11	0.52	0.12	0.62	0.87	0.31	0.17	0.44	0.74	0.29	0.16	0.12
16-17	0.01	2.08	0.01	0.16	0.59	0.85	0.16	0.31	0.51	0.66	0.27	0.69	0.57
17-18	0.02	1.30	0.17	0.01	0.24	0.16	0.00	0.00	0.42	0.54	0.15	0.46	0.03
18-19	0.00	0.17	0.01	0.00	0.19	0.04	0.00	0.00	0.09	0.18	0.00	0.00	0.04
19-20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
20-21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
22-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.07	0.88	0.14	0.12	0.43	0.34	0.10	0.13	0.19	0.28	0.15	0.19	0.09
Promedio 2	0.11	1.34	0.21	0.19	0.64	0.52	0.15	0.21	0.28	0.42	0.23	0.29	0.14
Pico Max	0.47	2.68	0.52	0.81	1.30	1.20	0.35	0.45	0.54	0.74	0.60	0.69	0.57
Número de Canales de Voz	4	8	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4	4
AB. G.729	0.12	0.25	0.12	0.12	0.16	0.16	0.09	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
AB.G.723.1 (5.3Kbps)	0.08	0.17	0.08	0.08	0.10	0.10	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
AB.G.723.1 (6.3Kbps)	0.09	0.17	0.09	0.09	0.11	0.11	0.07	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs
 Promedio 2 considera el tráfico erlangs de las primeras 11 horas

Tabla C.21 Estimación a 10 años de la capacidad de canal para tráfico saliente más entrante por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, Geofísico, CEC, Ciencias	Ingeniería Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petróleos	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Ex - Inst. de Tecnólogos	Posgrado Gerencia
7-8	0.05	0.49	0.29	0.63	0.34	3.71	0.18	0.00	3.52	0.00	0.00	3.50	0.00
8-9	0.05	3.23	0.23	0.43	1.54	1.69	0.73	0.34	0.22	7.35	0.08	1.45	1.14
9-10	0.69	3.91	2.43	2.77	4.30	3.05	1.05	1.02	3.20	1.79	0.42	1.49	6.22
10-11	1.18	6.64	2.63	1.30	3.75	1.77	1.32	2.44	2.14	1.74	8.41	0.72	12.12
11-12	0.23	5.35	1.78	1.80	3.56	2.25	1.81	2.47	5.51	1.53	2.60	1.88	8.69
12-13	1.25	5.96	2.88	1.72	4.00	2.45	4.55	1.57	2.48	1.24	0.72	2.59	6.62
13-14	0.15	2.16	1.81	1.11	2.66	1.08	7.07	0.70	0.63	0.68	0.69	0.74	4.19
14-15	0.88	4.68	2.40	2.99	2.37	2.70	0.76	3.25	1.27	0.81	0.72	1.19	5.19
15-16	0.97	4.77	2.09	1.58	4.34	3.67	5.20	0.58	4.04	3.22	1.66	1.65	8.06
16-17	0.16	5.80	0.96	1.09	3.89	1.13	3.27	2.61	9.74	1.91	3.34	1.50	6.74
17-18	0.07	3.64	0.77	0.26	2.52	1.29	0.88	1.39	1.72	1.44	1.03	1.10	3.98
18-19	0.00	1.36	1.31	0.48	2.20	0.93	1.07	0.21	2.19	0.34	0.61	0.15	1.28
19-20	0.00	0.51	0.41	0.28	1.02	1.79	0.79	0.93	0.71	0.07	0.25	0.04	0.26
20-21	0.00	0.13	1.75	1.18	0.27	0.99	1.61	0.00	0.86	0.04	0.15	0.01	0.83
21-22	0.00	0.29	0.00	0.58	0.08	0.59	0.30	0.71	0.00	0.00	0.18	0.00	4.00
22-23	0.00	0.00	0.38	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.33	2.88	1.30	1.07	2.17	1.71	1.80	1.07	2.25	1.30	1.23	1.06	4.08
Promedio 2	0.52	4.24	1.66	1.43	3.02	2.26	2.44	1.49	3.13	1.97	1.79	1.62	5.72
Pico Max	1.25	6.64	2.88	2.99	4.34	3.71	7.07	3.25	9.74	7.35	8.41	3.50	12.12
Número de Canales de Voz	5	14	8	8	10	9	14	9	18	14	16	9	12
AB. G.729	0.156	0.437	0.250	0.250	0.312	0.281	0.437	0.281	0.562	0.437	0.499	0.281	0.374
AB.G.723.1 (5.3Kbps)	0.104	0.291	0.166	0.166	0.208	0.187	0.291	0.187	0.374	0.291	0.332	0.187	0.249
AB.G.723.1 (6.3Kbps)	0.109	0.305	0.174	0.174	0.218	0.196	0.305	0.196	0.392	0.305	0.348	0.196	0.261
Número de Extensiones	32	116	41	37	70	72	36	53	52	55	24	50	32

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs
 Promedio 2 considera el tráfico en erlangs de las primeras 11 horas

Tabla C.22 Estimación a 10 años de la capacidad de canal para tráfico interno por dependencia de la E.P.N.

Hora	Abast.	Ad. Central, Ciencias	Ex - ICB	Hidráulica, Casa Mata	Ingeniería Civil, geofísico, CEC, Ciencias	Ingeniería Eléctrica	Ing. en Geología Minas y Petroleo	Ing. Sistemas, Bienestar Estudiantil	Ing. Mecánica	Ing. Química	Instituto Tecnológico	Inst. de Tecnólogos	Postgrado Gerencia
7-8	0.00	0.07	0.00	0.00	0.11	0.08	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
8-9	0.00	1.42	0.09	0.16	0.62	0.40	0.14	0.22	0.14	0.40	0.00	0.12	0.00
9-10	1.25	1.99	0.41	0.28	1.78	1.70	0.24	0.62	0.70	1.04	0.96	0.18	0.58
10-11	0.56	1.55	0.95	1.30	1.37	0.72	0.33	0.18	0.41	0.78	0.23	0.74	0.33
11-12	0.32	3.38	0.57	0.18	2.22	0.53	0.37	0.63	0.36	1.11	1.10	0.76	0.33
12-13	0.47	1.55	0.39	0.49	1.94	0.89	0.54	0.55	0.28	0.41	0.53	0.57	0.27
13-14	0.08	0.34	0.25	0.35	1.07	0.15	0.00	0.03	0.07	0.11	0.00	0.22	0.33
14-15	0.37	1.42	0.63	0.10	0.45	0.90	0.23	0.27	0.21	0.40	0.51	0.12	0.09
15-16	0.17	2.67	1.06	0.19	1.06	1.23	0.49	0.24	0.57	1.16	0.54	0.23	0.27
16-17	0.03	2.62	0.02	0.26	1.00	1.20	0.24	0.43	0.67	1.03	0.49	1.01	1.31
17-18	0.06	1.64	0.34	0.02	0.40	0.23	0.00	0.00	0.54	0.86	0.27	0.68	0.06
18-19	0.00	0.22	0.02	0.00	0.32	0.06	0.00	0.00	0.12	0.29	0.00	0.00	0.09
19-20	0.00	0.02	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
20-21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
22-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio 1	0.19	1.11	0.28	0.20	0.73	0.48	0.15	0.19	0.24	0.45	0.27	0.27	0.21
Promedio 2	0.30	1.69	0.43	0.30	1.09	0.73	0.24	0.29	0.36	0.66	0.42	0.42	0.32
Pico Max	1.25	3.38	1.06	1.30	2.22	1.70	0.54	0.63	0.70	1.16	1.10	1.01	1.31
Número de Canales de Voz	5	9	5	5	7	6	4	4	4	5	5	5	5
AB. G.729	0.156	0.281	0.156	0.156	0.218	0.187	0.125	0.125	0.125	0.156	0.156	0.156	0.156
AB.G.723.1 (5.3Kbps)	0.104	0.187	0.104	0.104	0.145	0.125	0.083	0.083	0.083	0.104	0.104	0.104	0.104
AB.G.723.1 (6.3Kbps)	0.109	0.196	0.109	0.109	0.152	0.131	0.087	0.087	0.087	0.109	0.109	0.109	0.109

Nota: Promedio 1 considera todo el tráfico en erlangs
 Promedio 2 considera el tráfico en erlangs de las primeras 11 horas

Teléfono IP

Cisco 7940

Los teléfonos IP de segunda generación de Cisco traen la tecnología más avanzada a los productos de comunicaciones de voz. Cisco Systems, líder mundial de redes para Internet, ofrece ahora nuevas oportunidades para la rápida instalación de aplicaciones de voz clásicas y del Nuevo Mundo al presentar instrumentos de voz de alta calidad que utilizan la tecnología de transporte IP. A través de ellos se consigue la integración de voz y datos en una sola infraestructura de red que incluye una sola planta de cable, un solo tejido de conmutación Ethernet para oficinas centrales o sucursales y sistemas unificados para el funcionamiento, la administración y la gestión (O&M) de datos y voz.

El teléfono IP de Cisco es un dispositivo de comunicaciones basado en estándares. El modelo Cisco 7940 es un teléfono IP de segunda generación con todo tipo de características para usuarios con un tráfico de nivel bajo a mediano que necesitan un mínimo de números de directorios. Proporciona dos botones de línea y característica programables capaces de realizar cuatro llamadas simultáneas y cuatro teclas de software interactivas que guían al usuario a través de las características y funciones de las llamadas. También cuenta con una gran pantalla LCD basada en píxeles. Esta pantalla muestra la fecha y la hora, el nombre y el número de la persona que realiza la llamada y los dígitos marcados. La capacidad gráfica de la pantalla permite la inclusión de las características actuales y futuras.

Ilustración 1 Teléfono IP Cisco 7940



Características

El modelo Cisco 7940 es dinámico y está diseñado para crecer junto con las capacidades del sistema. Las características se mantendrán al día con los nuevos cambios a través de actualizaciones de software en la memoria Flash del teléfono. Éste proporciona varios métodos distintos de accesibilidad en función de las preferencias del usuario. Los distintos métodos y rutas incluyen botones, teclas de software, una tecla de desplazamiento y acceso directo con el uso de los dígitos correspondientes. Cada una de las siguientes características podrá ampliar sus capacidades en el futuro.

- **Mensajes:** el teléfono IP Cisco 7940 identifica los mensajes entrantes y los ordena por categorías de usuarios en la pantalla. Esto permite a los usuarios devolver las llamadas rápida y eficazmente utilizando la opción de devolución de llamada directa.
- **Directorios:** el directorio empresarial se integra con el directorio LDAP3 (Lightweight Directory Access Protocol 3) estándar.
- **Parámetros:** la tecla de funciones permite a los usuarios ajustar el contraste de la pantalla y seleccionar el tono del timbre y los parámetros de volumen para todo el audio, como por ejemplo el timbre, el auricular, los cascos y el altavoz. También es posible establecer preferencias de configuración de la red. La configuración de la red suele definirla el administrador del sistema. La configuración puede definirse de forma automática o manual mediante Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), Trivial File Transfer Protocol (TFTP), Cisco CallManager y CallManagers de respaldo.
- **Servicios:** el modelo Cisco 7940 permite a los usuarios tener acceso rápido a información diversa, como las previsiones meteorológicas, los precios de los valores bursátiles o cualquier otro servicio de información basada en Web que configure el administrador del sistema. Mediante el uso de estándares, como XML (Extensible Markup Language), el teléfono IP Cisco 7940 proporciona un portal a un mundo de características y destinos de información en constante crecimiento, que aparecen en su gran pantalla.

- **Ayuda:** la ayuda en línea proporciona a los usuarios información acerca de las teclas, los botones y las características del teléfono. La pantalla de píxeles permite una mayor flexibilidad de las funciones y aumenta de manera significativa la información que se visualiza cuando se utilizan características como Servicios, Información, Mensajes y Directorio. Por ejemplo, el botón Directorio puede mostrar información sobre directorios locales o basados en un servidor.

Los teléfonos IP de Cisco ofrecen tecnología de altavoces Polycom de gran calidad a dúplex completo. También incluyen un botón de fácil manejo para conectar y desconectar los altavoces y un botón para silenciar el micrófono. Cuando están activos, estos botones se encuentran encendidos.

El switch Ethernet de dos puertos de los teléfonos IP de Cisco permite realizar conexiones directas con redes Ethernet 10/100BaseT a través de una interfaz RJ-45 para una sencilla conexión LAN tanto del teléfono como de un PC en coubicación. El administrador del sistema puede designar redes LAN virtuales independientes (VLAN) (802.1Q) para el PC y los teléfonos IP de Cisco.

Un puerto de auriculares dedicado elimina la necesidad de un amplificador independiente cuando se utilizan auriculares. Esto permite que el auricular permanezca en su horquilla para hacer más sencillo el uso de los cascos. El práctico botón de control del volumen del teléfono IP Cisco 7940 ofrece ajustes rápidos del nivel de decibelios del altavoz, el auricular, los cascos y el timbre.

La base del teléfono IP Cisco 7940 se puede ajustar desde una posición totalmente plana hasta los 60 grados a fin de proporcionar una visión óptima de la pantalla y un cómodo uso de todos los botones y las teclas.

El teléfono IP Cisco 7940 también puede alimentarse desde la LAN a través de cualquiera de los nuevos módulos y accesorios con capacidad de alimentación en línea de Cisco.

La ocultación de los tonos de marcación multifrecuencia (DTMF) en modo altavoz proporciona una mayor seguridad.



Otras características del teléfono IP Cisco 7940:

- 24 tonos de timbre ajustables por el usuario.
- Un auricular que mejora la audición (cumple con los requisitos del American Disabilities Act [ADA]).
- Compresión de sonido G.711 y G.729³.
- Compatibilidad con H.323 y Microsoft NetMeeting.
- Una asignación de dirección IP: configurado por cliente DHCP o de modo estático.
- Programación de la generación de ruido de apaciguamiento y detección de actividad de voz a través del sistema.
- Puerto EIA/TIA RS-232 para poder añadir en el futuro opciones como la expansión de líneas, el acceso a la seguridad y otras.

El teléfono también incluye los siguientes parámetros:

- Contraste de la pantalla.
- Tipo de timbre.
- Configuración y estado de la red.
- Estado de las llamadas.

Servicio y soporte técnico

Las soluciones de soporte para Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data. Arquitectura para Voz, Vídeo y Datos Integrados) están diseñadas para un solo propósito: asegurar la satisfacción del cliente mediante la entrega de un paquete dinámico de servicios. Las galardonadas ofertas de servicios y soporte técnico de interconexión de redes de Cisco proporcionan un plan de auditoría de red previa a la venta, consultoría de diseño, implementación de red, soporte de operación y optimización de la red. Las soluciones interactivas para la transferencia de conocimientos Cisco mejoran el éxito de los clientes haciendo uso de la experiencia y los conocimientos Cisco. El incluir el servicio y el soporte técnico en la compra de los productos Cisco AVVID, los clientes pueden instalar con toda confianza redes Cisco AVVID utilizando los conocimientos, la experiencia y los recursos de Cisco.

Especificaciones

- Descarga de cambios del firmware desde Cisco CallManager
- Dimensiones: 8¹ x 10,5 x 6 pulgadas (20,32 x 26,67 x 15,24 cm) (Alto x Ancho x Profundidad)
- Peso del teléfono: 3.5 libras (1.6 kg)

- Plástico ABS policarbonato en color gris oscuro con un bisel plateado
- Necesita 48 VCA. que se suministra a nivel local en el puesto mediante una fuente de alimentación CA a CC opcional (CP-PWR-CUBE=)

También requiere uno de los siguientes cables dependiendo del país:

- CP-PWR-CORD-NA (Norteamérica)
- CP-PWR-CORD-CE (Europa Central)
- CP-PWR-CORD-UK (Reino Unido)
- CP-PWR-CORD-AU (Australia)
- CP-PWR-CORD-JP (Japón)
- CP-PWR-CORD-AP (Asia)

Temperatura

- Temperatura de actividad: de 32 a 104 F (de 0 a 40 C)
- Humedad relativa: de 10% a 95% (sin condensación)
- Temperatura de almacenamiento: de 14 a 140 F (de -10 a 60 C)

Compatibilidad con las normas de regulación

- Certificación CE

Seguridad

- UL 1950
- EN 60950
- CSA-C22.2 núm. 950
- IEC 60950
- AS/NZS 3260
- TS 001

Compatibilidad electromagnética

- 47CFR parte 15 clase B
- ICES-003 clase B
- EN55022 clase B
- CISPR22 clase B
- AS/NZ 3548 clase B
- VCCI clase B
- EN55024
- Certificación CE

Intercomunicaciones

- FCC CFR47, parte 68 (HAC)
- IC CS-03

1. La base se puede ajustar desde una posición completamente plana a un ángulo máximo de 60 grados. En la posición plana (para montarlo en pared) la altura del teléfono es de 4.25 pulgadas (10.7 cm). En la posición más elevada posible sobre un escritorio, el teléfono mide 8 pulgadas (20.3 cm).

Información para pedidos

Tabla 1 Número de los componentes

Número de componente	Descripción
CP-7940	Incluye licencia de estación de usuarios.
CP-7940	Se utiliza como teléfono de repuesto y no incluye licencia de estación de usuarios.
CP-LCKNG-WALLMOUNT y CP-WALLMOUNT-KIT	Kits universales opcionales para el montaje en pared en versiones de bloqueo y no bloqueo, respectivamente.

Para obtener más información sobre los productos de Cisco

EE.UU. y Canadá: 800 553-NETS (6387)

Europa: 32 2 778 4242

Australia: 612 9935 4107

Otros países: 408 526-7209

Dirección URL: <http://www.cisco.com>

Se aplica la garantía estándar de un año de Cisco.
Contrato de servicio SMARTnet™ opcional.



Oficinas centrales de la empresa

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San José, CA 95134-1706

EE.UU.

www.cisco.com

Tel: 408 526-4000

800 553-NETS (6387)

Fax: 408 526-4100

Oficinas centrales en Europa

Cisco Systems Europe
11, Rue Camille Desmoulins
92782 Issy Les Moulineaux
Cedex 9

Francia

www.cisco.com

Tel: 33 1 58 04 60 00

Fax: 33 1 58 04 61 00

Oficinas centrales de América

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San José, CA 95134-1706

EE.UU.

www.cisco.com

Tel: 408 526-7660

Fax: 408 527-0883

Oficinas centrales en Asia/Pacífico

Cisco Systems Australia, Pty., Ltd.
Level 17, 99 Walker Street

North Sydney

NSW 2059 Australia

www.cisco.com

Tel: +61 2 8448 7100

Fax: +61 2 9957 4350

Cisco Systems tiene más de 200 oficinas en los siguientes países y regiones. Las direcciones, números de teléfono y de fax pueden encontrarse en el sitio Web Cisco.com en www.cisco.com/go/offices.

Alemania • Arabia Saudí • Argentina • Australia • Austria • Bélgica • Brasil • Bulgaria • Canadá • Chile • China RPC • Colombia • Corea • Costa Rica • Croacia • Dinamarca • Dubai, EAU • Escocia • Eslovaquia • Eslovenia • España • Estados Unidos • Filipinas • Finlandia • Francia • Grecia • Hong Kong • Hungría • India • Indonesia • Irlanda • Israel • Italia • Japón • Luxemburgo • Malasia • México • Noruega • Nueva Zelanda • Países Bajos • Perú • Polonia • Portugal • Puerto Rico • Reino Unido • República Checa • Rumanía • Rusia • Singapur • Sudáfrica • Suecia • Suiza • Tailandia • Taiwan • Turquía • Ucrania • Venezuela • Vietnam • Zimbabue

Copyright © 2001 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos. Impreso en Estados Unidos. SMARTnet es una marca comercial y Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, el logotipo de Cisco Systems e IOS son marcas registradas de Cisco Systems, Inc. o de sus filiales en Estados Unidos y en otros países. Las restantes marcas, nombres o marcas comerciales mencionadas en este documento o sitio Web pertenecen a sus respectivos propietarios. La utilización de la palabra Cisco no implica una relación de sociedad entre Cisco y otra empresa. (0010R) LW1100

Gateway Cisco AS5300/voz

EL GATEWAY CISCO AS5300/VOZ ES UNA EXTENSIÓN NATURAL DE LA EXPERIENCIA DE CISCO SYSTEMS EN CONECTIVIDAD IP, TRANSMITE TRÁFICO DE VOZ Y DATOS DE ALTA CALIDAD A TRAVÉS DE UNA RED IP.

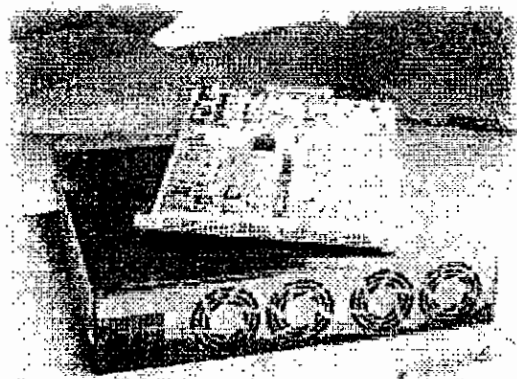
El Cisco AS5300 es un galardonado servidor de acceso remoto telefónico y un gateway de voz sobre IP (VoIP). Cuando está equipado con tarjetas de función de voz (VFC) y el software Cisco IOS⁴ de activación por voz, el AS5300 admite VoIP de clase de portadora y servicios de fax sobre IP.

El software Cisco IOS (Internetworking Operating System) ofrece un potente conjunto de mecanismos de calidad de servicio (QoS), tamaños de trama variables y controles H.323 basados en los estándares, que ofrecen la mayor calidad de voz y el enrutamiento mejor de control de llamadas para entregar servicios mejorados del sector. Las pruebas de Mier Communications han calificado las capacidades del gateway de voz sobre IP del gateway Cisco AS5300/voz como las mejores en las áreas de calidad de voz, latencia y requisitos de ancho de banda.

Además de ser compatible con H.323, el gateway Cisco AS5300/voz admite una familia de CODEC de voz estándar en el sector y ofrece cancelación de eco y detección de actividad de voz (VAD): supresión de silencio. Ofrece una aplicación de respuesta de voz interactiva (IVR) integrada que incluye indicativos de voz y un conjunto de dígitos para autenticar al usuario e identificar el destino de las llamadas. Los usuarios pueden interconectarse con switches digitales de la red de teléfono conmutada pública (PSTN) o PBX, y con servidores de autenticación y facturación RADIUS existentes.

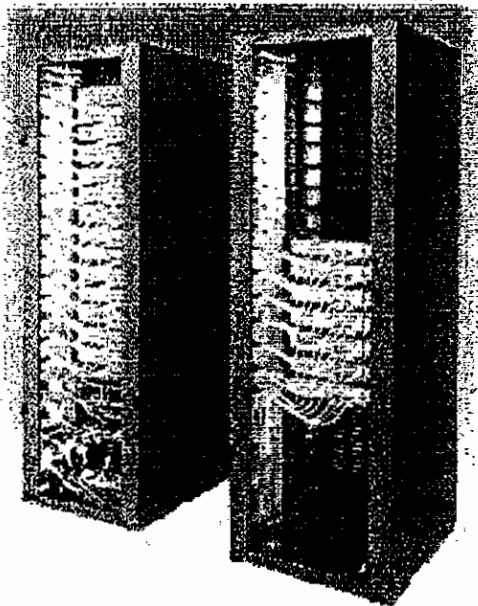
Las tarjetas de funciones de voz/fax del AS5300 son tarjetas coprocesadoras con un potente motor Reduced Instructions Set Computer (RISC) y procesadores de señal digital (DSP) dedicados de alto rendimiento para garantizar un predecible procesamiento de voz en tiempo real. El diseño une este coprocesador con el acceso directo al motor de enrutamiento del gateway Cisco AS5300 voz para un sencillo envío de paquetes. El gateway Cisco AS5300 voz puede aceptar dos tarjetas de función de voz/fax, por lo que puede ampliarse hasta un máximo de 96/120 conexiones de voz en un solo chasis.

Ilustración 1 Gateway Cisco AS5300 voz con tarjeta de función de alta densidad de voz/fax para VoIP, galardonada, de clase portadora y compatible con H.323



El gateway Cisco AS5300/voz es perfecto para una configuración apilada para crear un conjunto de acceso telefónico virtual en aplicaciones de proveedores de servicios a gran escala. Por ejemplo, el galardonado AccessPath™-VS3 es la solución apilada preconfigurada y previamente probada de Cisco para VoIP. (para obtener más información, véase la hoja de datos de AP-VS3). Al ofrecer la familia de productos compatibles más amplia del mercado, Cisco permite que los clientes elijan el punto de inicio apropiado para un proceso de "ampliación a medida" sin poner en compromiso las capacidades futuras.

Ilustración 2 AccessPath-VS3, solución VoIP de clase portadora a gran escala



Calidad de servicio

Actualmente, las principales empresas y proveedores de servicios están instalando redes VoIP de calidad telefónica en todo el mundo. La tecnología de voz de Cisco mantiene comunicaciones con calidad de portadora por muy adversas que sean las condiciones de la red, incluyendo el retraso o pérdida de paquetes. Tanto la pérdida como el retraso en los paquetes puede tener un importante impacto negativo en la calidad de las llamadas.

El diseño de alto rendimiento del coprocesador de voz de las gateways de voz Cisco reduce al máximo los retrasos y las pérdidas de paquetes durante la codificación y el proceso de empaquetado de la voz. Las características de QoS de Cisco, incluyendo IP Precedence, Resource Reservation Protocol (RSVP), Weighted Fair Queuing (WFQ), Weighted Random Early Detection (WRED) y fragmentación e intercalado Multiclass Multilink PPP (MP), implementadas tanto en los gateways de voz como en la infraestructura de enrutamiento de backbones, pueden proporcionar una ruta de baja latencia y alta fiabilidad para el tráfico sensible a voz, incluso a través de redes muy congestionadas. En las pruebas de Mier Communications, el gateway Cisco AS5300/voz ha mostrado la menor latencia de

todos los productos de VoIP (utilizando H.323 estándar y CODEC G.729). La latencia típica de la solución para VoIP gateway Cisco AS5300/voz medida en su laboratorio sólo fue de 70 milisegundos.

Aplicaciones

Servicios de larga distancia de los proveedores de servicio

Los proveedores de servicios (SP) pueden hacer uso de su infraestructura de IP existente para instalar VoIP. La solución de telefonía de paquetes de Cisco se basa en H.323, un estándar de ITU que constituye la base de los datos, el sonido y el vídeo y las comunicaciones en redes basadas en IP. Dado que los proveedores de servicio ya ofrecen acceso a Internet, también puede ofrecer servicios de larga distancia mediante la adición incremental de los puertos del gateway Cisco AS5300/voz de activación de voz, interfaces Primary Rate Interface (PRI), T1 o E1 con el PSTN y un gatekeeper para servir a varios gateways. Los Cisco 2600 y 3600 pueden utilizarse como gatekeeper. El gateway de voz Cisco AS5300/Voice Gateway también puede funcionar con gatekeepers H.323 de otros proveedores. El proveedor de servicios puede utilizar los servidores RADIUS existentes para la autenticación, autorización y contabilidad (AAA), así como los routers y switches Ethernet existentes de los POP.

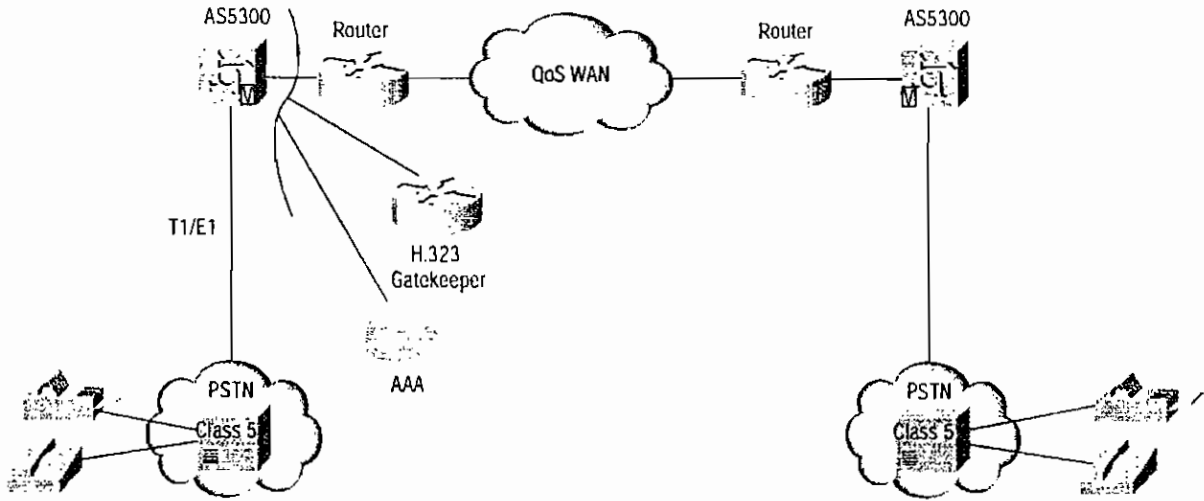
El software de la aplicación de gateway de voz permite al router conectar llamadas de voz entre PBX, sistemas clave o circuitos PSTN transportando las conversaciones a través de una red IP. Las llamadas entrantes son terminadas en la tarjeta de función de voz/fax, donde se codifica la voz utilizando algoritmos estándar ITU, comprimidos y encapsulados en paquetes del protocolo Real-Time Protocol (RTP).

Además, el gateway de voz Cisco AS5300/Voice Gateway tiene una aplicación IVR que incluye indicativos de voz y un conjunto de dígitos para autenticar al usuario e identificar el destino de las llamadas.

El software Cisco IOS cuenta con varios scripts IVR, por ejemplo:

- **Anuncio:** puede utilizarse como parte de un script para saludar al usuario e identificar el servicio
- **Autenticación automática basada en la identificación automática de números (ANI)**

Ilustración 3 Servicios de larga distancia de los proveedores de servicio



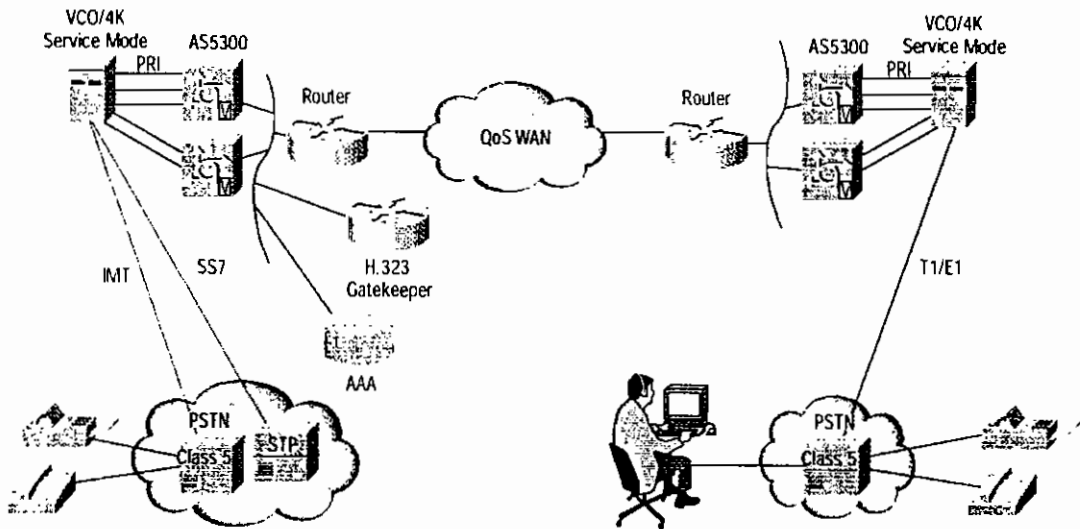
- ANI para autenticación y servicio de identificación del número marcado (DNIS) para el enrutamiento de llamadas
- Son necesarios el número de cuenta y la contraseña para la autenticación
- Salto de fax activo/desactivado: script que admite "fax redialers", que son pequeñas cajas conectadas entre una máquina de fax y la línea telefónica; almacenan el número de teléfono de destino marcado, llaman al gateway local y, seguidamente, introducen el número de destino en respuesta a las solicitudes de tono del fax; también pueden introducir un número de cuenta si fuera necesario.

Los scripts de estas secuencias están integrados en el software Cisco IOS. Los indicativos de sonido actuales se almacenan como archivos .au y los puede modificar el proveedor de servicios. Por ejemplo, es posible que el SP desee incluir el nombre de su empresa en el mensaje de aviso. Los indicativos pueden grabarse en un PC y descargarse al gateway. El software Cisco IOS también incluye varios comandos para tareas relacionadas con IVR, tales como la sustitución de un archivo de indicativo de sonido, la especificación de cuándo hay que utilizar determinados scripts de IVR y la lista de los scripts IVR disponibles.

Con este equipo de la figura 3, los SP pueden transportar tráfico de voz sobre redes de paquetes y por consiguiente:

- Ofrecer nuevos servicios que van más allá del acceso básico a Internet
- Ofrecer servicios de voz a precios muy competitivos mediante la utilización de su infraestructura de IP de bajo coste
- Expandir la base de clientes a millones de ellos
- Aumentar los ingresos de las POP existentes
- Diferenciar por servicios integrados de voz y datos
- Ofrecer servicios de voz y datos gestionados por el negocio

Ilustración 4 Servicios mejorados y de larga distancia con SS7 activado, que incluyen la mensajería unificada, correo de voz, tarjeta de llamada, facturación personalizada y espera de llamadas de Internet



Servicios avanzados de larga distancia de los proveedores de servicio

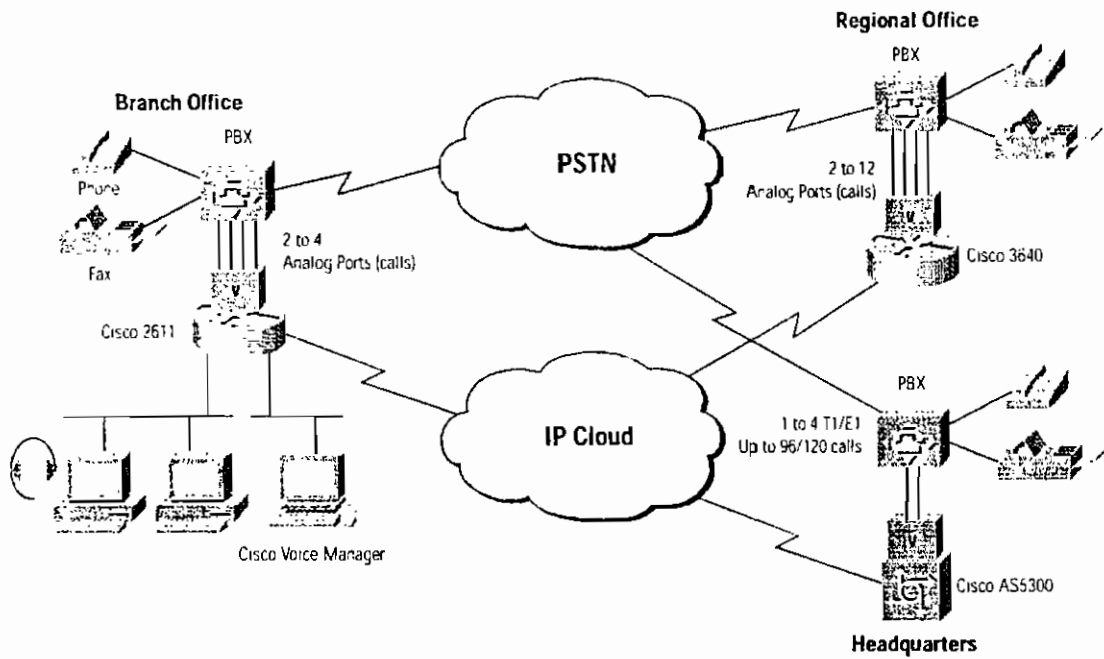
Los proveedores de servicios pueden mejorar aún más sus ofertas de servicios de VoIP añadiendo un switch programable VCO/4K (Figura 4). El VCO/4K permite utilizar servicios de voz más avanzados, tales como mensajería de voz/fax, enrutamiento inteligente de números 800, marcado activado por voz, tarjetas de llamada, servicios del asistente personal y conferencias a través de la Web. Además, puede integrarse de forma transparente en las infraestructuras de telecomunicaciones existente con señalización Signaling System 7 (SS7) controlada para conectarse a las redes públicas de todo el mundo. VCO/4K lleva a cabo la traducción de SS7 ISUP y del Transaction capabilities application part (TCAP) a PRI, con el fin de que los proveedores de servicios puedan integrar un amplio abanico de capacidades del punto de conmutación de servicios (SSP) en los switches VCO/4K nuevos y existentes a una parte del coste de un switch de acceso en tándem.

Con la red avanzada, los proveedores de servicios pueden ofrecer mensajería unificada, espera de llamadas de Internet (que avisa a los usuarios de las llamadas de voz entrantes mientras

están conectados) y una segunda línea virtual (capacidad de hacer y recibir llamadas de voz desde el PC del usuario mientras está conectado a Internet). Estos servicios pueden incrementar considerablemente los flujos de ingresos que los SP de Internet (ISP) obtienen de los suscriptores por el acceso a Internet.

Para ampliar su cobertura de servicios, cada ISP puede decidir asociarse con ISP de otras áreas geográficas o formar un consorcio para ofrece una mayor cobertura. Las firmas de establecimiento permiten a los ISP ofrecer una cobertura nacional mediante el intercambio de tráfico de voz con otros ISP. Cisco también ha introducido el soporte para el protocolo Open Settlements Protocol, un estándar que se está desarrollando para facilitar el intercambio de tráfico de VoIP.

Ilustración 5 Llamadas telefónicas y faxes a través de intranets empresariales



Llamadas telefónicas y faxes a través de intranets empresariales.

Una aplicación habitual para las nuevas tarjetas Cisco AS5300/Voice Gateway es la realización de llamadas telefónicas y el envío o recepción de faxes en intranets. Utilizando el Cisco AS5300/Voice Gateway, junto con el Cisco 3600 y el 2600 con módulos de voz, las empresas pueden reducir considerablemente los costes de teléfono y fax a larga distancia mediante el enrutamiento del tráfico de voz y fax interno de la empresa a través de su red IP existente (véase la figura 5). En las intranets, los administradores pueden monitorizar y controlar los niveles de servicio y, por consiguiente, lograr y mantener transmisiones de voz y fax de calidad telefónica en sus redes de datos utilizando la familia de productos de telefonía de paquetes con gateways activados de Cisco.

Dado que tanto el Cisco AS5300/Voice Gateway, así como el Cisco 3600 y Cisco 2600, trabajan con equipos de teléfono y fax estándar, las empresas pueden cambiar su tráfico de voz y fax entre oficinas de su red de voz a la red de datos sin necesidad de reconvertir a los usuarios. De forma transparente para el usuario, un teléfono conectado a través de una PBX a un puerto de voz del Cisco AS5300/Voice Gateway de las oficinas centrales puede llamara a través de una conexión WAN a un teléfono conectado a un sistema clave que esté conectado a un Cisco 3600 de la oficina

regional o a un teléfono conectado directamente a un Cisco 2600 de la sucursal. Es posible que algunas oficinas pequeñas no necesiten todas las funciones de una centralita PBX, como en este caso, donde son suficientes el Cisco 3600 y 2600. Los productos de telefonía de paquetes de Cisco enrutan de forma transparente llamadas o faxes a la red IP o a la red pública de telefonía dependiendo de los parámetros que establezca el administrador de la red. El ahorro que supone instalar la solución de voz/fax de cisco para gestionar las llamadas y faxes a través de la intranet superará la inversión inicial en cuestión de meses.

Tabla 1 Productos Cisco en telefonía de paquetes con gateways activos

Número de puertos de voz	Producto Cisco recomendado en telefonía de paquetes con gateways activos
Hasta 2.520	Interfases T1/E1 digitales Cisco AccessPath VS3
Hasta 120	Interfases T1/E1 digitales Cisco AS5300
Hasta 12	Cisco 3600 analógico BR1
Hasta 4	Cisco 2600 analógico BR1

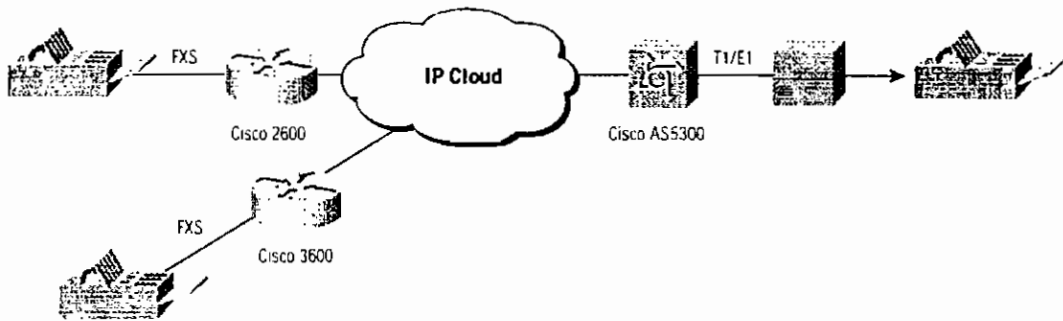
Fax a Fax en tiempo real

Aquellas empresas que tengan un gran volumen de tráfico de faxes con empresas asociadas o proveedores pueden reducir los costes instalando soluciones con la siguiente. En la figura 6, un socio utiliza una máquina de fax estándar y envía un fax a través de un Cisco 3600 sobre una WAN a otra máquina de fax conectada a un Cisco AS5300/Voice Gateway a través de una centralita. Un proveedor utiliza una máquina de fax estándar y envía un fax a través de un Cisco 2600 sobre una WAN a otra máquina de fax conectada a un Cisco AS5300/Voice Gateway a través de una centralita.

La característica de transmisión de faxes determina cuándo una llamada entrante es una transmisión de fax, marca la máquina de fax receptora sobre la red IP y sólo acepta la transmisión del fax cuando la máquina está en línea. De esta forma el usuario final puede estar totalmente seguro de que el fax llega a su destino.

La tarjeta de funciones de voz/fax AS5300/Voice Gateway hace de interfaz entre las máquinas de fax origen y destino fingiendo ser una máquina de fax, para lo que utiliza el "spoofing" T.30. Las transmisiones de fax entrantes se desmodulan antes de la transmisión, a fin de que la llamada modulada por pulsos de 64 K consuma solamente 9,6 K o 14,4 K de ancho de banda de la red de datos por cada segundo de transmisión del fax.

Ilustración 6 Fax a Fax en tiempo real



Cisco Voice Manager

Cisco Voice Manager (CVM) es una aplicación de gestión de redes basada en la Web que configura y monitoriza los gateways de voz sobre IP (VoIP) de Cisco. Los administradores de red pueden implementar planes de acceso telefónico, controlar los parámetros sobre la actividad y calidad de llamadas en tiempo real, además de crear informes detallados que muestren el historial de llamadas y la calidad de las mismas. El AS5300/Voice Gateway ofrece un completo conjunto de variables de Simple Network Management Protocol (SNMP) Management

Information Base (MIB) generales y específicas de voz. Cisco Voice Manager detecta automáticamente los productos con soporte para voz, cuenta con herramientas para resolver problemas de la red y proporciona información obligatoria del historial de llamadas. CVM es ideal para gestionar un máximo de 50 gateways en las aplicaciones de red empresariales o medias.

Ilustración 7 Cisco Voice Manager

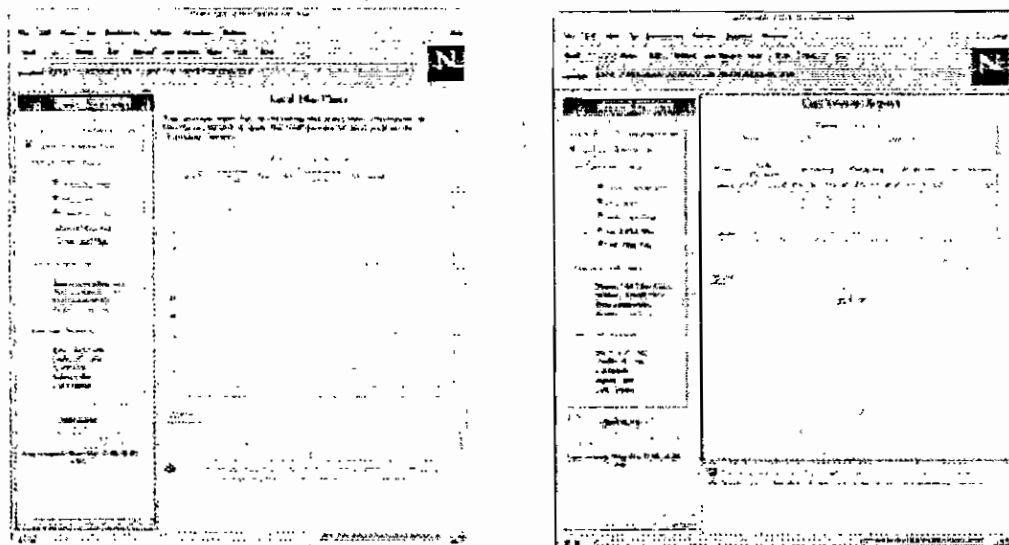


Tabla 2 Resumen de características y ventajas

Característica	Ventaja
Interfases digitales (T1/E1 PRI)	Esta característica permite mayores densidades de puerto para aumentar la capacidad de ampliación.
Compatibilidad con H.323	Los gateway Cisco AS5300/Voice Gateway interoperan con aplicaciones de voz y videoconferencia compatibles con H.323, tales como Microsoft NetMeeting, así como con gateways y gatekeepers compatibles con H.323.
DSP de alto rendimiento	Los DSP de alto rendimiento (160 mips) tienen una gran cantidad de potencia para soportar toda la gama disponible de CODECS de alta compresión/baja demora, incluyendo G.711.1, G.729, G.729a y G.723.1. Los DSP admiten plenamente la cancelación de eco, la detección de actividad de voz, la supresión de silencio, el buffering de fluctuación de fase y la generación de ruido de apaciguamiento para garantizar conversaciones uniformes con voz de alta calidad. Se ofrece cobertura total en todos los canales de voz.
Diseño con baja latencia	El Cisco AS5300/Voice Gateway está diseñado para tener la latencia mínima, lo que es esencial para un tráfico de voz y fax de alta calidad.
Transmisión de fax en tiempo real	Esta característica permite la transmisión de faxes en tiempo real entre máquinas de fax del grupo III que funcionen a un máximo de 14.400 bps. La tarjeta de funciones de voz Cisco AS5300 Voice Gateway hace de interfaz entre las máquinas de fax origen y destino fingiendo ser una máquina de fax. La transmisión de fax en tiempo real elimina los retrasos de las redes utilizando el spoofing T.30. Las transmisiones de fax entrantes se desmodulan antes de la transmisión, a fin de que la llamada modulada por pulsos de 64 K consume solamente 9,6 Kbps o 14,4 Kbps de ancho de banda de la red de datos por cada segundo de transmisión del fax.
Interopera con los módulos de voz de Cisco 3600 y Cisco 2600	Cisco ofrece una familia de soluciones escalables de voz de paquetes para las empresas. Cisco AS5300/Voice Gateway también interopera con otros gatekeepers.
Fragmentación e interleaving Multiclass Multilink PPP	Esta característica reduce los paquetes de datos grandes a otros de menor tamaño, evita que los paquetes de voz se atasquen detrás de paquetes grandes y reduce el periodo de latencia.
Cisco Voice Manager	CVMI es una aplicación de configuración, monitorización y creación de informes para las redes de telefonía por conmutación de paquetes. Genera informes del historial de llamadas, informes de volumen de llamadas e informes de excepción de calidad de voz utilizando la especificación ITU-T G.113 para calidad de voz. Esta aplicación Java se ejecuta en Windows NT o Solaris.
Diseño del coprocesador de alto rendimiento	Esta es una solución en un solo dispositivo altamente integrada que minimiza la latencia de los paquetes, esencial para la transmisión voz de alta calidad. Las soluciones basadas en PC que utilizan componentes de fuentes diversas no pueden conseguir las mismas características de rendimiento.
Arquitectura modular	El sistema ofrece flexibilidad y protección de la inversión. El diseño modular del Cisco AS5300 Voice Gateway permite pasar de 24 a 120 conexiones de voz por dispositivo. Además, los módulos de módem y voz pueden utilizarse en el mismo AS5300, lo que proporciona a los clientes más flexibilidad.
Compatible con los teléfonos, faxes, centralitas y sistemas centrales existentes	Esta característica proporciona un interfaz estándar con el equipo telefónico existente. Los usuarios siguen utilizando el equipo que ya conocen sin que tengan que realizar ningún tipo de adaptación.

Tabla 2 Resumen de características y ventajas (continuación)

Característica	Ventaja
Selección de CODECS en tiempo real	Esta sofisticada arquitectura de DSP admite simultáneamente la negociación de la capacidad H.323 en todos los canales. La tarjeta de función de voz del Cisco AS5300/Voice Gateway carga, sobre la marcha, el CODEC de voz o fax apropiado en los 120 canales, simultáneamente si fuera necesario.
Cancelación de eco E.165	Esta característica proporciona cancelación de eco en la red de circuitos conmutados con una cola de hasta 32 mseg., más que suficiente para soportar la calidad de portadora.
Buffering de fluctuación de fase adaptable	El búfer de fluctuación de fase adaptable equilibra de forma inteligente la pérdida y el retraso de paquetes a través del gateway para que las llamadas tengan la máxima nitidez y calidad.
Detección de actividad de voz (supresión de silencio)	El ancho de banda de la red de paquetes sólo se usa cuando alguien está hablando. Durante los silencios (hasta un 50 del tiempo), el ancho de banda está disponible para el tráfico de datos.
Clipping front end (tiempo antes de la actividad de voz detectado después de un período de silencio):	0 mseg
Tiempo de "hang-over" (tiempo máximo antes de que se reconoce el silencio tras un período de habla):	200 mseg
Generación de ruido de apaciguamiento	Para simular mejor las llamadas telefónicas sobre redes de voz, esta función tranquiliza al usuario ya que parece que la conexión sigue abierta, incluso cuando no se produce ninguna conversación.
Estadísticas de calidad de voz	Se suministran los parámetros de llamada para la recomendación ITU-T G.113 de cálculos de daños en la calidad de la transmisión de voz. Dichos parámetros incluyen el tipo de CODEC, ancho de banda utilizado, retraso de extremo a extremo, ruido del circuito, volumen, eco pérdida de paquetes y otras estadísticas.
Varios CODEC estándar ITU G.711, G.729, G.729a y G.723.1	Estas tecnologías de compresión basadas en los estándares permiten una voz y compresión de alta calidad a simplemente 53 kbps y minimizan el ancho de banda necesario para transmitir la telefonía de paquetes.
Protocolo Compressed Real-Time Protocol (CRTP) y fragmentación e intercalado Multilink PPP	Éstas son técnicas de compresión de cabeceras y de fragmentación de paquetes que permiten transmisiones de voz y fax de calidad telefónica en conexiones WAN de ancho de banda bajo.
Asignación del plan de conexión telefónica	Esta característica implica la asignación de los números de teléfono marcados a direcciones IP. La asignación puede programarse directamente en el Cisco AS5300/Voice Gateway o se puede mantener en los gatekeepers H.323 que se comunican con varios gateways a través de mensajes H.323 RAS.
Expansión de números	Esta característica permite realizar accesos telefónicos rápidos y simplifica la configuración del plan de accesos telefónicos. Amplía todos los números que coinciden con un patrón definido, por lo que sólo hay que configurar y marcar los últimos dígitos del número.
Marcación entrante directa	La marcación entrante directa permite que los usuarios que tengan centralitas puedan realizar accesos telefónicos directos, no es necesario marcar el número principal y, a continuación, una extensión. Esta característica es también útil en las aplicaciones de los proveedores de servicios con un VCO-4K utilizado como nodo de servicio.
Tono de llamada telefónica secundario	Esta característica permite el acceso explícito a una red VoIP para la implementación de llamadas en dos etapas. El primer tono de marcado lo genera la compañía telefónica local, mientras que el segundo, también conocido como aviso, lo genera la portadora VoIP.
Progreso de las llamadas y generación de tonos	Esta característica genera tonos del progreso de las llamadas, que incluyen tonos de marcado, ocupado, llamada devuelta y congestión, con las variantes locales de cada país.
Transporte multifrecuencia de tono dual (Dual Tone Multifrequency, DTMF)	Esta característica permite utilizar tonos de toque para las aplicaciones de correo de voz y sistemas IVR, también admite relay DTMF fuera de banda donde se utilizan CODEC de compresión alta, como G.723.1, que pueden dañar los tonos DTMF en banda.
Autodetección de faxes	Todos los puertos pueden aceptar una llamada para la transmisión de un fax; cuando se detecta una llamada de fax el puerto se reconfigura automáticamente. Un diseño ampliable otorga al Cisco AS5300/Voice Gateway la capacidad exclusiva de recargar simultáneamente todos los algoritmos de fax, cumpliendo con los estrictos requisitos de temporización de las máquinas de fax de legado.
Codificación G-law y A-law en todos los canales	Esta característica facilita la realización de llamadas internacionales mediante la transcodificación transparente entre la codificación de ley (utilizada en países con T1) y la G-law (utilizada en países con E1).
Límite de música en espera	Esta característica ofrece música inteligente cuando se gestionan las llamadas en espera.

Tabla 3 Resumen de características y ventajas del software Cisco IOS y de QoS

Característica	Ventaja
Importancia IP	El campo Tipo de servicio (ToS) de un encabezado IP incluye tres bits de precedencia configurables. El tráfico de voz debe configurarse con una precedencia de IP de 5. Esta capacidad permite a la red dar prioridad a los paquetes de voz sobre otro tráfico, con lo que se garantiza la mayor calidad de voz sobre una red congestionada.
Mecanismos de gestión de colas	Los mecanismos de gestión de colas incluyen WFQ, gestión de colas de prioridad y gestión de colas personalizada. Éstas son capacidades configurables del software Cisco IOS que reservan el ancho de banda adecuado y priorizan el tráfico de voz y de fax para garantizar un alto nivel de calidad.
CAR	La función de tasa de acceso comprometido (Committed Access Rate, CAR) realiza la clasificación de paquetes y la gestión del ancho de banda. Las funciones de clasificación de paquetes permiten a los usuarios clasificar el tráfico de la red en varios niveles de prioridad o clases de servicio (CoS). El operador de la red puede definir hasta seis CoS usando los tres bits de precedencia del campo ToS de la cabecera de IP. El operador puede usarlas otras funciones de QoS para asignar las normativas de manejo de tráfico adecuadas, que incluye la gestión de congestión, la asignación del ancho de banda, y límites de retraso (delay bounds) para cada clase de tráfico.
WRED	Las funciones de WRED (Weighted Random Early Detection) ofrecen a los operadores de la red unas potentes funciones de control de congestión diseñadas para tratar de manera preferente el tráfico de primera clase bajo situaciones de congestión, al tiempo que se aprovecha al máximo la tasa de transferencia y uso de la capacidad de la red y se reduce al mínimo la pérdida o el retraso de los paquetes.
RSVP	RSVP permite al gateway de voz de Cisco solicitar u reservar el ancho de banda necesario para una llamada.

Tabla 4 Especificaciones técnicas de la tarjeta de función Cisco AS5300/ Voice Gateway

Tipo de procesador	CPU mips 4700 @ 100MHz
Memoria	4 MB DRAM
Memoria Flash	8 MB
Procesador de señales digitales	TMS320VC549 @ (100 mips)

El Cisco AS5300 Voice Gateway incluye tres ranuras de expansión. Una de ellas es para una tarjeta de función T1/E1/PRI cuádruple y las otras dos pueden utilizarse para las tarjetas de función de voz o módem. Dado que una sola tarjeta de función de voz puede admitir hasta 48/60 llamadas de voz, el sistema de Cisco AS5300/Voice Gateway puede admitir un total de 96/120 llamadas de voz.

La configuración por defecto de la memoria del Cisco AS5300/Voice Gateway es con 16 MB de memoria Flash de sistema y 64 MB de memoria DRAM compartida. El uso de estas tarjetas de función de voz también requiere la versión 12.0.2X11 de IOS o una posterior.

Detalles de pedidos/configuración

Para facilitar sus pedidos, sólo tiene que solicitar AS5300-96VoIP-A. Es un Cisco AS5300/Voice Gateway preconfigurado (las partes que incluye se muestran en la tabla 5) AS5300-120VoIP-A es el homólogo de 120 canales de voz (E1).

Tabla 5 AS5300-96VoIP-A incluye:

Número de producto	Descripción
AS5300	Unidad base 5300
SF53-CVP-12.0.2XH	Cisco AS5300 Series IOS IP Voice Plus
AS53-T1-96VOXD	96 canales de voz y conjunto de T1/PRI cuádruple
VC-SWA-4.0	Todo el firmware del conjunto de características de codec de voz
MEM-16F-AS53	Actualización de la memoria Flash de 8 MB a 16 MB
MEM-64M-AS53	Actualización de la memoria DRAM principal de 32 MB a 64 MB
AS53-AC-PWR	Alimentación con CA

Nota: Si se necesita CC, es posible pedir AS53-DC-PWR como opción adicional. Si se necesita una fuente de alimentación redundante, es posible pedir AS53-AC-RPS o AS53-DC-RPS como opción adicional.

Si ya utiliza un Cisco AS5300 para para el acceso telefónico por módem y desea utilizarlo para voz, solicite:

AS53-CC-48VOXD=	Tarjeta portadora de voz/fax con 48 canales de soporte para voz, firmware de voz
FLV-53=	Licencia de características de voz
SF53-CVP-12.0.2XH	Cisco AS5300/Voice Gateway Series IOS IP Voice Plus

Si ya utiliza un Cisco AS5300/Voice Gateway para voz y desea añadir más canales de voz, solicite:

AS53-CC-48VOXD=	(tarjeta portadora de voz/fax, 48 canales de soporte para voz, firmware de voz).
-----------------	--

AS53-CC-60VOXD= está disponible para sistemas E1.

Nota: Estas tarjetas de funciones de voz, basadas en los módulos DSP e549, no pueden mezclarse con las tarjetas basadas en las anteriores tarjetas e542. Por ejemplo, las DSPM AS53-VOXD no pueden coexistir en el mismo chasis con DSPM AS53-GVOX.

Tabla 6 Especificaciones técnicas de Cisco AS5300/Voice Gateway

Especificaciones estándar	
Tipo de procesador	R4700 a 150 MHz
Memoria	64 MB DRAM
Memoria Flash	16 MB de memoria Flash de sistema, en uno o dos bancos, hasta 16 MB de memoria Flash de inicio
Ranuras del chasis	Tres
Ethernet (RJ-45)	Dos (una de 10 MB y otra de 10/100 MB)
Puertos de voz/fax	Hasta 96 (T1) ó 120 (E1)
Módems de 56K	Un máximo de 48 (T1) ó 60 (E1) módems cuando se instalan 48 (T1) ó 60 (E1) puertos de voz
ISDN PRI, T1 o E1	Admite PRI Q 931 y señalización asociada a canales
Otros componentes estándar	Fuente de alimentación y cable, cable de consola, dos cables RJ-48C, herramienta de tarjeta portadora
Dimensiones (Al x An x Pri):	3,4 x 17,5 x 18,25 pulgadas (xx cm [tiene que proporcionarla])
Peso	32 libras (19 kg.)
Condiciones ambientales y requisitos de alimentación	
Temperatura de funcionamiento	de 32 a 104 F (de 0 a 40 C)

Especificaciones estándar	
Temperatura de no funcionamiento	de -40 a 185 F (de -40 a 85 C)
Humedad de funcionamiento	de 5 a 95%, sin condensación
Nivel de ruido	34 dB (@ 3 pies (0,914 m.))
Voltaje de entrada, fuente de alimentación CA	de 100 a 240 VCA2
Corriente	2 a 5 amperios
Frecuencia	50/60 Hz
Potencia de entrada CA	de 200 a 400 W (máximo)
Tensión de entrada, fuente de alimentación CC	de -48 a -60 VDC
Tensión máxima de entrada	9 A
Tensión típica de entrada	de 3 a 4 A
Tensión de entrada CC	de 200 a 400 W (máximo)
Protección	Límite de corriente, sobrealimentación, sobrecalentamiento
Potencia de salida típica	350 W
Opciones del interfaz WAN	<ul style="list-style-type: none"> • Quad T1/PRI (RJ-45); Quad E1/PRI (RJ-45)
Interfases auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> • Puertos de consola y auxiliar • Serie asíncrono (RJ-45)

Tabla 7 Homologaciones de seguridad

Elemento	Especificación
Normativas electromagnéticas (emisiones)	EN 55022B
	AS-NZS 3548 B
	VCCI B
	CFR47 Parte 15 B (FCC)
Normativas electromagnéticas (inmunidad)	61000-4-2 (descarga electrostática)
	61000-4-3 (inmunidad radiada)
	61000-4-4 (tensión eléctrica transitoria)
	61000-4-5 (sobretensión)
	61000-4-6 (inmunidad conducida)

Elemento	Especificación
Certificados de seguridad	UI 1950, tercera edición
	CSA 950, tercera edición
	En 60950, con enmiendas 1, 2 y 3
	IEC 950
	AS/NZS 3260
	TS 001
Certificaciones PTT	CTR4
	CTR 12/13
	JATE
	TS 014
	SS 63 63 34
	PD 7024
	BE/SP-103
	HKT CR11 y CR13
	FCC Parte 68
	CS-03
Cumple con NEBS	Cisco AS5300 Voice Gateway es compatible con NEBS Nivel 3



Oficinas centrales de la empresa
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706
EE.UU.
<http://www.cisco.com>
Tel: 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

Oficinas centrales en Europa
Cisco Systems Europe s.a.r.l.
Parc Evolve, Batiment L1 L2
16 Avenue du Quebec
Villebon, BP 706
91961 Courtaboeuf Cedex
Francia
<http://www-europe.cisco.com>
Tel: 33 1 69 18 61 00
Fax: 33 1 69 28 83 26

Oficinas centrales de América
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706
EE.UU.
<http://www.cisco.com>
Tel: 408 526-7660
Fax: 408 527-0885

Oficinas centrales de Asia
Nihon Cisco Systems K.K.
Fuji Building, planta 9
3-2-3 Marunouchi
Chiyoda-ku, Tokio 100
Japón
<http://www.cisco.com>
Tel: 81 3 5219 6250
Fax: 81 3 5219 6001

Cisco Systems tiene más de 200 oficinas en los siguientes países. Las direcciones, números de teléfono y de fax pueden encontrarse en el sitio Web Cisco Connection Online: <http://www.cisco.com/offices>.

Alemania • Arabia Saudí • Argentina • Australia • Austria • Bélgica • Brasil • Canadá • Chile • China • Colombia • Corea • Costa Rica • Croacia • Dinamarca • Dubai, EAU • Eslovaquia • Eslovenia • España • Estados Unidos • Finlandia • Francia • Grecia • Hong Kong • Hungría • India • Indonesia • Irlanda • Israel • Italia • Japón • Luxemburgo • Malasia • México • Holanda • Nueva Zelanda • Noruega • Perú • Filipinas • Polonia • Portugal • Puerto Rico • República Checa • Reino Unido • Rumania • Rusia • Singapur • Sudáfrica • Suecia • Suiza • Tailandia • Taiwán • Turquía • Ucrania • Venezuela

Copyright © 1999 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos. Impreso en Estados Unidos. AccessPath es una marca comercial. Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, el logotipo de Cisco Systems e IOS son marcas registradas de Cisco Systems, Inc. en Estados Unidos y en otros países. Las restantes marcas comerciales mencionadas en este documento son propiedad de sus respectivos propietarios. 19901R 6/99 B&W

Cisco CallManager Versión 3.0

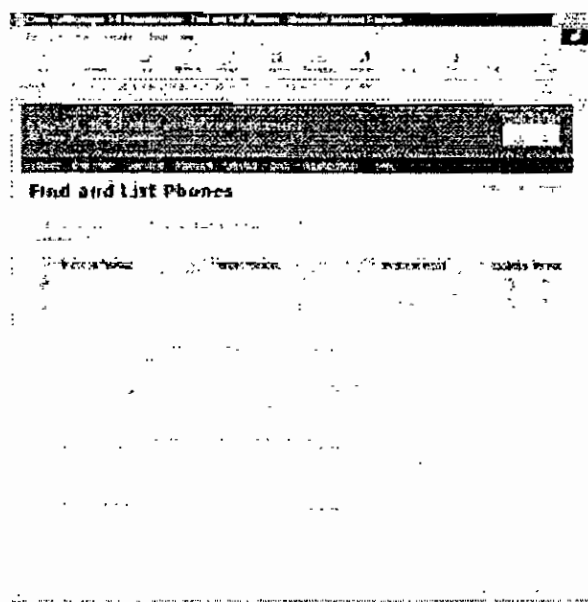
EL CISCO CALLMANAGER ES UN COMPONENTE BASADO EN SOFTWARE PARA EL PROCESAMIENTO DE LLAMADAS DE LA SOLUCIÓN DE TELEFONÍA CISCO IP, Y PARTE DE CISCO AVVID (ARCHITECTURE FOR VOICE, VIDEO AND INTEGRATED DATA). CISCO CALLMANAGER EXTIENDE LAS CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES DE LA TELEFONÍA PARA EMPRESAS A LOS DISPOSITIVOS DE RED DE TELEFONÍA POR PAQUETES, TALES COMO TELÉFONOS IP, GATEWAYS DE VOZ A TRAVÉS DE IP (VOIP) Y APLICACIONES MULTIMEDIA. A TRAVÉS DE INTERFACES DE PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES (API) DE TELEFONÍA ABIERTA DE CISCO CALLMANAGER, SE PROPORCIONAN SERVICIOS ADICIONALES DE DATOS, VOZ Y VÍDEO COMO MENSAJERÍA UNIFICADA, CONFERENCIA MULTIMEDIA, CENTROS DE CONTACTOS COOPERATIVOS Y SISTEMAS MULTIMEDIA DE RESPUESTA INTERACTIVA CON SOLUCIONES DE TELEFONÍA IP. CISCO CALLMANAGER SE INSTALA EN EL CISCO MEDIA CONVERGENCE SERVER (MCS).

Características y Ventajas Principales

El producto de software Cisco CallManager incluye un conjunto de aplicaciones integradas de voz que permite las conferencias de voz y las funciones de la consola de control manual. La característica más sobresaliente de estas aplicaciones de voz es que no se necesita hardware de procesamiento de voz especial. Extiende a los teléfonos IP y gateways los servicios complementarios y mejorados, como la retención, transferencia, reenvío, conferencia, la aparición de varias líneas, la selección automática de ruta, la velocidad de marcación, llamada al último número y otras características. Gracias a que es una aplicación de software, incrementar sus capacidades en los entornos de producción es simplemente una cuestión de actualizar el software en la plataforma del servidor, lo que reduce los costes de actualización de hardware. Es más, Cisco CallManager y todos los teléfonos, gateways y aplicaciones pueden distribuirse por una red IP, proporcionando así una red telefónica distribuida virtual. La ventaja de esta arquitectura es que mejora la estabilidad y capacidad de ampliación del sistema. El control de aceptación de llamadas garantiza que la calidad del servicio de voz (QoS) se mantiene a lo largo de enlaces WAN restringidos, y de forma automática desvía las llamadas para cambiar a rutas de la red de telefonía pública conmutada (PSTN) cuando el ancho de banda WAN no está disponible. Cisco CallManager está preinstalado en la plataforma servidor de alta disponibilidad Media

Convergence Server (MCS). Está disponible una interfaz Web navegable para acceder a la configuración de la base de datos desde dispositivos remotos y configuraciones de sistemas, como se muestra en la Figura 1. La ayuda en línea en formato HTML está disponible tanto para usuarios como para administradores.

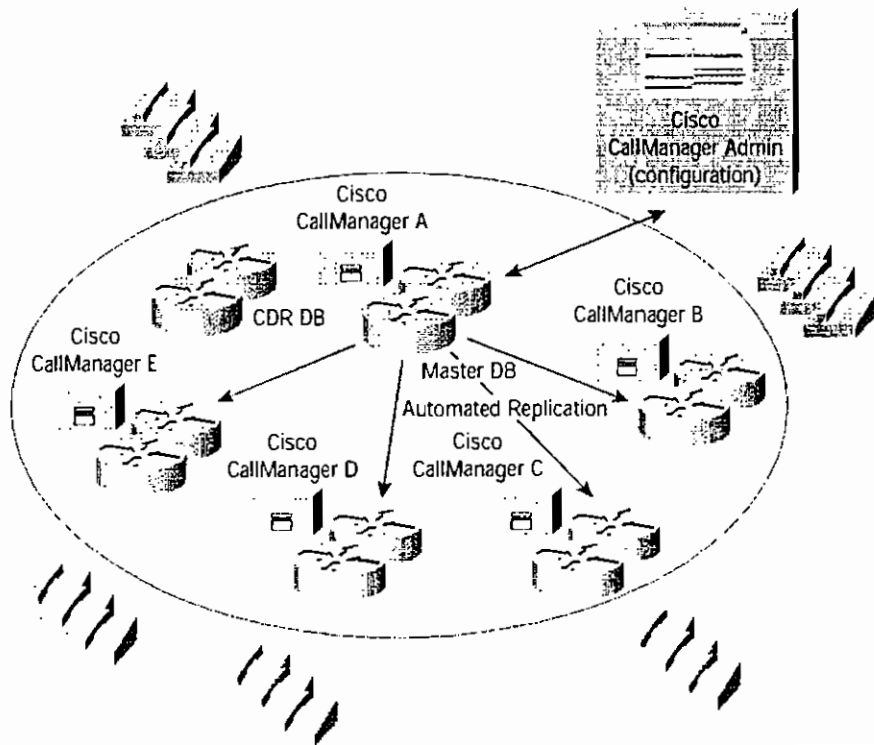
Ilustración 1 Administración de Cisco CallManager



La versión 3.0 de Cisco CallManager mejora de forma significativa la capacidad de ampliación, de distribución, y la disponibilidad de la solución de telefonía IP corporativa. Varios servidores Cisco CallManager se gestionan y agrupan como una sola entidad. La capacidad de agrupar varios servidores de procesamiento de llamadas en una red IP es única en la industria y resalta la arquitectura líder AVVID de Cisco. La Figura 2 ilustra la capacidad de distribución de servidores con un solo grupo. Ofrece una capacidad de

ampliación para 10.000 usuarios por cada grupo. Al interconectar varios grupos la capacidad del sistema puede incrementarse hasta decenas de miles de usuarios por cada sistema de multi-ubicación. El agrupamiento incrementa el potencial de varios Cisco CallManagers distribuidos, mejorando la capacidad de ampliación y de accesibilidad de los servidores a los teléfonos, gateways y aplicaciones. La redundancia triple de servidor mejora el rendimiento general del sistema.

Ilustración 2 Agrupamiento Cisco CallManager



Las mejoras en la versión 3.0 incluyen restricciones por grupo de usuarios, cambios en la configuración de la base de datos sin reinicio del sistema y mejoras en la capacidad de servicio del sistema. La interfaz de usuario administrativo se ha cambiado de forma sustancial para reducir la carga administrativa cuando se gestiona una red con gran cantidad de dispositivos y de usuarios. Los usuarios pueden utilizar la nueva característica de recepción de llamadas en grupo, así como de la compatibilidad con el primero de una nueva generación de teléfonos IP de Cisco, el modelo Cisco IP Phone 7960, que se ilustra en la Figura 3.

Ilustración 3 Modelo Cisco IP Phone 7960



Por último, las aplicaciones "sólo software" de multimedia y voz de Cisco como el sistema Cisco Low-End Interactive Voice Response, Cisco IP Contact Center, Cisco Automated Attendant, y Cisco SoftPhone son aplicaciones que interactúan con Cisco CallManager a través de APIs de telefonía. Estas aplicaciones amplían sus capacidades y su área de utilidad con Cisco AVVID. El usuario tiene la ventaja de acceder a aplicaciones distribuidas de nueva generación, que pueden interactuar con aplicaciones e-business.

Especificaciones

Plataforma

- Cisco Media Convergence Server, MCS 7830; servidor de alta disponibilidad, adecuado para el montaje en plataformas con bastidor de 19 pulgadas

Software preinstalado

- Cisco CallManager, Versión 3.0 (aplicación de procesamiento y control de llamadas)

- Base de datos de configuración Cisco CallManager versión 3.0 (contiene información de configuración del sistema y los dispositivos, incluyendo planes de marcación)
- Software Cisco CallManager Administration (aplicación para navegador web que proporciona una interfaz gráfica de usuario para la base de datos Cisco CallManager)
- Cisco Conference Bridge (aplicación de conferencia de voz)
- Cisco Web Attendant Console (sólo software, consola manual de control accesible viaWeb)

Resumen de las capacidades del sistema

Routing alternativo automático

*Ajuste de atenuación/ganancia en cada dispositivo (teléfono y gateway)

Selección automatizada de ancho de banda por llamada

Selección automática de ruta

Control de aceptación de llamadas

*Generación de ruido de apaciguamiento (teléfonos 79XX, gateways Catalyst 6XXX, gateways IOS)

*Tratamiento y análisis digital de la llamada (inserción, borrado y extracción de cadena de dígitos, y códigos de acceso de llamada)

*Procesamiento distribuido de la llamada

Instalación de dispositivos y aplicaciones a través de una red IP

"Grupos" de Cisco CallManagers

Máx. 2.500 dispositivos por cada servidor Cisco CallManager

Máx. 2.500 BHCC por cada servidor Cisco CallManager

Cinco servidores Cisco CallManager por grupo

Máx. 125.000 BHCC por cada grupo Cisco CallManager

Máx. 10.000 dispositivos por grupo

Capacidad de ampliación inter-cluster para diez ubicaciones/grupos a través de un gatekeeper H.323

Transparencia de la función intra cluster

Transparencia de la administración intra cluster

Capacidad de ampliación inter cluster para diez

ubicaciones/grupos a través de un gatekeeper H.323

FAX a través de IP—G.711 "pass through"

Interfaz H.323 a dispositivos seleccionados de otros fabricantes

Hot line/PLAR

Interfaz al gatekeeper H.323 para la capacidad de ampliación y control de aceptación de llamadas

*Localización múltiple—partición del plan de marcación
Admire protocolo múltiple ISDN (RDSI)

Utilidades de depuración y administración de múltiples plataformas remotas CallManager

Visor remoto terminal del sistema operativo

Aplicación de telnet relay

Herramientas de depuración de plataforma y base de datos—comando “mostrar” utilizando una interfaz de línea de comando

*Rendimiento en tiempo real de la aplicación y monitorización a través de herramientas OS y a través de SNMP.

*Monitorización de eventos en tiempo real y presentación en syslog común

Utilidad de traza de llamada

Capacidad de multi-ubicación (cross-WAN) con control de aceptación de llamadas

*Varios edificios—partición del plan de marcación

Estación fuera de las instalaciones (Off-premise station, OPX)

Bloqueo de llamadas salientes—sistema

Señalización DTMF fuera de banda a través de IP

Recuperación de fallos PSTN

Redundancia

*Triple redundancia Cisco CallManager por dispositivo (teléfonos, gateway) con recuperación automática de fallos

Grupos de enlace troncal

Compatibilidad con aplicaciones de otros fabricantes

Aviso de difusión—a través de FXS

SMDI para la indicación de mensajes de espera

Soporte para “hook-flash” en los gateways FXS

*Interfaz de proveedor de servicio TAPI 2.1 (TSP) (3.0(2))

*Interfaz de proveedor de servicio JTAPI 1.3 (3.0(2))

*Estadísticas de facturación y llamadas

*Configuración y administración de recursos/aplicaciones compartidas

*Recurso transcodificador

*Recurso “bridge” de conferencias

Supresión del silencio, detección de actividad de voz

*Compatibilidad con los planes de numeración no NANP

Compatibilidad con Simplified North American Numbering Plan (NANP)

Interfaz SMDI para la indicación de espera de mensajes

*Restricción de calidad—partición del plan de marcación

Configuración unificada de sistema y dispositivo

Plan de marcación unificado

* Indica características nuevas en Cisco CallManager 3.0

Resumen de las características de los usuarios

Respuesta/liberación de respuesta

Respuesta automática

Conexión de llamadas

Desvío de llamadas-Todas (fuera de la red/en la red)

Desvío de llamada-Comunicando

Desvío de llamada-Sin respuesta

Suspensión temporal/recuperación de llamadas

Aparcamiento/recogida de llamadas

Recepción de llamadas dirigidas a un grupo

Recepción de llamadas de grupo-universal

*Estado de la llamada por línea (estado, duración, número)

Llamada en espera/recuperación de llamadas

Identificación de la línea de llamada—CLID

Identificación del nombre del grupo que llama—CNID

Clic para marcar desde un navegador web

Marcación entrante directa—DID

Marcación saliente directa—DOD

*Marcación del directorio desde el teléfono (3.0(2))

Timbrado distintivo (interno vs. externo)

*Timbrado distintivo por teléfono

Altavoz full dúplex y manos libres

*Acceso a la ayuda html desde el teléfono

Rellamada del último número (fuera de la red/en la red)

Indicador de mensaje en espera

Conferencia múltiple—Instantánea con complementos, Meet-me

Aparición de varias líneas por teléfono

Silenciador—altavoz y auricular

Marcación Off-hook

Asistencia del operador—Interfaz de navegador Web,

notificación de bucle principal, conexión/desconexión,

ocupado/disponible, acceso manual izquierda/derecha,

acceso a auricular, luces de ocupado, selección directa de

estación, transferencia “drag and drop”, estado de la

llamada (estado, duración, número)

Privacidad

*Estadísticas QoS en el teléfono

*Lista de marcaciones recientes—llamadas al teléfono,

llamadas desde el teléfono, automarcación, edición de la

marcación

*Colaboración de datos con un solo botón en

SoftPhone—chat, pizarras electrónicas, compartición de

aplicaciones

Numeración única de directorio, varios

teléfonos—apariciones de líneas en puente

- Velocidad de marcación—varias velocidades de marcación por teléfono
- Controles de volumen de la estación (audio, tono)
- Transferencia—con suspensión temporal de consulta
- Velocidad de marcación configurada por el usuario, desvío de todas las llamadas a través de un acceso web
- *Servicios web accesibles desde el teléfono
- * Indica características nuevas en Cisco CallManager 3.0

Resumen de las características administrativas

- * Descubrimiento y registro de aplicaciones al administrador SNMP
- Registros de detalles de las llamadas
- * Base de datos de configuración centralizada y replicada, consolas de administración distribuidas basadas en la web
- * Tono de timbre de archivos WAV configurable y por defecto por teléfono
- * Notificación automatizada de cambios en la base de datos
- Formato de presentación fecha/hora configurable por teléfono
- * Información de depuración al archivo syslog común
- Instalación de dispositivos adicionales a través de asistentes
- Actualizaciones descargables de características de dispositivos—teléfonos, hardware, recurso transcodificador, recurso hardware de bridge de conferencia, recurso gateway VoIP
- Grupos y conjuntos de dispositivos para la administración de grandes sistemas
- * Herramienta de correspondencia de dispositivos —de direcciones IP a direcciones MAC
- Asignación de bloque IP a DHCP—teléfonos y gateways
- * Tabla de conversión de números marcados (conversión interna/externa)
- DNIS—servicio de identificación del número marcado
- Servicio de emergencia 911
- Interfaz homologado H.323 para los clientes, gateways y gatekeepers H.323
- Interfaz de telefonía informática *JTAPI 1.3 (3.0(2))
- * Interfaz de directorio LDAP v3 (3.0(2))
- * Compatibilidad MGCP para los gateways VoIP Cisco VG200 y AS2600
- * Ofrece soporte para servicios nativos complementarios a los gateways Cisco H.323
- * Teléfono sin papeles —muestra las etiquetas de los botones en los teléfonos

- * Control de rendimiento—estadísticas SNMP desde las aplicaciones al administrador SNMP o al sistema operativo Performance Monitor
- * Las estadísticas QoS se ofrecen por llamada y por dispositivo
- * RDNIS—DNIS redirigido, exterior
- * Selecciona la aparición de una línea determinada para el timbrado
- * Selecciona un teléfono específico para el timbrado
- * Un solo CDR por grupo
- Un solo punto de configuración sistema/dispositivo
- * Lista ordenable de componentes por dispositivo y directorio
- * Informes sobre los eventos del sistema—para el visor de eventos del sistema operativo o el syslog común
- * Interfaz de telefonía informática TAPI 2.1
- Zona horaria configurable por teléfono
- Conformidad para el año 2000
- Movimientos automáticos de teléfonos si costes
- Instalación de nuevos teléfonos sin costes
- * Indica características nuevas en Cisco CallManager 3.0

Información para los pedidos

Descripción del producto	Número de los componentes
El CD-ROM de actualización de Cisco CallManager 3.0 incluye software de soporte (actualización del sistema operativo y del servidor de la base de datos) y documentación	SW-CCM-3_OUPGD
MCS-7830 con Cisco CallManager preinstalado y preconfigurado y software de soporte	MCS-7830
MCS-7820 con Cisco CallManager preinstalado y preconfigurado y software de soporte	MCS-7820

CISCO SYSTEMS



Oficinas centrales de la empresa
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San José, CA 95134-1706
EE.UU.
<http://www.cisco.com>
Tel: 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

Oficinas centrales en Europa
Cisco Systems Europe
11, Rue Camille Desmoulins
92782 Issy Les Moulineaux
Cedex 9
Francia
<http://www-europe.cisco.com>
Tel: 33 1 58 04 60 00
Fax: 33 1 58 04 61 00

Oficinas centrales de América
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San José, CA 95134-1706
EE.UU.
<http://www.cisco.com>
Tel: 408 526-7660
Fax: 408 527-0883

Oficinas centrales de Asia
Nihon Cisco Systems K.K.
Fuji Building, planta 9
3-2-3 Marunouchi
Chiyoda-ku, Tokio 100
Japón
<http://www.cisco.com>
Tel: 81 3 5219 6250
Fax: 81 3 5219 6001

Cisco Systems tiene más de 200 oficinas en los siguientes países. Las direcciones, números de teléfono y de fax pueden encontrarse en el sitio Web Cisco Connection Online: <http://www.cisco.com/go/offices>.

Alemania • Arabia Saudí • Argentina • Australia • Austria • Bélgica • Brasil • Canadá • Chile • China • Colombia • Corea • Costa Rica • Croacia • Dinamarca • Dubái, EAU • Eslovaquia • Eslovenia • España • Estados Unidos • Finlandia • Francia • Grecia • Hong Kong • Hungría • India • Indonesia • Irlanda • Israel • Italia • Japón • Luxemburgo • Malasia • México • Holanda • Nueva Zelanda • Noruega • Perú • Filipinas • Polonia • Portugal • Puerto Rico • República Checa • Reino Unido • Rumanía • Rusia • Singapur • Sudáfrica • Suecia • Suiza • Tailandia • Taiwán • Turquía • Ucrania • Venezuela

Copyright © 2000 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos. Impreso en Estados Unidos. Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems y el logotipo de Cisco Systems son marcas registradas de Cisco Systems, Inc. o sus empresas afiliadas en Estados Unidos y en otros países. Las restantes marcas comerciales mencionadas en este documento son propiedad de sus respectivos propietarios. La utilización de la palabra "socio" no implica una relación de sociedad entre Cisco y cualquier de sus distribuidores. (0912R) 3/00 LW

1.6.1	NUEVO MERCADO	47
1.6.2	REDUCCIÓN DE COSTOS	47
1.6.2.1	POR INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS	48
1.6.2.2	POR TARIFACIÓN	48
1.6.3	CONSOLIDACIÓN DE ANCHO DE BANDA	49
1.6.4	PRESENCIA UNIVERSAL DE IP	50
1.6.5	MADURACIÓN TECNOLÓGICA	50
1.6.6	APLICACIONES Y SERVICIOS	51
1.6.6.1	SEGUNDA LÍNEA VIRTUAL	52
1.6.6.2	LLAMADA DE ESPERA DE INTERNET	52
1.6.6.3	LLAMADAS TRIPARTITAS EN FORMA DE TELECONFERENCIAS	53
1.6.6.4	CALL CENTERS EN PÁGINAS WEB	54
1.6.6.5	SERVICIO GLOBAL 1-800	54
1.6.6.6	MENSAJERÍA UNIFICADA	54
1.6.6.7	CONTROL PERSONALIZADO DE LLAMADAS	55
1.6.6.8	APLICACIONES DE FAX	55
1.6.6.9	REDES PRIVADAS VIRTUALES DE VOZ	56
1.7	EL FORUM VoIP	56
1.8	ESCENARIO DE UNA LLAMADA IP	57
1.9	CONFIGURACIONES BÁSICAS DE VoIP	59
1.9.1	PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE TELÉFONOS)	59
1.9.2	PSTN SOBRE INTERNET (TELEFONÍA ENTRE PCs)	61
1.9.3	PSTN SOBRE INTERNET (PC A TELÉFONO)	61
1.10	ANÁLISIS DE LAS CONFIGURACIONES	62
2.	PAQUETIZACIÓN DE LA VOZ	
2.1	LA VOZ	65
2.2	DIGITALIZACIÓN DE LA VOZ	65
2.2.1	MUESTREO	67