



T
004.6
ESP

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

**“Análisis del desempeño de los softwares de
Vídeo - Telefonía IP con respecto a la eficiencia y
eficacia de la conexión entre proveedores
de Internet del Ecuador”**

PROYECTO DE TOPICO DE GRADUACION:

“Comunicaciones en el Internet”

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION
ELECTRONICA**

PRESENTADO POR:

**RAQUEL ESPINOZA ZHINDON
IVAN MENENDEZ HOLGUIN
IVAN PADILLA AREVAJ**



D-20738

GUAYAQUIL-ECUADOR

2000

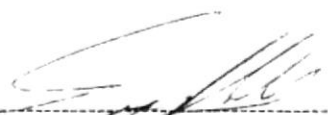
MIEMBROS DEL TRIBUNAL



Ing. Carlos Monsalve
Presidente



Ing. Boris Ramos
Director del Tópico de graduación



Ing. Sergio Flores
Miembro Principal



Ing. Albert Espinel
Miembro Suplente

AGRADECIMIENTO

Queremos rendir un homenaje de gratitud a Dios, nuestros padres y hermanos, quienes nos han brindado comprensión, ayuda y buenos consejos, que nos han servido para seguir adelante en esta etapa estudiantil y les agradecemos de corazón todo lo que han hecho por nosotros.

También queremos agradecer a todas aquellas personas quienes nos ayudaron y facilitaron los materiales necesarios para la elaboración de este proyecto, quienes lo hicieron con un solo interés que fue el contribuir con su granito de arena para ver realizado este trabajo y que en el futuro pueda servir de gran ayuda a aquellas personas que se interesen en el tema.

DEDICATORIA

Queremos dedicar este proyecto al ser más importante de nuestras vidas, a Dios nuestro señor, quien nos ha dado la vida y nos ha acompañado en cada paso que hemos dado, porque sin él no hubiésemos podido terminar este trabajo.

Raquel Espinoza Zhindón

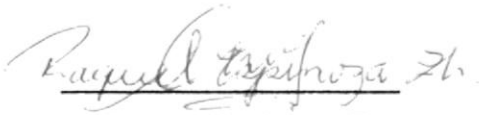
Ivan Padilla Arevalo

A mi familia por que supieron apoyarme e incentivarme para la culminación de mi carrera, especialmente a doña Lupe que con su, faltó un punto o una coma me motivo para mejorar y a don Isaac con su frase un resbalón no es caída me incentivó a no abandonar lo que empecé.

Ivan Menendez Holguin

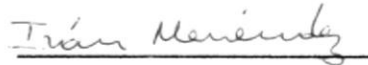
DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Raquel Espinosa Z.

Iván Padilla A.



Iván Menéndez H.

CONTENIDO.

INTRODUCCION	Pag 10
1.1 OBJETIVOS	Pag 12
1.2 ANTECEDENTES	Pag 12
2. FUNCIONAMIENTO	Pag 15
2.1 SERVICIOS DE DIRECTORIO	Pag 16
2.2 CONEXIÓN PUNTO A PUNTO	Pag 17
2.3 ENRUTADORES TELEFONICOS	Pag 18
3. ESTANDARES	Pag 21
3.1 RECOMENDACIONES H.323	Pag 21
3.1.1 ESTANDAR H.245	Pag 23
3.1.2 ESTANDAR H.225	Pag 23
3.1.3 RECOMENDACIÓN T.120	Pag 23
3.2 DESCRIPCION ARQUITECTONICA DEL H.323	Pag 25
3.2.1 TERMINALES	Pag 25
3.2.1.1 INTEROPERABILIDAD	Pag 27
3.2.1.2 COMUNICACIÓN DE MULTIPLES PUNTOS	Pag 30
3.2.2 GATEWAYS	Pag 32
3.2.3 GATEKEEPERS	Pag 32
3.3 MODELO Y ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA	Pag 33
3.4 H.323 SOBRE REDES IP	Pag 36

4. TECNOLOGIA	Pag 40
4.1 AUDIO	Pag 41
4.1.1 MUESTREO DE LA SEÑAL	Pag 42
4.1.2 COMPRESION Y CODIFICACION	Pag 43
4.1.2.1 CURVA DE SENSIBILIDAD DEL OIDO	Pag 45
4.1.2.2 FENOMENO DE ENMASCARAMIENTO	Pag 46
4.1.2.2.1 ESCALA PERCEPTUAL BARK	Pag 47
4.1.2.3 ATRIBUTOS DE LOS CODIFICADORES DE VOZ	Pag 48
4.1.2.3.1 VELOCIDAD BINARIA	Pag 49
4.1.2.3.2 RETARDO	Pag 50
4.1.2.3.3 COMPLEJIDAD	Pag 52
4.1.2.3.4 CALIDAD	Pag 52
4.1.2.4 CODECS DE FORMA DE ONDA	Pag 53
4.1.2.5 CODECS DE FUENTE	Pag 55
4.1.2.6 CODECS HIBRIDOS	Pag 56
4.1.2.7 COMPARACION ENTRE DISTINTOS CODECS	Pag 57
4.1.2.8 RECOMENDACIONES	Pag 57
4.1.2.8.1 RECOMENDACIONES G.771	Pag 58
4.1.2.8.2 RECOMENDACIONES G.728	Pag 58
4.1.2.8.3 RECOMENDACIONES G.723.1	Pag 59
4.1.2.8.4 RECOMENDACIONES G.729 Y G729	Pag 59

4.2 VIDEO	Pag 60
4.2.1 CODIFICACION	Pag 62
4.2.1.1 CODIFICACION HIBRIDA	Pag 64
4.2.1.2 CODIFICACION EN MODO INTRA	Pag 65
4.2.1.2.1 CODIFICACION POR PREDICCION	Pag 66
4.2.1.2.2 CODIFICACION DE LA TRANSFORMADA	Pag 67
4.2.1.2.3 CODIFICACION DE LA SUBBANDA	Pag 70
4.2.1.3 CODIFICACION EN MODO INTER	Pag 73
4.2.1.3.1 ESTIMACION DEL DESPLAZAMIENTO DEL MOVIMIENTO	Pag 74
4.2.1.3.1 ESTIMACION Y COMPENSACION DEL MOVIMIENTO	Pag 76
4.2.1.4 CODIFICACION EN MODO PB	Pag 79
4.2.2 ESTRUCTURA DL DECODIFICADOR	Pag 79
4.2.2.1 DIFERENCIAS ENTRE H.261 Y H.263	Pag 81
4.2.2.2 TENDENCIAS PARA EL FUTURO	Pag 83
4.2.3 TECNICAS DE COMPRESION	Pag 84
4.2.3.1 MJPEG	Pag 84
4.2.3.2 TRUE MOTION	Pag 85
4.2.3.3 INTEL INDEO	Pag 85
4.2.3.4 RTV	Pag 86
4.2.3.5 MJPEG	Pag 86
4.2.3.5.1 MPEG2 Y.MPEG2	Pag 87
4.2.3.5.2 MPEG4	Pag 88

5. RENTABILIDAD ECONOMICA	Pag 92
5.1 CONMUTACION DE CIRCUITOS Y PAQUETES	Pag 93
6. MERCADO	Pag 95
6.1 VOCALTEC INTERNET PHONE	Pag 96
6.1.1 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA	Pag 96
6.1.2 REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL SISTEMA	Pag 97
7. REGULACION	Pag 101
7.1 POSICION DE LA COMISION EUROPEA	Pag 102
7.1.1 CONSECUENCIAS REGLAMENTARIAS	Pag 107
7.2 POSICION DE LA ASOCIACION AMERICANA DE OPERADORES DE TELECOMUNICACIONES	Pag 111
7.2.1 POSICION DE LA COMISION FEDERAL DE COMUNICACIONES	Pag 112
7.3 REGULACION EN ECUADOR	Pag 115
8. METODOLOGIA APLICADA	Pag 117
8.1 INFRAESTRUCTURA UTILIZADA	Pag 118
9. ANALISIS	Pag 119
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Pag 136

GLOSARIO

PAG 139

ANEXOS

PAG 142

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Gateway	Pag. 12
Figura 2.2	Servicio de Directorio	Pag. 14
Figura 2.3	Conexión Punto a Punto	Pag. 15
Figura 2.2	Enrutadores Telefónicos	Pag. 16
Figura 3.1	Componentes H.323	Pag. 22
Figura 3.2	Características del H.323	Pag. 24
Figura 3.3	Comunicación de Múltiples Puntos	Pag. 27
Figura 3.4	Establecimiento de una llamada	Pag. 32
Figura 3.5	Pila de Protocolos H.323	Pag. 33
Figura 4.1	Proceso de Digitalización de Audio	Pag. 38
Figura 4.2	Curva de Sensibilidad del Oído	Pag. 42
Figura 4.3	Escala Bark	Pag. 43
Figura 4.4	Frecuencias de enmascaramiento	Pag. 44
Figura 4.5	Comparación entre codecs de Audio	Pag. 53
Figura 4.6	Diagrama de Bloques para un método de codificación intracuadros Híbrido	Pag. 68
Figura 4.7	Codificador de Intercuadros para la compensación del movimiento	Pag. 70
Figura 4.8	Operación de BMA	Pag. 71
Figura 4.9	Compensación del Movimiento	Pag. 74
Figura 4.10	Estructura General de Codificador para H.261 y H.261	Pag. 77
Figura 9.1	Porcentaje de eficiencia de los Proveedores	Pag. 124
Figura 9.2	Eficiencia promedio de los proveedores	Pag. 125
Figura 9.3	Conexión RAM – Satnet	Pag. 128
Figura 9.4	Conexión Satnet – RaM	Pag. 128

FIGURA 9.5	CONEXIÓN PORTA-ECUANET	PAG 128
FIGURA 9.6	CONEXIÓN ECUANET-PORTA	PAG 129
FIGURA 9.7	CONEXIÓN SATNET-PORTA	PAG 129
FIGURA 9.8	CONEXIÓN PORTA-SATNET	PAG 129
FIGURA 9.9	CONEXIÓN ESPOLTEL-PORTA	PAG 130
FIGURA 9.10	CONEXIÓN PORTA-ESPOLTEL	PAG 130
FIGURA 9.11	CONEXIÓN RAM-PORTA	PAG 130
FIGURA 9.12	CONEXIÓN RAM-ECUANET	PAG 131
FIGURA 9.13	CONEXIÓN ECUANET-RAM	PAG 131
FIGURA 9.14	CONEXIÓN PORTA-RAM	PAG 131
FIGURA 9.15	CONEXIÓN SATNET-ECUANET	PAG 132
FIGURA 9.16	CONEXIÓN ECUANET-SATNET	PAG 132
FIGURA 9.17	CONEXIÓN ESPOLTEL-ECUANET	PAG 132
FIGURA 9.18	CONEXIÓN ECUANET-ESPOLTEL	PAG 133
FIGURA 9.19	CONEXIÓN SATNET-ESPOLTEL	PAG 133
FIGURA 9.20	CONEXIÓN RAM-ESPOLTEL	PAG 133
FIGURA 9.21	CONEXIÓN ESPOLTEL-RAM	PAG 134
FIGURA 9.22	CONEXIÓN ESPOLTEL-SATNET	PAG 134

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1	RECOMENDACIÓN T 120	PAG 21
TABLA 3.2	RECOMENDACIÓN H.32X	PAG 26
TABLA 3.3	SECUENCIA DE ARRANQUE DE UNA SESION	PAG 34
TABLA 4.1	RESOLUCION DE LA IMAGEN PARA LAS NORMAS DE COMPRESION DE VIDEO	PAG 58
TABLA 4.2	ESTANDARES MPEG	PAG 82
TABLA 6.1	PROVEEDORES DE TELEFONIA EN INTERNET	PAG 86
TABLA 9.1	DEFICIENCIA Y PROPORCION DE ERRORES POR SOFTWARE	PAG 119
TABLA 9.2	MATRIZ SIMETRICA DE PROMEDIOS DE LOS RETARDOS	PAG 126
TABLA 9.3	TABLA DE LA MEJOR COMBINACION DE PROVEEDORES	PAG 127
TABLA 9.4	RESULTADO DE LOS RETARDOS ENTRE LAS PAREJAS DE PROVEEDORES	PAG 135

1. INTRODUCCION

El crecimiento del uso de internet es directamente proporcional al crecimiento en la diversidad y cantidad de servicios que se desarrollan en él. Frente a lo anterior se hace evidente el gran auge de la telefonía por internet en los próximos años, razón suficiente para no dejar de lado el desarrollo de este nuevo servicio.

Los softwares de videotelefonía IP que existen en la actualidad son innovadores ya que hacen utilización de la nueva tecnología existente y especialmente del Internet.

Aprovechan muy bien las características multimedia de las clásicas PC de hogar para proveer al usuario una interactividad muy buena, considerando que cada persona puede observar a su interlocutor a través de la pantalla del computador.

Las aplicaciones de estos softwares extienden a las comunicaciones hacia el reino de los multimedia combinando audio, vídeo y capacidades de texto además, de reducir el costo de llamadas a larga distancia.

Así es, los softwares de videotelefonía IP significan ahorros en costos de llamadas a cualquier persona y en cualquier lugar debido a que la información viaja en forma de paquetes digitales comprimidos a través del Internet, teniendo comunicaciones en tiempo real y full dúplex

Estos sistemas son perfectos para los usuarios de Internet que tienen una sola línea telefónica por que se pueden aceptar llamadas

mientras se está navegando en la red, utilizando la misma línea al mismo tiempo, y es tan fácil de usar como cualquier teléfono, lo único que se necesita es un PC con conexión a Internet, una tarjeta de sonido, micrófonos y parlantes.

Estos softwares presentan ciertas características y cualidades de gran importancia que deben ser aprovechadas y para ello hemos realizado un análisis completo el cual, lo hemos dividido en nueve capítulos.

El capítulo 1 menciona los objetivos y antecedentes de nuestro proyecto.

El capítulo 2 se refiere al funcionamiento y las distintas formas de ofrecer el servicio de videotelefonía.

El capítulo 3 habla de los estándares y recomendaciones que rigen estos servicios.

El capítulo 4 lo hemos dividido en dos partes, audio y video, en los cuales hablaremos acerca de las diferentes técnicas de codificación y compresión de los mismos.

El capítulo 5 hablamos de la rentabilidad económica, en donde hablamos el porque el software de telefonía ip significa ahorros en el costo de llamadas especialmente en el de larga distancia.

El capítulo 6 lo hemos denominado mercado en donde mencionaremos los diferentes softwares que existen en la actualidad, y además mencionaremos algunas características y requerimiento mínimos de los 2 softwares más importantes a nivel mundial.

El capítulo 7 hablaremos de la regulación en donde presentaremos las diferentes posiciones a nivel mundial y en especial del Ecuador.

El capítulo 8 hablaremos de la metodología aplicada para el análisis de nuestro proyecto.

El capítulo 9 presenta los resultados y las conclusiones obtenidos en nuestro análisis.

1.1 Objetivos.

- Probar dos softwares de videotelefonía IP y analizarlos para saber cual es más eficiente tanto en audio como en video.
- Verificar cual es la conexión entre proveedores de internet del Ecuador más eficiente y eficaz que nos permitan un mejor desempeño para el uso de estos softwares.
- Obtener conocimiento de los estándares de audio, video e interoperabilidad disponibles en el mercado.
- Obtener conocimiento de las leyes y reglamentos a nivel mundial para su futura regulación en el Ecuador.
- Presentar ciertas recomendaciones para el mejoramiento en el desempeño de estos softwares.

1.2 Antecedentes.

Hasta hace poco años existían en forma independiente las redes de teléfonos y de datos, pero la llegada de Internet trajo consigo una transformación en el sistema. Hoy Internet es capaz de procesar éstas y otras tecnologías que se presentan en los últimos tiempos.

Cuando la telefonía sobre Internet se empezó a desarrollar hace unos cuantos años, Vocaltec introdujo el primer software comercial a principios de 1995, se consideró como algo curioso de dudoso éxito comercial ya que por su calidad, tan mala debido a los retardos impredecibles que producían, no representaban una alternativa viable a la telefonía tradicional, pero de hecho no ha sido así y está

impactando de tal manera que ha obligado a la industria de las telecomunicaciones a replantarse la manera en como hacer negocio.

Para establecer una comunicación de voz utilizando la red Internet, lo primero que se necesita es establecer la conexión entre los dos PCs de los usuarios, equipados con el mismo software o compatible, que desean comunicarse, es decir establecer una sesión IP; a partir de ahí, se digitaliza la voz y mediante técnicas de compresión se comprime para que no ocupe un ancho de banda excesivo, se puede transmitir a través de la red como si fuera un flujo de datos.

Existen otras dos modalidades que se dan en el caso de establecer la comunicación entre un teléfono y un PC o bien entre dos teléfonos, utilizando la red Internet.

En el primer caso es necesario disponer de un Gateway conexión por un lado a Internet y por el otro a la PSTN, que digitalice la voz si es que ya no lo está, la comprima, empaque y realice la traslación entre direcciones IP y números de la PSTN, realizando el proceso simultáneamente en ambos sentidos.

En el caso de llamadas entre teléfonos a través de Internet, el proceso es parecido, utilizando dos gateways, uno en cada extremo.

Los estándares que rigen estos softwares de telefonía IP están definidos por la ITU en el documento H.323. Uno de los principales inconvenientes que tenían estos softwares era la interoperabilidad o compatibilidad entre los mismos. Pero en la actualidad existen fabricantes que están desarrollando softwares para eliminar este impedimento.

Llevar la voz sobre Internet se consigue utilizando técnicas de compresión de muy potentes radios de 8 a 1 o incluso mayor que permiten pasarla sobre un ancho de banda muy pequeño y un software de codificación-decodificación similar al usado en radio (G.723 es uno de estos estándares), junto con el protocolo IP propio del Internet.

Si se utiliza por ejemplo un módem de 28.8 Kbits/s las imágenes se pueden refrescar cada 8 o 10 segundos, pero aún así la calidad que se obtiene es muy pobre lo que hace que su grado de aceptación sea muy bajo.

Si el usuario dispone del ancho de banda mínimo requerido, puede hablar y navegar al mismo tiempo y de esta manera se despreocupa del tiempo que emplea en Internet, teniendo la tranquilidad de que no va a perder ninguna llamada, generando negocio para ambos, el operador de la red telefónica y el proveedor de servicio de Internet.

La principal causa que afecta la calidad en la comunicación es el retardo que se produce a causa de la propagación de la señal, por el llenado y vaciamiento de los registros de datos a lo largo de todo el camino y por el proceso de encaminamiento dinámico y reensamblado de los paquetes en los que se ha transformado el flujo de voz. Las técnicas de reensamblado y reconstrucción de paquetes están continuamente mejorando para crear una secuencia coherente que el usuario aprecie como una mejor calidad de voz.

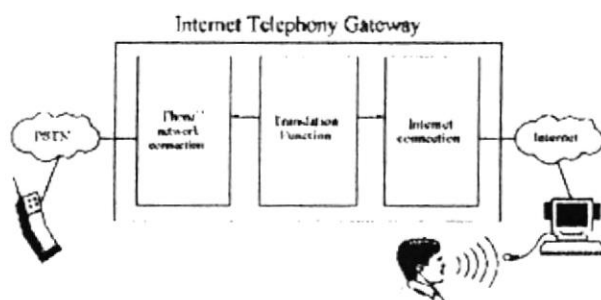
2. FUNCIONAMIENTO

La información de audio es digitalizada por un computador, luego es comprimida y dividida en paquetes bajo el protocolo IP y es enviada por Internet hacia el computador de destino. A su vez el computador invierte la operación anterior, cabe decir, toma los paquetes llegados, los descomprime, y los transforma en señales de audio, todo en tiempo real.

En los casos donde las líneas telefónicas forman parte de la comunicación, el proceso se realiza de igual manera, agregando sólo una etapa en cada extremo, la cual es realizada por un Gateway (puente de enlace entre la red telefónica e Internet).

El Gateway se conecta a la red telefónica, quedando habilitado el sistema para una comunicación a cualquier teléfono del mundo, y por el otro extremo el Gateway se conecta a Internet, estableciendo el contacto con cualquier computador o Gateway conectado a Internet. Ambas operaciones (entrada y salida de la red telefónica) se realizan en forma simultánea y en tiempo real, permitiendo conversaciones en ambos sentidos a la vez (full-duplex).

Gateway Fig 2.1



Entonces es posible indicar que existen tres formas distintas de ofrecer el servicio:

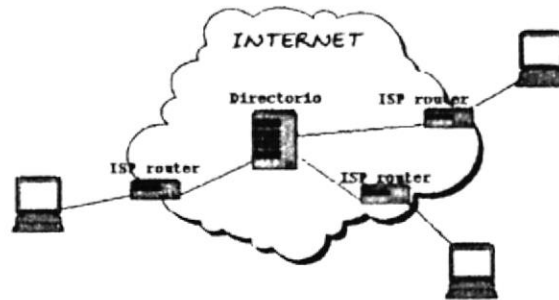
- Servicios de directorio
- Conexión punto a punto
- Enrutadores

2.1 Servicios de directorio.

Los servicios de directorio son los más comunes. En este tipo de servicio es indispensable adquirir un software para poder realizar la conexión al servidor de directorios y poder realizar la comunicación.

La compañía productora del software mantiene un servidor que contiene un directorio de direcciones IP o un conjunto de nombres que apuntan a una dirección IP específica, estas direcciones pertenecen a los distintos usuarios que están conectados en ese momento al servidor usando el software de la casa productora. Los usuarios que se conectan en el servidor ven una lista que indica cuales usuarios están en línea, luego un usuario puede seleccionar la dirección IP correspondiente al usuario con el que desea comunicarse y se inicia la llamada.

El inconveniente de este tipo de servicio es que los usuarios deben estar conectados al servidor de directorio para poder recibir las llamadas. Fig.2.2



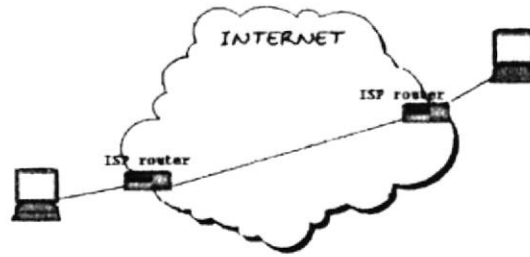
Servicio de Directorio

Fig.2.2

2.2 Conexión punto a punto.

Con una conexión punto a punto el servidor de directorio es transparente para el usuario, este sólo ingresa la dirección IP de la persona a la que desea llamar. Su diferencia con respecto al servicio de directorio radica en que el emisor no selecciona al receptor en una lista, por lo tanto para establecer la comunicación este debe conocer la dirección IP del receptor.

Como en el caso del servicio de directorio tiene el inconveniente de que la persona debe estar en conectada en ese momento al servidor para establecer la comunicación. En estos casos el emisor debe primero hacer una llamada sobre líneas convencionales telefónicas al receptor, para indicarle que desea comunicarse con él y así puedan establecer luego la comunicación de voz a través de Internet.

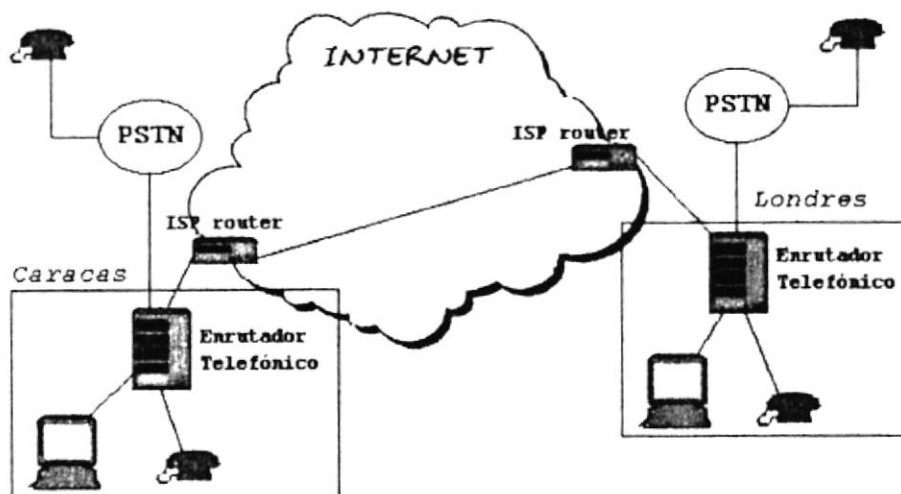


Conexión Punto a Punto

Fig.2.3

2.3 Enrutadores telefónicos.

Actualmente están emergiendo enrutadores telefónicos cuyo costo está alrededor de los \$4000 incluyendo hardware y software. Este servicio trabaja de la siguiente manera: supongamos que una compañía tiene sus enrutadores en sus oficinas principales en Caracas y Londres. Un usuario en Caracas levanta su teléfono o ejecuta su software cliente, se conecta al enrutador de Caracas, y marca el número de la persona localizada en Londres. La llamada viaja sobre Internet hasta el enrutador de Londres, el cual conecta (a través de la PBX corporativa) la llamada a la persona indicada, todo por el costo del acceso a Internet. Fig.2.4



Enrutadores Telefónicos

Fig.2.4

Si la persona llamada está en Londres pero no en su oficina, entonces el enrutador de Londres inicializa una llamada sobre la red pública conmutada (PSTN) local de Londres con el costo del acceso a Internet más el costo de la llamada local en Londres.

Para la selección del enrutador telefónico se debe tomar en consideración si el producto incluye en el precio tanto el hardware como el software, además el número de líneas que puede manejar, y un aspecto muy importante en el hardware es si este incluye DSP (Digital Signal Processing, procesador digital de señal) o no.

El enrutador telefónico sin DSP consumirá recursos del PC sobre el que está instalado, esto afectará el rendimiento de dicha plataforma. En esos casos lo más recomendado es no compartir con otras aplicaciones los recursos del PC dejándolo sólo para uso exclusivo

del enrutador. Cuando el enrutador telefónico posee su propio DSP, usará sus propios recursos liberando al PC de dichas tareas y permitiendo que los recursos de éste sean utilizados por otras aplicaciones. Es claro que al seleccionar un enrutador telefónico con DSP el costo aumentará y las ventajas también.

En el DSP residen los distintos algoritmos de compresión y descompresión usados por el enrutador telefónico, esto los hace mucho más poderosos que aquellos enrutadores sin DSP en los cuales la velocidad de ejecución de los algoritmos de compresión y descompresión depende de la velocidad del bus de comunicaciones de la interfaz con el PC y de la velocidad del procesador central del PC.

3. ESTÁNDARES

Los estándares son muy importantes y cruciales en el mundo de la videotelefonía IP. Una de las áreas de mayor importancia para estandarización es el protocolo entre los productos de telefonía IP.

Los primeros productos usaban protocolos propios para comunicarse unos con otros es decir, para poder comunicarse ambas partes tenían que tener productos similares. Actualmente, existe una industria fuerte hacia los estándares basados en la recomendación H.323 de la ITU (International Telecommunication Union). La recomendación describe el estándar de la telefonía IP y determina como puede ser instalado sobre protocolos de redes existentes.

3.1 Recomendación H.323

La ITU, ha combinado varios estándares de bajo nivel en estándares de protección, incluido H.323 para multimedia sobre LANs con calidad de servicio no-garantizada. Aprobada en 1996, el estándar H.323 soporta multimedia sobre redes conmutadas por paquetes tales como ethernet que ejecutan TCP/IP, fast ethernet, FDDI y LANs token ring. En el contexto de H.323, las LANs también incluyen redes formadas por múltiples LANs interconectadas por conmutadores, puentes y routers. La versión 2 de H.323 aprobada en Febrero de 1998, añade funciones dentro de los protocolos existentes tales como Q.931, H.245 y H.225, así como nuevos protocolos. Los avances más significativos están en seguridad, servicios e integración suplementaria T.120/H.323.

Este estándar cubre requerimientos técnicos para servicios de videotelefonía en banda angosta, además cubre los elementos necesarios para realizar una llamada y son:

Vídeo codecs, audio codecs, aplicaciones compartidas (T.120), control de llamada y control del sistema.

Como ya lo mencionamos H.323 fue originalmente diseñado para redes LANs, el ancho de banda variable del Internet elimina algunos elementos inútiles o no provechosos del H.323.

El audio codec de H.323 por default es G.711 sin embargo, el ancho de banda de 64 Kb/s requerido por G.711 hace que este sea ajeno al mundo del Internet; aún así, mucho de este estándar es útil, y lo que es mucho más importante está siendo ampliamente adoptado. Junto con G.711, H.323 especifica los audio codecs G.722, G.723.1, G.728, G.729; permitiéndose también a las partes negociar otros codecs.

Los codecs de banda baja: G.729 a 8 Kb/s y G.723 a 5.3/6.3 Kb/s son los más relevantes para el uso del Internet y es G.723 en forma particular que está emergiendo como uno de los codecs estándares para telefonía IP.

Para la codificación del vídeo, el modo H.261 QCIF es obligatorio mientras que, H.261 CIF y todos los modos H.263 son opcionales. Los estándares H.225.0 y H.245 se encargan del control del sistema. La serie de recomendaciones T.120 se utiliza para aplicaciones de datos.

3.1.1 Estándar H.245

H.245 define y usa los mensajes de control que soportan señalización extremo a extremo entre dos puntos, en un canal de control confiable que especifica la sintaxis y la semántica exacta que implementan el control de llamadas, comandos e indicaciones generales, la apertura y cierre de canales analógicos para audio, vídeo y datos, la determinación de retardos, los requerimientos de preferencia de modos, los mensajes de control de flujo y los intercambios de capacidad.

3.1.2 Estándar H.225.0

H.225.0 es un estándar el cual cubre los servicios para sistemas de videotelefonía en banda angosta definido en H.200/AV.120-Series Recommendation. Este específicamente trata con esas situaciones en donde la trayectoria de transmisión incluye una o más redes basadas en la conmutación de paquetes, cada una de las cuales es configurada para proveer una calidad de servicio no-garantizada (QoS). H.225.0 proporciona el servicio de multiplexación y demultiplexación empleada por H.323, es responsable de paquetizar y sincronizar las corrientes de audio, vídeo, datos y control para su transmisión por la interfaz de LAN.

3.1.3 Recomendación T.120

ITU-T Recomendación T.120 es titulado "los Protocolos de Transmisión Para Información Multimedia".

Esta recomendación define transportes multipuntos para información multimedia.

T.120 les permiten a los participantes que compartan datos durante una conferencia. Estos datos pueden ser datos del whiteboard o otro tipo de datos como un archivo binario.

T.120 son una serie de recomendaciones. Estas recomendaciones y sus títulos se muestran en la tabla 3.1. T.123 definen conexiones para los varios tipos de redes (incluso las POTS, ISDN, y LANs). T.122 y T.125 definen la comunicación multipoint.

T.124 proporcionan el mecanismo para preparar y manejar conferencias. T.127 definen intercambios de archivos. T.126 definen vistas y anotaciones de imágenes compartidas y aplicaciones compartidas.

Algunos de éstas recomendaciones han sido formalmente aceptados por el ITU-T mientras otras están en la fase de proyecto y esperan ser aprobadas pronto.

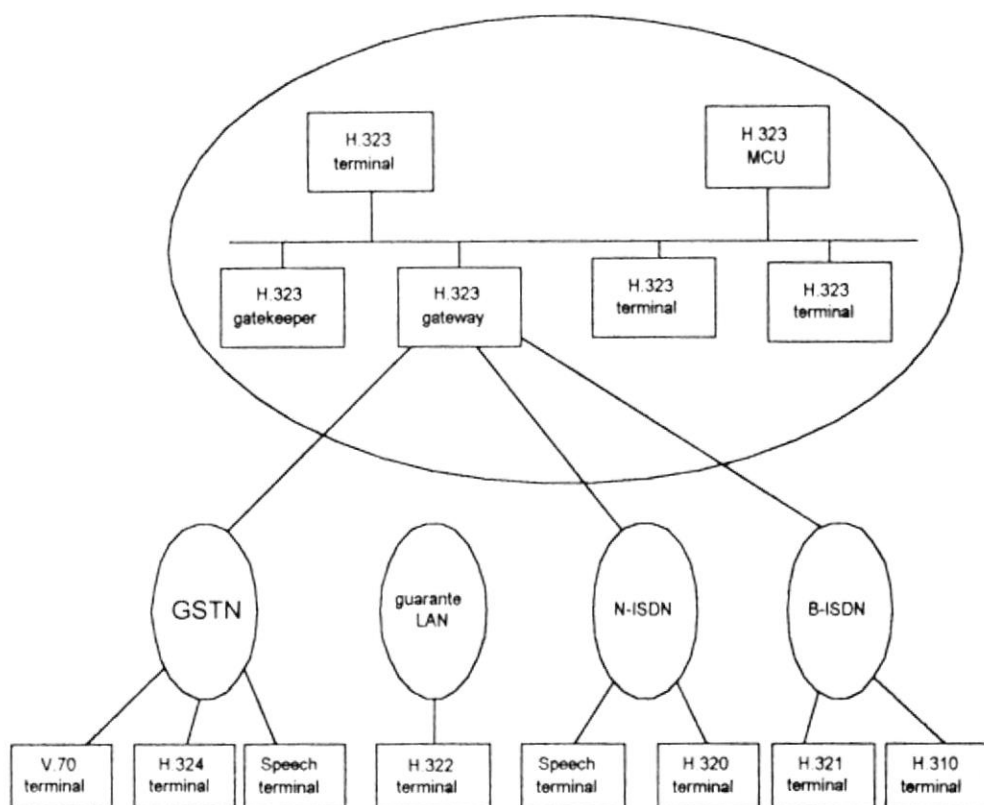
T.121	Generic Application Template (TGAT)
T.122	Multipoint Communication Service for Audiographics Conferencing Service Definition
T.123	Protocol Stacks for Audiographic and Audiovisual Teleconference Applications
T.124	Generic Conference Control
T.125	Multipoint Communication Service Protocol Specification
T.126	Multipoint Still Image and Annotation Protocol

Recomendación T.120

Tabla 3.1

3.2 Descripción arquitectónica del H.323

H.323 define cuatro componentes importantes: terminales, gateways, gatekeepers y unidad de control de múltiples puntos (MCU). La figura 3.1 nos muestra los componentes del H.323



Componentes H.323

Fig. 3.1

3.1.4 Terminales.

Los terminales son los puntos finales en el LAN que proporcionan comunicaciones bidireccionales en tiempo real. La figura 3.2 muestra un ejemplo de una terminal H.323 y como otras

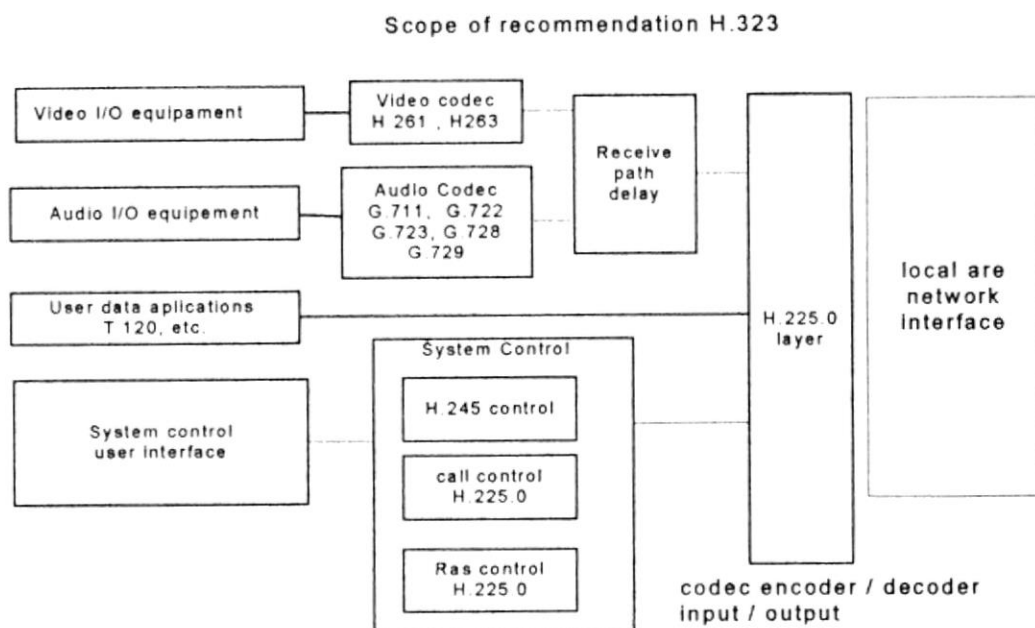
recomendaciones de la ITU, H.323 no especifica el equipo de audio o vídeo, las aplicaciones de los datos o la interfaz de la red.

Todas las terminales deben utilizar comunicaciones de voz, el vídeo y datos son opcionales. H.323 especifica el modo de operación requerido para audio, vídeo y datos de tal forma que trabajen en conjunto. Todas las terminales H.323 deben utilizar H.245 además, otros tres componentes:

Q.931 para la disposición de señalización de llamada, un componente llamado RAS (Registration/Admission/Status) que es un protocolo utilizado para comunicarse con un gatekeeper y el otro componente que es el RTP/RTCP para ordenar los paquetes de audio y vídeo. Los componentes opcionales en un terminal H.323 son vídeo codecs, protocolos para comunicación de datos T.120 y las capacidades MCU.

Las funciones de control de llamada son el corazón del terminal H.323. Todas las señales de audio, vídeo y de control pasan por una capa de control que forma las secuencias de datos en los mensajes para la salida de la interfaz de la red. El proceso reverso ocurre para las secuencias entrantes.

Esta capa también realiza la enmarcación, la enumeración de las secuencias, la detección de error y la corrección de errores lógicos. Los protocolos Q.931, de RAS, y de RTP/RTCP realizan estas funciones.



Características del H.323

Fig. 3.2

El control total del sistema es proporcionado por: el canal de control H.245, el canal de señalización de llamada Q.931 y el canal de RAS.

El canal de señalización de llamada utiliza Q.931 para establecer una conexión entre dos terminales. El RAS realiza la función de registro, admisión, cambios en el estatus y facilita procedimientos entre los puntos finales y los gatekeeper. RAS no se utiliza si un gatekeeper no está presente.

3.1.4.1.1 Interoperabilidad.

Desde hace unos cuantos años, las pruebas de interoperabilidad han venido a la vanguardia de la industria de las comunicaciones; patrocinadas por el IMTC y las decenas de compañías independientes de hardware y software, las mismas que han

permitido probar sus productos basados en H.32x y de T.120 con otros.

Una meta fundamental en el desarrollo de H.323 era la interoperabilidad con otros tipos de terminales, esto incluye las terminales: H.320 que funciona con las terminales de banda N-isdn (Narrow-integrated services digital network), H.321 que funciona con el ISDN de banda ancha, las terminales H.322 que funcionan con IsoEthernet, las terminales H.324 que funcionan con la red de telefonía general (GSTN) y la terminales H.310 que funcionan con el Asynchronous Transfer Mode (ATM). Ver tabla 3.2.

Esta interoperabilidad se alcanza con el uso de recomendaciones, de procedimientos y de mensajes comunes. Una unidad llamada gateway se especifica para realizar la conexión, la traducción o señalización de la red requerida para la interoperabilidad.

	H.320	H.321	H.322	H.323	H.324
Fecha de Aprobación	1990	1995	1995	1996/1999	1996
Red	ISDN digital banda estrecha	LAN de banda ancha	Redes conmutadas de paquetes garantizada s	Redes Conmutadas de paquetes No non- guaranted (Ethernet)	PSTN el sistema de teléfono analógico
Video	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263
Audio	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728 G.723 G.729	G.723
Multiplexa.	H.221	H.221	H.221	H.225.0	H.223
Control	H.230 H.242	H.242	H.242 H.230	H.245	H.245
De múltiples Puntos	H.231 H.243	H.231 H.243	H.231 H.243	H.323	
Datos	T.120	T.120	T.120	T.120	T.120
Comm. Interfaz	L400	AAL L363 AJM L361	L400& TCP/IP	TCP/IP	Módem V.34
		PHY			

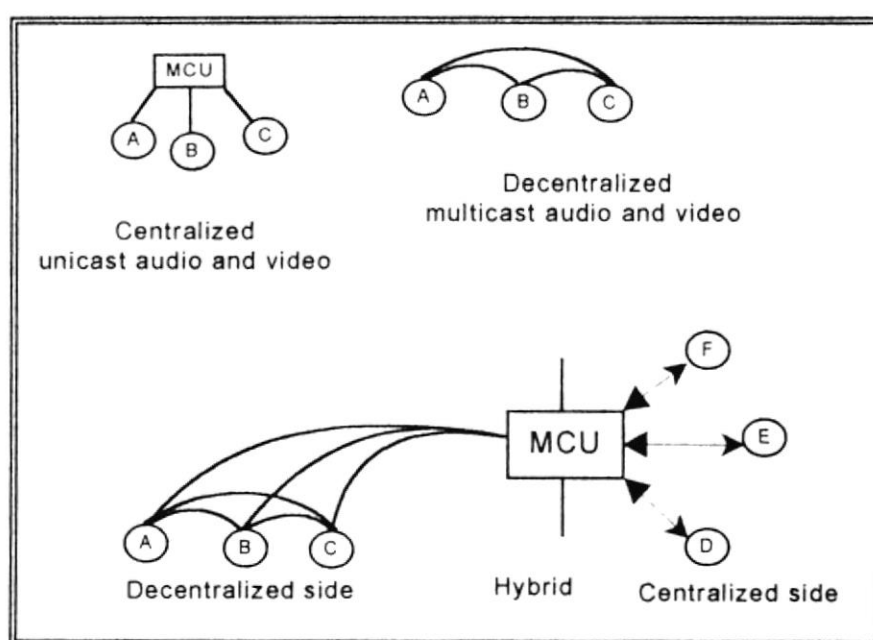
Tabla 2 Recomendaciones H.32X

3.2.1.2 Comunicación de múltiples puntos.

Una de las diferencias principales entre las terminales H.323 y otra terminales de la ITU está en la comunicación de múltiples puntos. H.323 ha definido varios modos de comunicación.

La conferencia punto a punto ocurre entre dos terminales, las conferencias de múltiples puntos ocurren entre tres o más terminales y las de difusión ocurren entre una terminal que envía y muchas terminales de recepción.

Tres tipos de conferencias de múltiples puntos se definen: centralizada, descentralizada e híbrida, ver figura 3.3.



Comunicación de Múltiples Puntos

Fig. 3.3

La conferencia de múltiples puntos centralizada utiliza una unidad de control de múltiples puntos (MCU) para distribuir secuencias de audio, vídeo y datos. Cada terminal envía sus secuencias al MCU el cual mezcla el audio, la distribución de datos y la conmutación de vídeo y luego envía las secuencias que resultan a las terminales.

En las conferencias de múltiples puntos descentralizadas, cada terminal distribuye sus secuencias a las terminales de la conferencia usando el multicast o mecanismos similares. Esto elimina la necesidad de MCU central.

Una conferencia híbrida combina elementos de las conferencias centralizadas y descentralizadas por ejemplo: el audio se puede mezclar por un MCU central mientras que el vídeo es multicast entre todas las terminales. Algunas terminales en una conferencia pueden participar en modo centralizado mientras que otras participan en modo descentralizado.

Para utilizar estos modos de conferencia el MCU se ha dividido en dos partes: un procesador de múltiples puntos (PM) y un regulador de múltiples puntos (MC). PM realiza la mezcla del audio, la mezcla del vídeo o la conmutación del vídeo. PM es solamente necesario para conferencias centralizadas.

El MC proporciona control de la conferencia como el establecimiento de los canales, etc. El MC se requiere para todos los multipuntos de la conferencia. Esta división de las funciones permite que el MC sea situado en un terminal, un gateway o un portero cuando un MCU no se requiera.

3.1.5 Gateway.

El gateway es un elemento opcional en la conferencia H.323, realizan la función de traducción entre los puntos finales de la comunicación H.323 y otros tipos de terminales. Esta función incluye la traducción entre los formatos de la transmisión, por ejemplo de H.225.0 a H.221, y entre los procedimientos de las comunicaciones, por ejemplo de H.245 a H.242. Además, el gateway traduce entre los codecs de audio y vídeo y realiza la disposición o establecimiento de llamada. En general, el propósito del gateway es reflejar las características de un punto final del LAN a un punto final del SCN (redes conmutadas por circuito) y viceversa.

Los gateways no se requieren si las conexiones a otras redes no son necesarias puesto que los puntos finales pueden comunicarse directamente con los otros puntos finales en la misma LAN.

Las terminales se comunican con los gateway usando los protocolos H.245 y Q.931.

3.1.6 Gatekeeper.

Un gatekeeper es el componente más importante en una red permitida H.323, proporciona varias funciones. Primero, proporciona un mecanismo para los administradores de la red para controlar la cantidad de tráfico de la videotelefonía en la red. Esto se hace con el control de la admisión.

Las terminales deben conseguir el permiso del gatekeeper para validar una llamada; este permiso incluye un límite en la cantidad de ancho de banda que la terminal puede utilizar en la red.

Los criterios que el gatekeeper utiliza para permitir llamadas o los cambios de anchos de bandas no están dentro del alcance de H.323 sino a la discreción del fabricante.

El gatekeeper también proporciona servicios de conversión de dirección es decir, el gatekeeper va a traducir el número de teléfono o la dirección alias al direccionamiento de la red para el terminal de destino.

El gatekeeper es opcional en los sistemas H.323 y los sistemas que no lo tienen, no pueden tener estas capacidades. Sin embargo, si un gatekeeper está presente, las terminales deben hacer uso de las capacidades ofrecidas por el mismo.

3.2 Modelo y establecimiento de una llamada.

H.323 define 2 modelos básicos para la señalización de la llamada. El primer modelo es el de señalización directa, donde ésta ocurre directamente entre los puntos finales (terminales). El segundo modelo es el de señalización a través del gatekeeper el cual retransmite la señalización entre todos los puntos finales.

El establecimiento de la llamada en H.323 ocurre en varios pasos; primero, si se utiliza un gatekeeper, el punto final 1 (end point 1) debe solicitar el permiso de llamada al gatekeeper usando el canal H.225.0, ARQ (mensaje 1) ver figura 3.4. Si el gatekeeper permite la llamada responde con ACF (2); si no, rechaza la petición usando ARJ (2). Si no hay gatekeeper, o después de que se recibe el permiso, el endpoint 1 envía un mensaje de set up (3) (establecimiento de llamada) al endpoint 2 o sea al supuesto

receptor, entonces éste reconoce el mensaje de set up enviando un mensaje de procedimiento de llamada (4) (call proceeding) indicando que está procesando el mensaje. Para que el endpoint 2 pueda validar la llamada entrante, debe conseguir el permiso del portero usando el procedimiento ARQ (5); después de que recibe el permiso ACF (6), envía una señal de alerta (7) al endpoint 1 indicando que está notificando al usuario de la llamada entrante. Si el usuario (receptor) contesta, el endpoint 2 envía el mensaje de conectar (8) al endpoint 1. Entonces los endpoints establecen el canal de control H.225, comienza el intercambio de la capacidad y abren los canales para las secuencias de audio vídeo y datos.

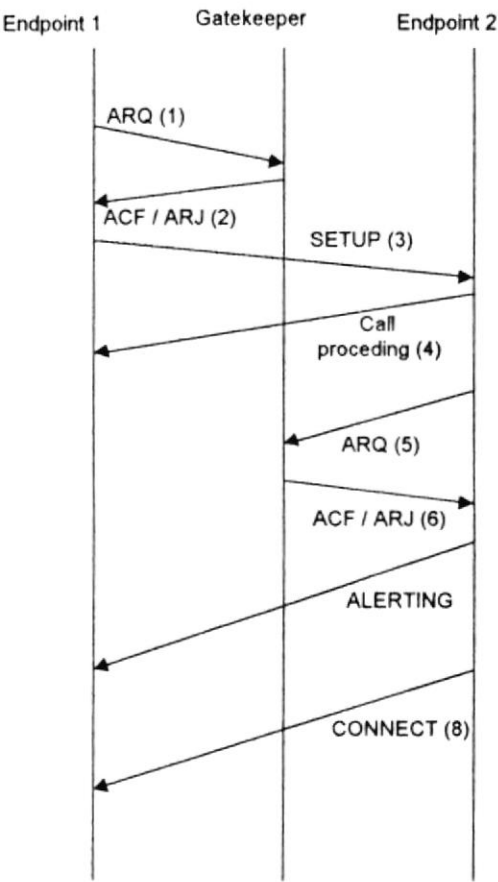
El ejemplo anterior es un modelo de llamada directa donde ambos puntos finales se conectan al mismo gatekeeper. Procedimientos similares se utilizan para casos más complejos de modelos de porteros o porteros múltiples.

Los procedimientos de señalización se basan en Q.931 que como ya lo mencionamos son protocolos para el inicio y fin de una llamada y es adoptado por H.225.0.

Hay solamente un canal lógico para el control H.245 y es siempre el canal lógico 0. El audio, vídeo y datos son canales lógicos separados. Los canales lógicos establecidos para la comunicación de datos utilizan la serie de recomendaciones T.120.

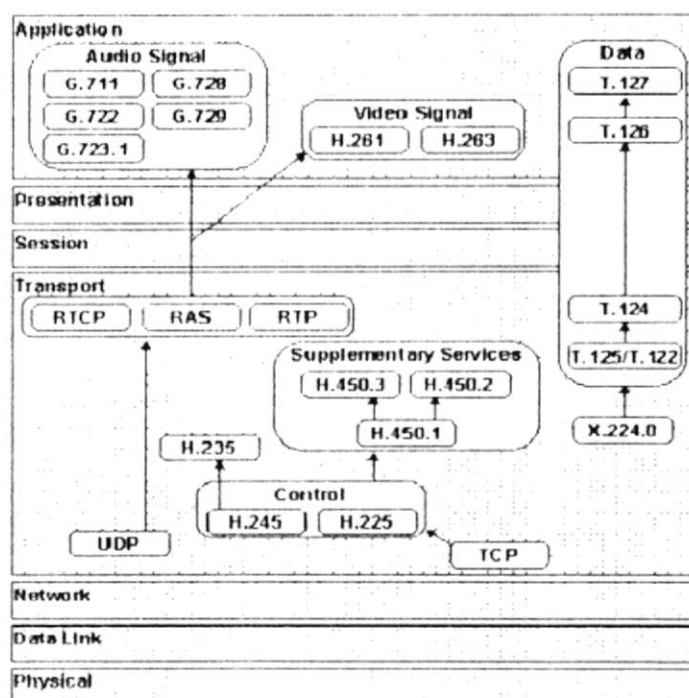
La información de audio y vídeo se colocan en paquetes según lo definido en H.225.0 usando las técnicas basadas en el IETF RTP que definen un procedimiento para llevar las características en tiempo real.

Un canal lógico separado para el RTCP debe ser abierto, este canal de control se utiliza sobre todo para proporcionar un mecanismo de realimentación para QoS a la fuente emisora. La fuente puede utilizar esta información para adoptar esquemas de codificación de protección.



Establecimiento de una Llamada

Fig. 3.4



Pila de protocolos de H.323

Fig. 3.5

La figura anterior nos muestra la pila de protocolos para los canales lógicos H.323.

3.1 H.323 sobre redes IP

H.323 utiliza comunicaciones fiables y no fiables. Las señales y los datos de control requieren transporte confiable porque las señales se deben recibir en el orden en el cual fueron enviadas y no pueden ser perdidas. Las secuencias de audio y vídeo pierden su valor con el tiempo y si se retrasa un paquete, puede no tener importancia. Las señales de audio y vídeo utilizan el transporte no fiable más eficiente.

H.323 se basa en el protocolo de tiempo real (RTP) y el protocolo de control de tiempo real (RTCP) por encima del protocolo UDP (User Datagram Protocol) para ofrecer corrientes de arranques basadas en paquetes. La tabla 3.3 muestra la secuencia de arranque de una sesión H.323 típica

	ACCION	PROTOCOLO H.323	PROTOCOLO DE TRANSPORTE
1	el extremo solicita al gatekeeper permiso y ancho de banda para comenzar una sesión H.323	RAS(registro, admisión y estatus)	UDP
2	Los extremos negocian y establecen la configuración de llamada.	Q.931	TCP
3	Los extremos intercambian capacidades y establecen los canales RTP	H.245	TCP
4	Los extremos intercambian datos de audio.	H.225 (RTP/RTCP)	UDP

Secuencia de arranque de una sesión H.323

Tabla 3.3

La transmisión confiable de mensajes de mensajes utiliza el modo de connection-oriented para la transmisión de datos. H.323 utiliza (TCP) los servicios end-to-end confiables para el canal de control

H.245, los canales de datos T.120 y el canal de señalización de llamada.

Dentro de la pila del IP, los servicios no fiables son proporcionados por el UDP. La transmisión no fiable es un modo de connectionless que no promete nada más que la salida del "mejor esfuerzo".

H.323 utiliza el UDP para el audio, vídeo y el canal de RAS.

El multicast del IP es un protocolo para la transmisión no fiable del multicast en el UDP. RTP trabaja por encima del multicast IP y fue diseñado para manejar el flujo del audio y del vídeo a través del Internet.

Un header que contiene un número de serie se agrega a cada paquete del UDP y con un buffer apropiado en la estación de recepción, la sincronización y la información de la secuencia permite que la aplicación elimine los paquetes duplicados, reordene los paquetes, sincronice el sonido, el vídeo y los datos.

El protocolo de control de tiempo real (RTCP) se utiliza para el monitoreo de los datos enviados hacia las grandes redes del multicast, transporta la información sobre los participantes de la sesión y distribuye periódicamente los paquetes de control que contiene la información de la calidad de servicio a todos los participantes a través de los mismos mecanismos de distribución de paquetes de datos, esto incluye audio y vídeo es decir, proporcionando los mecanismos para la retransmisión de paquetes.

Los fabricantes pueden utilizar esta información para detectar la congestión de la red, reducción de la tarifa, etc..

Tener suficiente ancho de banda para una llamada multimedia es crítico y difícil en redes grandes de paquetes como el Internet. Otro protocolo del IETF, el protocolo de reservación del recurso (RSVP) permite que un receptor solicite una cantidad específica de ancho de banda para una secuencia de datos determinada y reciba una contestación que indique si se ha concedido la petición.

Aunque RSVP no es una parte oficial del estándar H.323, algunos productos H.323 lo utilizan.

RTP necesita ser utilizado por terminales, gateways y MCUs con los procesadores de múltiples puntos.

RSVP también puede ser utilizado por los mismos componentes.

4. TECNOLOGÍA

Para poder ofrecer el servicio de telefonía por Internet se tienen dos soluciones: aumentar el ancho de banda de los canales de comunicación o comprimir la información de voz digitalizada antes de transmitirla. Aunque las dos soluciones son utilizadas, la segunda solución es la más económica y es la más usada por la mayoría de las compañías que ofrecen servicio de voz por Internet.

Para establecer una comunicación de voz y vídeo utilizando la red Internet, lo primero que se necesita es establecer una sesión IP; a partir de ahí, se digitaliza la voz y vídeo y mediante técnicas de compresión se comprime para que no ocupe un ancho de banda excesivo y transmitiéndose a través de la red como si fuese un flujo de datos.

La conversión de señales analógicas a digitales es realizada por las tarjetas de audio y vídeo captura. En estos días, cada tarjeta de audio puede proveer el performance requerido para el envío de audio por el Internet permitiendo comunicaciones full dúplex. La captura del vídeo tampoco requiere de grandes equipos profesionales.

A continuación mencionaremos ciertas técnicas compresión y codificación así como también de los estándares utilizados en la videotelefonía IP.

4.1 AUDIO

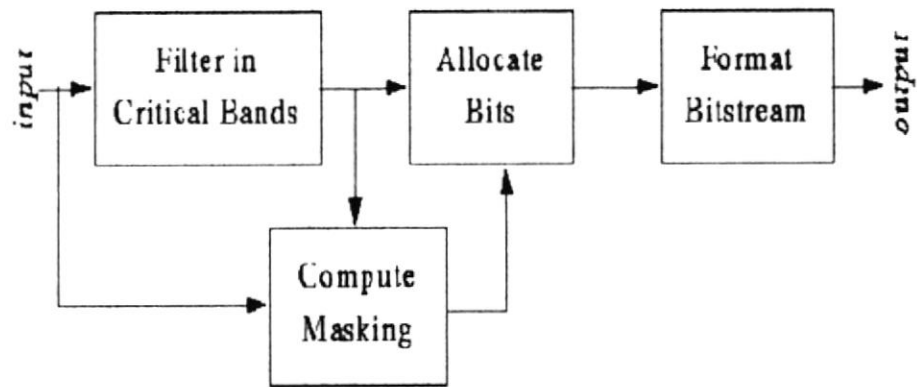
Para enviar audio por la red convergente de datos, la forma de onda de audio analógica ha de ser codificada en bits binarios de datos que pueden ser producidas por un ordenador. Se muestrea, se cuantifica (se le asigna valores de bit discretos) y se comprime para que ocupe la mínima cantidad de ancho de banda. Cuando el sonido llega a su destino, se invierte el proceso. Fig. 4.1

Los programas de compresión se aprovechan de las pausas entre palabras, períodos de silencio y cambios predecibles en las amplitudes para reducir el requisito de ancho de banda para transmitir la voz humana a la mitad.

La frecuencia de las ondas sonoras es medida en Hertz (Hz) que significa ciclos por segundo. El oído humano puede percibir entre 20 Hz y 20 KHz. La voz humana comúnmente puede producir frecuencias entre 40 Hz y 4 KHz. Estas limitaciones son factores importantes que debemos recordar cuando estemos hablando de la codificación de la señal digital de audio.

La señal de audio por lo general es descrita utilizando los siguientes parámetros: velocidad de muestreo, bits por muestra y números de canales.

- La velocidad de muestreo es el número de muestras por segundo.
- Bits por muestra es el número de bits usados para representar cada valor muestreado.
- Número de canales es uno para mono y dos para estéreo, etc..



Proceso de Digitación del audio

Fig. 4.1

4.1.1 Muestreo de la señal.

Una señal analógica de audio tiene valores de amplitudes que continuamente varían con el tiempo. Para codificar ésta señal digitalmente, el valor de la amplitud de la señal es medida en intervalos regulares y a esto se le llama muestreo de la señal.

De acuerdo a la teoría de Nyquist para representar fielmente una señal de una cierta frecuencia, la velocidad de muestreo debe ser por lo menos dos veces que el de la frecuencia más alta presente en la señal. Usando esta teoría, vemos que la señal original puede ser reconstruida basándonos únicamente en las muestras.

Para evitar distorsiones, la señal es pasada por un filtro pasa-bajos para remover cualquier frecuencia alta que no puede ser representada por la velocidad de muestreo.

Usando la teoría de Nyquist, 8KHz es la velocidad de muestreo suficiente para capturar el rango de la voz humana (40 Hz – 4 KHz) y 40 KHz es suficiente para capturar el rango de audición humana (20 Hz y 20 KHz). En la practica, las velocidades de muestreo van desde 8KHz hasta 48 KHz.

Los valores muestreados que representan la amplitud de la señal son cuantificados en un número discreto de niveles. El número de niveles depende de cuantos bits son usados para guardar el valor muestreado. Para señales digitales de audio, esta precisión usualmente va desde 8 bits por muestra (256 niveles) a 16 bits por muestra (65536 niveles). El cuantificar, induce errores en la información ya que no importa cuantos bits de precisión son usados, es imposible representar un número infinito de valores de amplitudes con un número finito de incrementos.

4.1.2 Métodos de compresión y codificación de audio digital.

Si nos tenemos que referir al ancho de banda, importante será como se ve éste afectado. Por ejemplo una llamada común requiere de unos 64 Kbps, sin embargo debido a los algoritmos de compresión el ancho de banda se puede disminuir a 32 Kbps, 16 Kbps, e incluso 8 Kbps, estando todavía dentro de un rango aceptable.

Importante de recordar es que al comprimir la voz su calidad va disminuyendo debido a la perdida de información que se produce en el proceso, por consiguiente mayores compresiones implican mayores pérdidas de información con mayor degradación de la voz.

Como habíamos mencionado anteriormente, todos los sistemas de videotelefonía IP usan algún algoritmo de compresión de audio llamado codec (para comprimir/descomprimir).

El codec es responsable tanto de codificar (convertir el sonido analógico recibido por el micrófono en forma digital) y decodificar (convertir el sonido codificado en su forma analógica y enviarla).

Algunos codecs trabajan mejor para conexiones en bandas angostas, otros son optimizados para conexiones en diferentes velocidades.

Codecs vienen en todas las formas y tamaños y para saber cual es el más conveniente depende de la conexión que se tenga, del software y como va a utilizarlo.

La voz digitalizada probablemente va atravesar algunos servidores antes de que llegue a su destino así pues, debemos esperar retardos en la transmisión de voz que puede ser en fracciones de segundos y hasta varios segundos.

Algunos de estos retardos dependen de las conexiones del Internet y otras dependen del sistema de videotelefonía que se esté usando.

Los métodos de codificación de audio que existen en la actualidad se basan en algoritmos de compresión y en codificación multicanal.

Los algoritmos de compresión de audio se fundamentan en aspectos perceptibles al oído humano. Básicamente son dos los fenómenos que son objeto de estudio y que han originado los métodos de compresión:

- La curva de sensibilidad del oído
- El fenómeno de enmascaramiento

El oído humano detecta sonidos entre 20Hz y 20KHz. Pero su sensibilidad depende de la frecuencia del sonido, de esta forma, dos frecuencias con la misma potencia son interpretadas por nuestro oído de forma diferente, teniendo la sensación de que una es más fuerte que otra, o incluso, oír una y no la otra. La curva que indica cual es la potencia mínima (umbral) que nuestro oído detecta es la curva de sensibilidad:

4.1.2.1 Curva de sensibilidad típica del oído.

Podemos observar que nuestro oído es muy sensible a frecuencias entre 2 y 4KHz (aproximadamente), Fig.4.2. Además observamos que si la potencia de una cierta frecuencia no supera el umbral de la sensibilidad del oído, simplemente no la oiremos, por lo tanto no hace falta que la codifiquemos. Este es un primer paso en la compresión: eliminar las señales que no oiremos.

Existe otro tipo de señales que tampoco oímos: aquellas que son enmascaradas. Imaginemos una señal de 1KHz con una potencia tal que supera el umbral y que, por lo tanto, oímos. Si aparece de forma simultanea otra señal de 0.5KHz y vamos aumentando su potencia llegará un instante en el que no oiremos la señal de 1KHz ya que ha sido enmascarada. Esto se debe a que la potencia de una señal hace que la sensibilidad del oído varíe, necesitando más potencia de las señales próximas en frecuencia para poder oírlas.

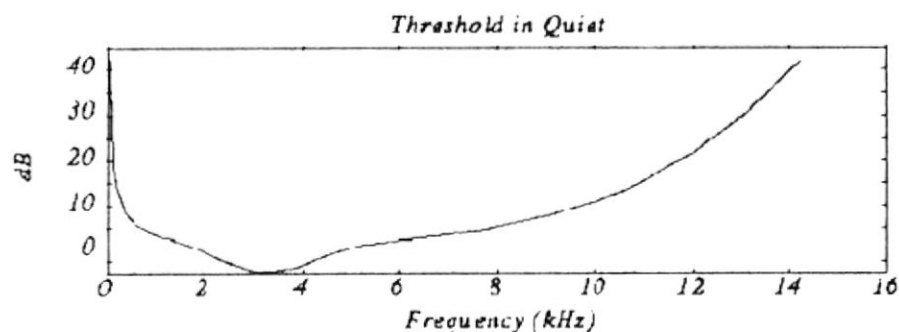
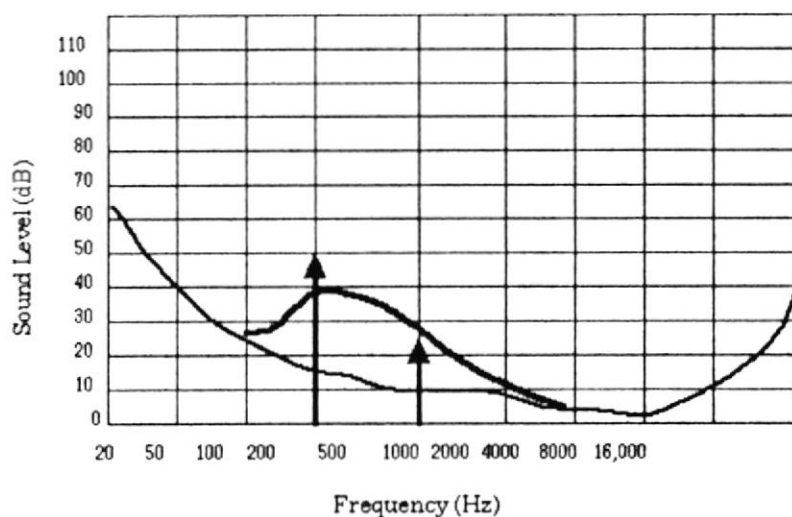


Fig.4.2

4.1.2.2 Fenómeno de enmascaramiento.

El enmascaramiento gana importancia cuando los sonidos son cercanos en frecuencia y la frecuencia enmascaradora es inferior que la enmascarada. Para poder cuantificar el fenómeno de enmascaramiento surge el concepto de banda crítica como el ancho de banda máxima alrededor de una frecuencia para que no haya enmascaramiento, por lo tanto, sólo se produce éste entre bandas contiguas. Además, estas bandas están distribuidas siguiendo una escala logarítmica, simulando la escala perceptiva del oído. Una escala de medida perceptual es la escala BARK que relaciona las frecuencias acústicas con la resolución perceptual de éstas. Fig. 4.3



Escala BARK

Fig.4.3

4.1.2.2.1 Escala perceptual BARK.

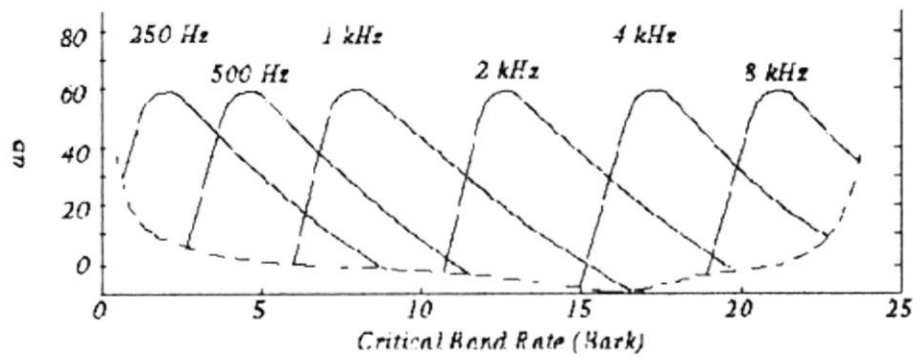
A partir de esta escala de bandas de frecuencia y de un modelo psicoacústico se determinará que frecuencias se enmascaran y cuales no. Fig. 4.4

Además existe enmascaramiento temporal: cuando oímos un sonido de alta potencia y para de pronto, seguimos oyéndolo durante un breve instante de tiempo que puede enmascarar a otras señales.

El proceso de compresión es el siguiente:

1. Se divide la señal de audio en bandas frecuenciales mediante filtros convolucionales de tal forma que se corresponden con 32 bandas críticas (aproximadamente). Filtrado subbanda.
2. Se determina el umbral de potencia de cada banda crítica considerando el fenómeno de enmascaramiento por las bandas contiguas a partir de un modelo psicoacústico.
3. Si la potencia de una banda es menor

que el umbral no se codifica. 4. En caso contrario, se determina el número de bits necesario para representar el coeficiente tal que el ruido introducido en la cuantificación sea menor que el efecto de enmascaramiento. 5. Se crea la trama de datos:



Frecuencias de Enmascaramiento.

Fig. 4.4

4.1.2.3 Atributos de la codificación.

La codificación de la voz se refiere al proceso de reducir la velocidad binaria de la representación digital del habla para la transmisión o almacenamiento, mientras se mantenga una calidad de habla que sea aceptable para la aplicación.

De esta manera cuando se consideran codificadores de voz es importante revisar todos los atributos. Cada uno de estos atributos está estrechamente relacionados. Por ejemplo, los codificadores de baja velocidad binaria tienden a tener más retardo que los codificadores de alta velocidad binaria. Ellos también pueden requerir alta complejidad para implementarlos y frecuentemente poseen baja calidad en comparación con los codificadores de alta

4.1.2.3.1 Velocidad binaria.

La velocidad binaria es el atributo más sencillo de comprender. Debido a que los codificadores de voz están compartiendo el canal de comunicación con otros datos, el pico de velocidad binario deberá ser tan bajo como sea posible para no provocar un uso inapropiado de dicho canal. Muchos codificadores de voz operan en una velocidad binaria fija independiente de las características de la señal de entrada. Debido a que los codificadores de voz multimedios comparten el canal con otras formas de datos, es mejor hacer el codificador de velocidad variable. Para aplicaciones de voz y datos simultáneos, un buen compromiso es crear un esquema de compresión de los silencios como parte del estándar de codificación.

Una solución común es usar velocidad fija para habla activa y baja velocidad para ruido de fondo.

La compresión de silencio se basa en dos algoritmos principales. El primero es un **detector activo de voz (VAD)**, el cual determina si la señal de entrada es habla o algún tipo de ruido de fondo. Si la señal es considerada como habla, ésta es codificada totalmente a velocidad binaria fija. Si la señal detectada es considerada como ruido, esta es codificada a baja velocidad binaria. A veces los bits no son transmitidos del todo. El segundo algoritmo, **generación de ruido confortable(CNG)**, es invocado en el receptor para reconstruir la característica principal del ruido de fondo. El nombre de ruido confortable es usado ya que el oído prefiere un ruido de bajo nivel

que un silencio total. Obviamente la composición del VAD es vital para la obtención de la calidad del habla. Si el habla ocurre demasiado frecuentemente, la potencial ganancia de la compresión de silencio no será lograda. Sin embargo para altos ruidos de fondo puede ser difícil distinguir entre habla y ruido. Si el VAD falla para reconocer la presencia del habla, entonces el comienzo del habla puede ser cortado. Esto afecta seriamente la inteligibilidad del habla codificada. El esquema de ruido confortable debe ser diseñado de tal manera que el codificador y el decodificador estén sincronizados, aún si no hay bits transmitidos durante algún intervalo. Esto permite lentas transiciones entre intervalos de habla activos y no activos.

4.1.2.3.2 Retardo.

La tecnología actual puede ser calificada como buena, pero en ningún caso comparable a la de telefonía tradicional. Se debe considerar que la voz es sensible a retardos. En el sistema tradicional existe un retardo usual de 50 a 70 milisegundos (ms), por el contrario en Internet este retardo crece substancialmente a rangos de 500 ms a 1.5 segundos (tiempo considerable si se trata de una conversación en tiempo real).

Sin embargo la mejora en los algoritmos de compresión, está generando una disminución en los tiempos de retardo.

El retardo de un sistema de codificación de habla usualmente consiste de tres importantes componentes. La mayoría de los codificadores de baja velocidad binaria procesan una trama de datos a la vez. Los parámetros del habla son actualizados y luego transmitidos para cada trama. Adicionalmente, para analizar los

datos apropiadamente es necesario analizar el comportamiento de los datos y de la trama. Además, antes de que el habla pueda ser analizada es necesario almacenar una trama de datos. El retardo resultante debido a los procesos anteriores recibe el nombre de **retardo algorítmico**. Este es el único componente del retardo que no puede ser reducido cambiando la implementación. Todos los otros componentes de retardo dependen de la implementación. La segunda mayor contribución viene del tiempo que toma al codificar analizar el habla y al decodificador reconstruir la señal de habla.

Esto es referido como un **retardo de procesamiento**, y depende de la velocidad de hardware utilizado para implementar el codificador.

La suma del retardo algorítmico y el de procesamiento es denominada retardo de **codificación del codec**.

El tercer componente es el **retardo de comunicación**, el cual es el tiempo que toma a una trama entera de datos ser transmitida del codificador al decodificador. La suma total de los tres retardos es conocido como el **retardo en un sentido del sistema**. Valores máximos de 400 ms para un retardo del sistema pueden ser tolerables si no hay presencia de eco. Sin embargo, la práctica demuestra que para beneficio de las comunicaciones, el retardo del sistema debe ser menor que 200 ms. Si hay presencia de eco, el máximo retardo del sistema tolerable es de solo 25 ms, esto muestra porque el uso del supresor de eco se hace necesario.

En muchas aplicaciones tal como teleconferencia, es necesario que cada participante pueda escuchar o todos los otros a la vez. Para el

codificador de habla esto significa decodificar cada flujo de bits, sumar las señales decodificadas y codificar de nuevo la señal obtenida. Este proceso no sólo dobla el retardo, sino que también reduce la calidad del habla debido a los múltiples procesos de codificación. En este tipo de aplicaciones el retardo del sistema máximo tolerable debe ser de 100 ms, debido a que el proceso anteriormente descrito doblará este retardo a 200 ms.

4.1.2.3.3 Complejidad.

Los codificadores de habla están frecuentemente implementados sobre hardware de propósitos especiales, tales como chips procesadores digitales de señal (DSP). Sus atributos pueden ser descritos como velocidad de cómputo en millones de instrucciones por segundo (MIPS), memoria de acceso aleatorio (RAM), y memoria de sólo lectura (ROM). Normalmente los codificadores de habla que necesitan un tiempo de computo menor de 15 MIPS son considerados de baja complejidad; aquellos que requieren de 30 MIPS o más son considerados de gran complejidad.

Se debe tomar en cuenta el factor económico, ya que los codificadores de alta complejidad son más costosos por su gran poder de cálculo, aunque esto no quiere decir que siempre son la mejor opción.

4.1.2.3.4 Calidad.

Un codificador de habla en condiciones ideales produciría los siguientes resultados: sonido claro, y no transmisión de errores. En

la práctica estas condiciones no se dan todas juntas. Para muchas aplicaciones están presentes grandes cantidades de ruido de fondo (ruido de carros, aire acondicionado, música de fondo, etc.). Los errores pueden ser de un bit aislado hasta una trama completa.

4.1.2.4 Códecs de forma de onda.

Los codificadores de forma de onda actúan sin importar cómo la señal original es generada, de manera tal que se pueda reproducir la señal a partir de la forma de onda, la cual es lo más parecido posible a la original. Esto implica que teóricamente no importa con qué señal se esté tratando, sea voz o audio, los codecs de forma de onda trabajaran de igual forma ya que son independientes de la naturaleza de la señal a tratar.

La codificación de forma de onda más simple es la PCM (Pulse Code Modulation), la cual involucra una etapa de muestreo y otra de cuantificación de la forma de onda de entrada. El ancho de banda típico para voz es de 4 kHz y la frecuencia de muestreo es de 8 kHz, si se usa cuantificación lineal se tendrá una buena calidad de voz con un código de 12 bits por muestra esto da un total de 96 kbps. La tasa de bits por segundo puede reducirse si se utiliza un método de cuantización no lineal de las muestras, en la codificación del habla una aproximación logarítmica es la usada más frecuentemente tales cuantificadores tienen una relación señal a ruido que se mantiene constante sobre todos los niveles de entrada, y con un código de 8 bits por muestras reducen la velocidad a 64 Kbps obteniéndose así una reproducción de la señal indistinguible de la original. La cuantización logarítmica se estandarizó en 1960 y es aún utilizada ampliamente hasta hoy.

Otra técnica utilizada para codificación del habla predice el valor de la próxima muestra partiendo de la anterior. La predicción es posible debido a la correlación existente en las muestras de los efectos del tracto vocal y de las vibraciones de las cuerdas vocales. Si la predicción es efectiva, entonces el error entre la señal estimada y la muestreada es mínima, luego ese error se puede cuantificar con menos bits en comparación con los que se necesitarían para codificar la muestra completa. Esta es la base de la codificación DPCM (Differential Pulse Code Modulation): este tipo de modulación cuantifica la diferencia entre la señal original muestreada y la señal estimada.

Los codificadores de forma de onda descritos anteriormente operan en el dominio del tiempo. También se tienen codificadores que operan en el dominio de la frecuencia, los cuales tienen ciertas ventajas. Por ejemplo en la codificación de sub-bandas (SBC), la voz entrante es dividida en un número de bandas de frecuencia, o sub-bandas, cada una es codificada independientemente usando por ejemplo un codificador como el ADPCM. En la recepción la sub-bandas son decodificadas y re combinadas para finalmente reconstruir la señal de voz original. La ventaja de hacer esto radica en el hecho de que el ruido en cada sub-banda es dependiente sólo del código utilizado en dicha sub-banda. A partir de eso es posible asignar más bits a las sub-bandas porcentualmente más importantes, de manera tal que el ruido en esas bandas sea bajo en las otras sub-bandas se tendrá un ruido mayor, pero éste estará presente en las bandas de frecuencias porcentualmente menos importantes. Los codificadores de sub-banda producen

comunicaciones de voz de calidad aceptable en la gama de 16 a 32 kbps. Debido al filtrado necesario para dividir la voz en distintas sub-bandas, son más complejos que un simple codec DPCM, e introducen un mayor retardo por codificación. Sin embargo la complejidad y el retardo son relativamente más bajos cuando son comparados con los codecs híbridos que se explicarán mas adelante.

4.1.2.5 Códecs de fuente.

Operan usando un modelo de cómo la fuente fue generada, y los parámetros del modelo codificado son enviados al decodificador.

Los codecs de fuente para voz son denominados vocoders y trabajan de la siguiente manera: el tracto vocal es representado como un filtro que varía en el tiempo y es excitado con una fuente de ruido blanco. Este es actualizado cada 10-20 ms para seguir la naturaleza no estacionaria del habla.

El modelo de los parámetros puede ser determinado por el codificador por un número de maneras distintas, usando tanto técnicas en el dominio del tiempo como de la frecuencia. También la información puede ser codificada para transmisión en diferentes formas. Los vocoders tienden a operar alrededor de los 2,4 Kbps o mayor, y producen habla, la cual aunque es inteligible, resulta lejos del sonido natural. Aumentar la velocidad por encima de los 2,4 Kbps no es ninguna solución, ya que la limitación de los codec son debidos a los modelos simplificados usados para producir habla.

El principal uso de vocoders a sido en aplicaciones militares donde la naturalidad del sonido del habla no es tan importante como las bajas velocidades para permitir protección y cifrado.

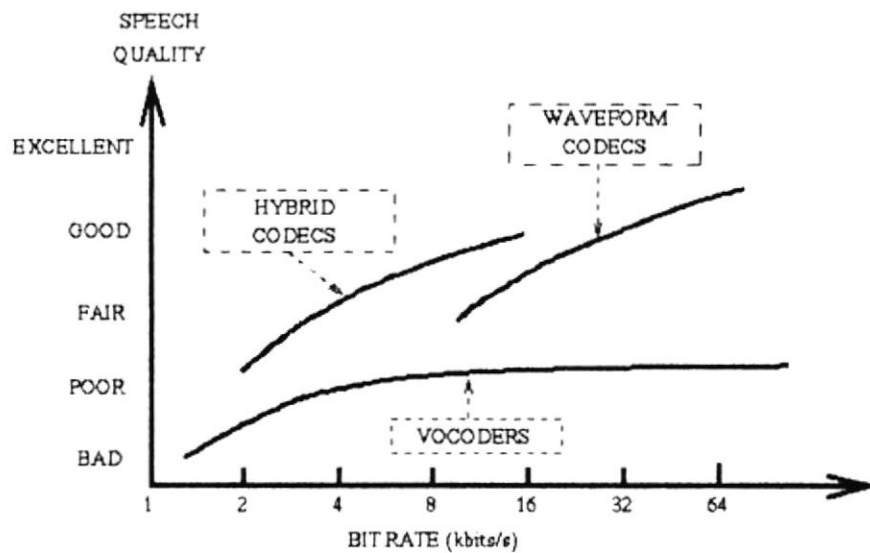
4.1.2.6 Códecs híbridos.

Los Codecs híbridos vienen a llenar la brecha existente entre los codecs forma de onda y los codecs de fuente. Como se explicó anteriormente, los codecs forma de onda proveen buena calidad de habla a velocidades alrededor de los 16 Kbps, pero tienen la limitación de no poder disminuir la velocidad de transmisión por debajo de esa velocidad. Los codecs fuente por otro lado, proveen señal de voz inteligible para velocidad mayor o igual a 2,4 Kbps, pero tiene el inconveniente de que la reproducción de la voz no es muy natural, aún si se incrementa la velocidad, ya que su calidad es independiente de la velocidad de transmisión.

El más común de los codecs híbridos en el dominio del tiempo es el codec de Análisis por Síntesis (Analysis by Synthesis, AbS). Tales codecs usan el filtro de predicción lineal para modelar el tracto vocal este filtro se encuentra también en los vocoders LPC. Sin embargo, este modelo en vez de aplicar simplemente dos estados voz/silencio busca la entrada necesaria al filtro tal que la señal de excitación obtenida produzca una forma de onda que se parezca lo más posible a la forma de onda de la señal original. Los codecs AbS se introdujeron por primera vez por Atal y Remde en 1982 y eran conocidos como codecs Excitación Multi Pulso (Multi Pulse Excited, MPE).

4.1.2.7 Comparación entre los distintos códecs.

Típicamente los codecs de forma de onda son usados para mayores velocidades de transmisión y proveen buena calidad de habla. Los codecs de fuente operan a muy bajas velocidades, pero tienden a producir una señal de voz con sonido sintético. Los codecs híbridos usan tanto la técnica de los codecs forma de onda como de los codecs de fuente y con ellos se obtiene una buena calidad de habla a velocidades intermedias. Fig. 4.5



Comparación entre códecs de Audio

Fig. 4.5

4.1.2.8 Recomendaciones.

A continuación mencionaremos una lista de los estándares de codecs más populares de la ITU.

4.1.2.8.1 Recomendación G.711

La ITU ha estandarizado la Modulación de Código de Pulso (Pulse Code Modulation, PCM) como G.711, que permite una señal de audio de calidad tarificada con un ancho de banda de 3.4 KHz que ha de ser codificado para transmisión de índices de 56 Kbps o 64 Kbps. El G.711 utiliza A-law o Mu-law para una compresión simple de amplitud y es el requisito básico de la mayoría de los estándares de comunicación multimedia de la ITU.

PCM es el método de codificación de señal de audio analógica más popular, ampliamente utilizado por la red telefónica pública. Sin embargo, el PCM no soporta compresión de ancho de banda, por lo que técnicas de codificación como el Adaptive Differential PCM (ADPCM) utilizan estimaciones basándose en dos muestras cuantificadas consecutivas para reducir el ancho de banda.

4.1.2.8.2 Recomendación G.728

G.728 codifica una señal de audio de calidad tarificada con un ancho de banda de 3.4 KHz para transmitir a 16 Kbps. Es comúnmente utilizada en sistemas de videoconferencia que funcionan a 56 Kbps o 64 Kbps. Con un requisito de ordenador más alto, el G.728 proporciona la cualidad del G.711 a un cuarto índice de datos necesario.

4.1.2.8.3 Recomendación G.723.1

G.723.1 define cómo puede codificarse una señal de audio con un ancho de banda de 3.4 KHz para transmitir a 5.3 Kbps y 6.4 Kbps. G.723.1 requiere un índice de transmisión muy bajo ofreciendo una calidad de audio cercana a la tarificada. G.723.1 ha sido seleccionada por el VoIP Forum como el codec básico para aplicaciones de telefonía IP de bajo índice de bits.

Así pues, TrueSpeech es el algoritmo de compresión de calidad más alto que el grupo DSP ofrece y fue seleccionado por la ITU como la norma G.723.1.

También podemos mencionar el G.723.1 MP-MLQ/ACELP en donde MP-MLQ(Muti-Pulse Maximum Likelihood Quantization) y ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction son algoritmos de codificación de voz que operan a 6.4 y 5.3 Kbps respectivamente.

4.1.2.8.4 Recomendación G.729 Y G.729A

Elegidas como los estándares oficiales de la ITU en 1996, estas recomendaciones codifican señales de audio cercana de la calidad tarificada con un ancho de banda de 3.4 KHz para su transmisión a una velocidad de, 8 Kbps. G.729 requiere una potencia de ordenador más baja que G.729 y G.723.1. Tanto G.729 como G.729 A tienen una latencia (el tiempo que necesita para convertir de analógico a digital) más baja que G.723.1. Se espera que G.729 A tenga un impacto mayor en la compresión de voz para su transmisión sobre redes inalámbricas.

4.2 VIDEO

Los avances dramáticos registrados en las tecnologías del procesamiento de señales han traído progresos significativos en el desarrollo de tecnologías de compresión para señales de video a diferentes velocidades de transmisión. De esta manera, los codificadores de video que en un tiempo eran técnicamente o económicamente imposibles, han emergido y han llegado a ser una herramienta práctica.

La información de video es provista en una serie de imágenes ó "cuadros" y el efecto del movimiento es llevado a cabo a través de cambios pequeños y continuos en los cuadros. Debido a que la velocidad de estas imágenes es de 30 cuadros por segundo, los cambios continuos entre cuadros darán la sensación al ojo humano de movimiento natural. Las imágenes de video están compuestas de información en el dominio del espacio y el tiempo. La información en el dominio del espacio es provista en cada cuadro, y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo (por ejemplo, las diferencias entre cuadros). Puesto que los cambios entre cuadros colindantes son diminutos, los objetos aparentan moverse suavemente.

En los sistemas de video digital, cada cuadro es muestreado en unidades de píxeles ó elementos de imagen. El valor de luminancia de cada pixel es cuantificado con ocho bits por pixel para el caso de imágenes blanco y negro. En el caso de imágenes de color, cada pixel mantiene la información de color asociada; por lo tanto, los tres elementos de la información de luminancia designados como rojo, verde y azul, son cuantificados a ocho bits. La información de video compuesta de esta manera posee una cantidad tremenda de

información; por lo que, para transmisión o almacenamiento, se requiere de la compresión (o codificación) de la imagen.

La técnica de compresión de video consiste de tres pasos fundamentalmente, primero el preprocesamiento de las diferentes fuentes de video de entrada (señales de TV, señales de televisión de alta definición HDTV, señales de videograbadoras VHS, BETA, S-VHS, etc.), paso en el cual se realiza el filtrado de la señal de entrada para remover componentes no útiles y el ruido que pudiera haber en esta. El segundo paso es la conversión de la señal a un formato intermedio común (CIF), y por último el paso de la compresión. Las imágenes comprimidas son transmitidas a través de la línea de transmisión digital y se hacen llegar al receptor donde son reconvertidas al formato común CIF y son desplegadas después de haber pasado por la etapa de post-procesamiento.

Mediante la compresión de la imagen se elimina información redundante, principalmente la información redundante en el dominio de espacio y del tiempo. En general, las redundancias en el dominio del espacio son debidas a las pequeñas diferencias entre pixeles contiguos de un cuadro dado, y aquellas dadas en el dominio del tiempo son debidas a los pequeños cambios dados en cuadros contiguos causados por el movimiento de un objeto. El método para eliminar las redundancias en el dominio del espacio es llamado codificación intracuadros, la cual puede ser dividida en codificación por predicción, codificación de la transformada y codificación de la subbanda. En el otro extremo, las redundancias en el dominio del tiempo pueden ser eliminadas mediante el método de codificación de intercuadros, que también incluye los métodos de compensación/estimación del movimiento, el cual compensa el movimiento a través de la estimación del mismo.

4.2.1 Codificación.

Cada imagen de la secuencia se representa como tres matrices correspondientes a las componentes de color en el espacio Y, Cb, Cr. La norma H.261 define dos tamaños para las matrices (resoluciones): formato CIF y QCIF. La norma H.263 extiende los dos formatos anteriores y acepta sub-QCIF, 4CIF y 16CIF. La tabla 4 muestra la especificación de resolución. Es sabido que las componentes de crominancia Cb y Cr tienen mucho menos información que la componente Y, y por ello, tal como se ve en la tabla 4.1, son muestreadas a la mitad de la resolución aceptada para la luminancia.

	Luminancia (Y)	crominancia (Cb)	crominancia (Cr)
CIF	288 x 352	144 x 176	144 x 176
QCIF	144 x 176	72 x 88	72 x 88
sub-QCIF	96 x 128	48 x 64	48 x 64
4CIF	576 x 704	288 x 352	288 x 352
16CIF	1152 x 1408	576 x 704	576 x 704

: Resolución de la imagen para las normas de compresión de video

Tabla 4.1

Ahora bien, el hecho de que H.263 acepte imágenes con resoluciones muy altas no significa que automáticamente se garantice la transmisión en tiempo real de imágenes tan grandes. Operaciones en tiempo real requieren transmitir

y desplegar alrededor de 30 cuadros por segundo (1 cuadro por segundo = 1 fps), lo cual es bastante elevado. Reportes de la industria aparecidos últimamente muestran que utilizando H.263 y codificación por software en maquinas Pentium(tm) de alta velocidad, como máximo se puede llegar a los 12 cuadros por segundo en modo QCIF utilizando la línea telefónica normal con anchos de banda menores a los 28 kbps. Para operaciones en tiempo real en modo CIF se requieren alrededor de 300 - 500 kbps conjuntamente con algoritmos de compresión como el H.261 y el H.263. El método H.263 tiene muchas similitudes con el H.261. Ambos se consideran codificadores híbridos y en realidad, lo que se ha buscado al diseñar el H.263, es mejorar substancialmente las partes donde el H.261 evidenciaba limitaciones.

Por norma, cada pixel se representa mediante 8 bits por componente de color. Por tal razón, la transmisión de video en modo CIF en tiempo real (30 fps) requiere un ancho de banda de:

$$B = (288 \times 352 \times 8 + 144 \times 176 \times 8 + 144 \times 176 \times 8) \times 30 = 36.5 \text{ Mbps}$$

En forma similar, la transmisión en tiempo real en modo QCIF requiere de alrededor de 9 Mbps. Compare estos valores con los anchos de banda actuales de los módems convencionales: 28.8 kbps, o con el servicio básico de ISDN (BRI): 128 Kbps. Estos valores muestran claramente que se requieren métodos de compresión muy sofisticados para el desarrollo de video teléfonos que operen en tiempo real sobre redes telefónicas convencionales. Existe un segundo problema muy importante que obstaculiza la transmisión en tiempo real: mientras más sofisticados y complejos sean los algoritmos de compresión, más veloces deben ser los

procesadores que los implementen. De todos modos, mucha gente parece no tener inconveniente en emplear equipos que operan muy por debajo de tiempo real (5 - 15 fps), lo cual ha convencido a la industria electrónica del potencial que representa el desarrollo de equipos de video teléfono.

4.2.1.1. Codificación híbrida.

Para la compresión, la imagen se subdivide en bloques, macrobloques, y grupos de bloques (GOB). Un bloque es una matriz de 8 x 8 píxeles. Notar que debido a muestrear la crominancia a la mitad, un bloque de crominancia Cb tiene asociado 4 bloques de luminancia Y, y un bloque de crominancia Cr. A esta asociación se llama macrobloque. Por ende, un macrobloque implica una matriz de 16 x 16 píxeles de luminancia y dos matrices de 8 x 8 para cada crominancia. La mayoría de los parámetros de compresión se definen a nivel de macrobloque, aunque la compresión real se la efectúa a nivel de bloque. Un GOB equivale a una matriz de 3 x 11 macrobloques en H.261 y a una matriz de 1 x 11 macrobloques en H.263.

La codificación híbrida es reconocida como uno de los métodos más efectivos para lograr una compresión alta. Se denomina compresión híbrida porque agrupa a dos métodos estructuralmente diferentes. Es bien sabido que las redundancias espaciales de la imagen se pueden remover mediante compresión por transformadas mientras que las redundancias temporales son eliminadas mas eficientemente utilizando DPCM. El H.261 y el H.263 combinan ambos procesos, y esto es lo que les da las excelentes características de compresión.

Para cada macrobloque de la imagen, se toma la decisión de codificar en modo INTRA o en modo INTER. Mediante el primero, el macrobloque se codifica de tal manera que se quitan las redundancias espaciales solamente (mediante compresión por transformada). El segundo implica que se va a usar primero DPCM para remover redundancias temporales seguido de la compresión por transformada. La decisión entre inter e intra depende exclusivamente del usuario y está fuera de los límites de las recomendaciones. En general, las secuencias de video tienen mucha mas redundancia temporal que espacial, y por ello debe tratarse de usarse el modo inter lo más posible para incrementar el factor de compresión. De todos modos, al ser el modo inter de naturaleza predictiva, es necesario transmitir macrobloques en modo intra de vez en cuando, con el fin de evitar la acumulación excesiva de errores por predicción errónea.

4.2.1.2 Codificación en modo intra.

Si se ha tomado la decisión de codificar un macrobloque en modo intra, entonces a cada uno de los ocho bloques que componen el macrobloque se los transforma al dominio de la frecuencia mediante la transformada discreta del coseno (DCT). Como se mencionó antes, cada bloque tiene dimensiones de 8×8 . La transformada DCT de un bloque es también una matriz de 8×8 , es decir un total de 64 coeficientes.

Como el contenido de energía en la gran mayoría de las imágenes se concentra en las bajas frecuencias, muchos de esos 64 coeficientes son ceros. Mientras más alejados estén los coeficientes del nivel DC menos relevancia tienen tales coeficientes. En otras palabras, muchos de los coeficientes alejados pueden anularse

artificialmente mediante un proceso de cuantización. En lugar de transmitir 64 coeficientes, la información del bloque se reduce a una decena de números o menos. Es en este proceso donde se realiza la compresión. Mientras más coeficientes se eliminan, mayor es la tasa de compresión. La cantidad de coeficientes a eliminar esta regulada por el valor del cuantizador. Existen 31 valores posibles del cuantizador para maniobrar la compresión y es el usuario el que decide, dependiendo de la aplicación (principalmente del ancho de banda disponible), el valor apropiado a usar.

La codificación intracuadros utiliza solo la información espacial que existe en cada cuadro de video, Como esta codificación no utiliza ninguna información en el dominio del tiempo, puede ser usada para la codificación de imágenes fijas. La codificación intracuadros de señales de video resulta ser simple y no requiere de memoria que almacene cuadros precedentes o posteriores. En general este método puede ser categorizado dentro de tres tipos: codificación por predicción, codificación de la transformada, y codificación de la subbanda. como cada tipo de codificación tiene sus ventajas, es usual que se utilicen dos o más métodos combinados. Enseguida se explicará cada uno de estos métodos.

4.2.1.2.1 Codificación por predicción.

La codificación por predicción es uno de los métodos más antiguos de compresión de imágenes y esta basado en el hecho de que los errores de predicción son muy pequeños cuando el pixel presente es precedido por los pixeles vecinos. La técnica de codificación por predicción codifica el valor cuantificado de la diferencia entre el valor del pixel presente y el valor predicho (error de predicción). La utilización de un gran número de pixeles contiguos para la predicción

puede disminuir el error de predicción y aumentar la efectividad del método. Pero como las ventajas de utilizar un gran número de píxeles vecinos no justifican la complejidad que esto conlleva, el número de píxeles vecinos utilizados para esta técnica no es mayor de cuatro.

La degradación de la imagen en la codificación por predicción es debida principalmente a que el paso de la cuantificación es muy grande, o el paso de la cuantificación es muy pequeño, o también cuando una imagen es presentada continuamente en el tiempo. Aquí notamos que una técnica que produce resultados satisfactorios para imágenes fijas no necesariamente lo hará para imágenes en movimiento.

Para disminuir esta degradación de las imágenes, la cuantificación se puede ajustar para las características visuales de los humanos, un filtro para reducción de ruido puede ser aplicado, y se pueden utilizar diferentes esquemas de codificación y de predicción para las diferentes partes de la imagen. Por ejemplo los límites de los objetos pueden ser tratados de manera diferente que las partes planas.

4.2.1.2.2 Codificación de la transformada.

Como resultado de las investigaciones realizadas durante los pasados veinte años, la codificación de la transformada, ha sido elegida como un estándar mundial para compresión de imágenes fijas. El concepto básico de la codificación de la transformada es obtener una relación de compresión elevada mediante la eliminación de las redundancias a través de las transformadas ortogonales.

Partiendo de la suposición de que las características estadísticas de los datos de la imagen no cambian, la transformada de Karhunen-Loeve (KLT Karhunen-Loeve Transform), ha resultado ser la mejor transformada desde el punto de vista del error cuadrático. Pero debido al hecho de que las funciones fundamentales de la KLT deben ser enviadas al CODEC ya que estas funciones fundamentales son dependientes de los datos, y debido a la dificultad de la computación a gran velocidad que requiere, es impráctico la utilización de la transformada de Karhunen-Loeve (KLT) en las aplicaciones en tiempo real. Una transformada que es muy parecida a la transformada de Karhunen-Loeve es la transformada discreta del coseno, (DCT Discrete Cosine Transform), que se desempeña bien aún cuando no se toman en cuenta las características estadísticas de los datos de la imagen. La transformada discreta del coseno realiza la transformada utilizando números reales y puede de esta manera emplear algoritmos de computación veloces que ya están implementados. El principio fundamental de esta técnica se explica a continuación.

La imagen de entrada es dividida en bloques de $N \times N$ pixeles, el tamaño del bloque es escogido considerando los requisitos de compresión y la calidad de la imagen. En general, a medida que el tamaño del bloque es mayor la relación de compresión también resulta mayor, esto se debe a que se utilizan más pixeles para eliminar las redundancias. Pero al aumentar demasiado el tamaño del bloque la suposición de que las características de la imagen se conservan constantes no se cumple, y ocurren algunas degradaciones de la imagen, como bordes sin definir en la imagen.

Los resultados en la experimentación han demostrado que el tamaño del bloque más conveniente es de 8×8 pixeles. Después de dividir la

imagen en bloques, la transformada discreta del coseno se aplica a cada bloque.

La transformada discreta del coseno en bi-dimensional y la transformada inversa se definen de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N f(i, j) \cos\left(\frac{\pi u (2i + 1)}{16}\right) \cos\left(\frac{\pi v (2j + 1)}{16}\right)$$

$$f(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^N \sum_{v=0}^N c(u) c(v) F(u, v) \cos\left(\frac{\pi u (2i + 1)}{16}\right) \cos\left(\frac{\pi v (2j + 1)}{16}\right)$$

En las ecuaciones, $f(i, j)$ es el pixel con coordenadas (i, j) de cada bloque, y $F(u, v)$ es el coeficiente de la transformada correspondiente a cada frecuencia. el factor de peso $C(u)$ es $1/2$ cuando $u=0$, y 1 en cualquier otro caso. $F(0,0)$, que es el valor medio de los pixeles de un bloque específico, es a veces llamado el componente de DC o el componente constante. De esta manera, el pixel $F(i, j)$ primero es transformado en $F(u, v)$ y después comprimido

Los coeficientes de la transformada $F(u, v)$ son cuantificados en base a un nivel de umbral para crear cuantos ceros sean posibles dentro del rango en el que no ocurran degradaciones en la imagen. Para garantizar continuidad entre los valores medios de los diferentes bloques, los componentes de DC son excluidos de esta cuantificación en base a un nivel de umbral y estos valores son cuantizados utilizando un tamaño de muestra pequeño. Por último,

los coeficientes que se encontraban formando arreglos de dos dimensiones son reordenados para formar arreglos de una dimensión usando un barrido en zig- zag. Debido a que ocurren largas secuencias de 0's cuando se efectúa el barrido en zig-zag la eficiencia de esta codificación también se incrementa. Los coeficientes diferentes de cero y las secuencias de ceros, se codifican utilizando un libro de código definido en base a los fundamentos de las estadísticas de los datos.

Como se mencionó anteriormente, las degradaciones de las imágenes ocurren cuando el tamaño de muestra de cuantificación es muy grande, por lo que se aplican diferentes tamaños de la muestra para las diferentes partes de la imagen, para los bordes de los objetos se utiliza un tamaño de muestra pequeño y para las partes planas un tamaño de muestra mayor.

Algunas técnicas de DCT categorizan los diferentes bloques dentro de modelos dependiendo de las características de cada bloque y los manejan de acuerdo a las propiedades de cada modelo.

4.2.1.2.3 Codificación de la subbanda.

Aún cuando los fundamentos de la codificación de la subbanda son simples, el progreso en esta técnica para compresión de imágenes no se había logrado hasta hace poco. La codificación de la subbanda se compone de dos pasos. El primero de ellos es la filtración de la subbanda, que divide una señal de imagen en sus componentes de frecuencia, y el segundo paso es la codificación, que comprime cada banda de frecuencia de acuerdo a sus características respectivas.

La codificación de la subbanda es acompañada por un filtro de análisis en el codificador un filtro de síntesis en el decodificador, respectivamente. El filtro de análisis divide la señal de entrada en diferentes bandas de frecuencia utilizando una velocidad de muestreo diferente para cada banda. en contraste el filtro sintetizador combina las diferentes bandas de la señal para sintetizar la señal deseada. La codificación de la subbanda requiere menor tiempo de procesamiento pero utiliza más procesadores, uno para cada banda.

Después de descomponer la señal en bandas de diferente frecuencia usando el filtro de análisis, se aplica un esquema de codificación apropiado para cada banda. Ya que las características de cada banda varían considerablemente y la sensibilidad visual humana también varía de banda a banda, un mejor desempeño se obtiene al tratar a cada una de las bandas de acuerdo a sus características particulares. Uno de los métodos más empleados es una combinación de la codificación intracuadros, de la subbanda y el de la transformada discreta del coseno, que trabaja de la siguiente manera: como se muestra en la figura 4.6, cada cuadro puede descomponerse en cuatro bandas (LL, LH, HL, HH) aplicando un filtrado y análisis en la dirección horizontal y después en la dirección vertical.

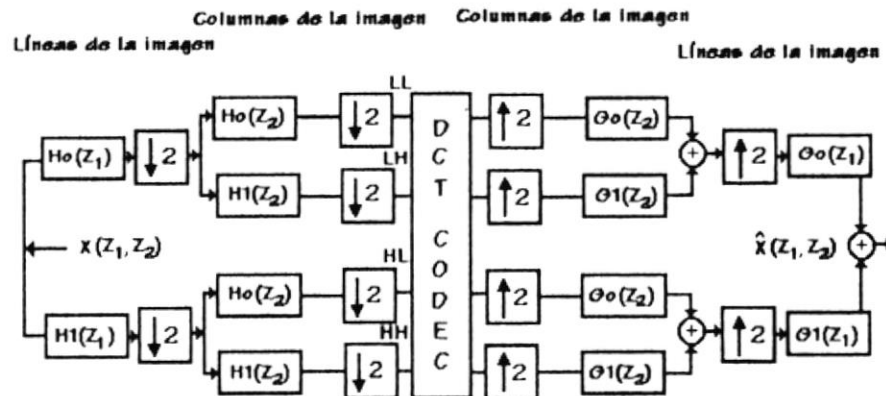


Diagrama a bloques para un método de codificación intracuadros híbrido (subbanda/DCT).

Fig. 4.6.

La banda LL incluye la mayoría de los datos importantes excepto las orillas y los límites; por lo tanto, es necesario minimizar las pérdidas asociadas con la codificación de esta banda en particular. Es por esto que la codificación intracuadros es empleada generalmente para la codificación de la banda LL.

Las bandas de las frecuencias altas (LH, HL, HH) contienen la mayoría de la información de los límites de los objetos, los fondos, y las orillas, y los valores de los píxeles son generalmente menores que aquellos de la banda LL, entonces la información total contenida en estas bandas es menor que la contenida en la banda LL. Además de que los ojos humanos no son sensitivos a los cambios pequeños de los píxeles de estas tres bandas. Y partiendo de esto se puede aplicar una cuantificación no uniforme con alguna zona muerta para convertir los pequeños valores de los píxeles a cero sin que se note una degradación perceptible.

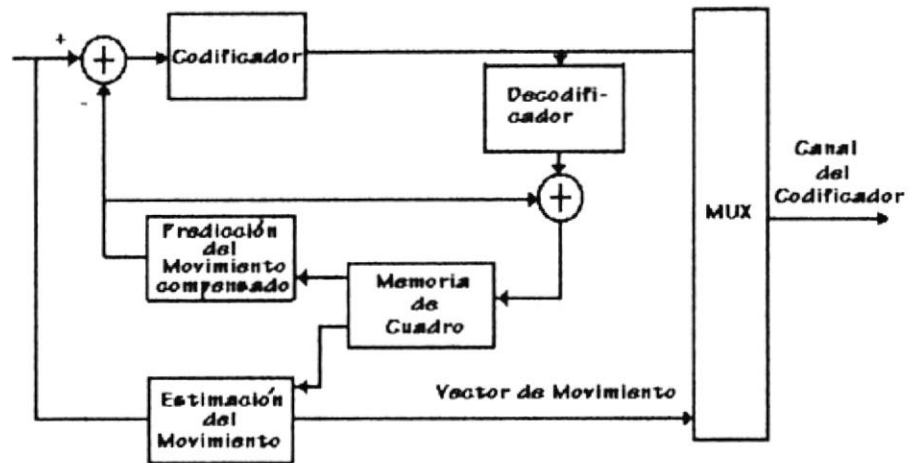
4.2.1.3 Codificación en modo inter.

Como se ha explicado, existen muchas redundancias entre cuadros continuos de imagen, de aquí que la mayoría de la información del cuadro presente puede ser determinada por los cuadros precedentes. Por ejemplo, en la mayoría de los casos existe una gran probabilidad de que los mismos objetos aparezcan en cuadros continuos de la imagen, y si se conoce únicamente la información relacionada con el movimiento, entonces los datos asociados con esos objetos pueden ser codificados lógicamente en un sólo paso. Este concepto también se aplica a los fondos para lograr una mayor compresión de la información entre cuadros parecidos de una secuencia de imágenes.

En general, la porción de mayor movimiento en un cuadro, aún en programas de televisión o en películas, es menor al 5% de un cuadro, por lo que la estimación del movimiento es la base para minimizar redundancias temporales

La figura 4.7 muestra la configuración de un codificador general de intercuadros. Esta configuración básica consiste de dos etapas: La primera corresponde a la estimación y compensación del movimiento, y la segunda a la compresión. El movimiento de un objeto es estimado calculando el desplazamiento relativo entre el cuadro anterior y sus datos correspondientes en la imagen, generalmente en unidades de bloques. La diferencia entre los datos presentes y los datos pasados compensados en movimiento es codificada para ser comprimida. La compensación del movimiento es usada para reducir las redundancias temporales, y es en cierta forma similar a la codificación por predicción mencionada anteriormente, la cual predice el pixel presente a partir de los pixeles

contiguos de un cuadro dado. a continuación se describen algunos de los métodos más utilizados para la estimación del desplazamiento del movimiento.



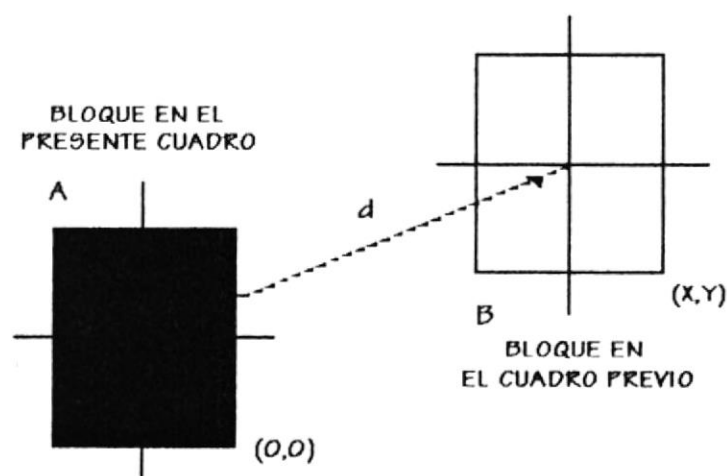
Codificador de intercuadros para la compensación del movimiento.

Fig. 4.7.

4.2.1.3.1 Estimación del desplazamiento del movimiento.

El método de estimación del desplazamiento del movimiento consiste del algoritmo recursivo del pel (acrónimo para elemento de imagen = pixel), el cual estima recursivamente el movimiento pixel a pixel, del algoritmo de acoplamiento de bloques (BMA Block matching algorithm), el cual estima el movimiento bloque a bloque, y

del algoritmo recursivo de acoplamiento de bloques, que es una mezcla de los dos primeros. En general se requiere demasiado tiempo de computación para la estimación del movimiento, es por eso que el algoritmo de acoplamiento de bloques es el mas empleado, debido a que es posible implementarlo en tiempo real. BMA estima el movimiento en base a bloques. Debido a que se asume que en este algoritmo todos los pixeles de un bloque se mueven en una dirección, los cálculos y el hardware asociados son simples. La operación de BMA esta ilustrada en la figura 4.8. Cada cuadro es primero dividido en bloques de tamaño $N \times N$, y el desplazamiento del movimiento es estimado entre el cuadro presente y el cuadro anterior. La referencia para la estimación del movimiento puede ser el mínimo error cuadrático o el error de diferencia absoluta. El área de búsqueda del cuadro previo es preespecificado, así que la estimación del movimiento es realizada en todos los bloques contenidos dentro de esta área de búsqueda.



Operación de BMA

Fig.4.8

El propósito de la estimación del desplazamiento del movimiento es estimar los datos de la imagen presente (bloque) a partir de los cuadros contiguos para reducir redundancias en el tiempo. La técnica que se utiliza más es la codificación de la predicción en compensación del movimiento. En este esquema, el error de predicción, que es la diferencia entre el presente bloque y el bloque compensado en movimiento (del cuadro anterior), es codificada. A través de predicciones precisas del bloque presente mediante el del cuadro previo, se puede reducir el error de predicción y elevar la razón de compresión.

En general, el desempeño del esquema de codificación del movimiento compensado depende de diversos factores. Ellos son, el tamaño máximo del desplazamiento del movimiento (o el tamaño del área de búsqueda del movimiento), la precisión del método de compensación del movimiento para la estimación del movimiento, y la adaptabilidad de la estimación del desplazamiento a las variaciones en el tiempo y resolución espacial con diferentes esquemas de control.

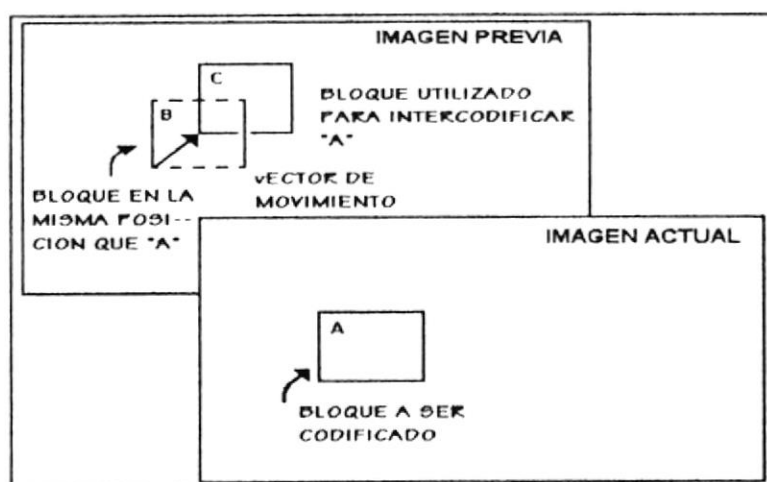
4.2.1.3.2 Estimación y compensación del movimiento.

Debido a que la mayoría de los cuadros en una secuencia de imágenes se observan muy similares exceptuando los cambios debidos al movimiento, como los son un "paneo" o movimiento de la cámara a través de la escena, podemos evitar el codificar el mismo bloque dos veces enviando la codificación de este a través de vector de desplazamiento de la imagen previa causado por el movimiento de "paneo".

La estimación del movimiento compara a 16 por 16 macrobloques en la luminancia en un área pequeña de búsqueda de la imagen previamente transmitida. El rango para esa comparación esta entre ± 15 pixeles basados en el componente de luminancia de la imagen. El desplazamiento con la diferencia más pequeña del macrobloque, determinada por la suma de los valores absolutos de la diferencia pixel a pixel a través del bloque, es considerada el vector de compensación de movimiento para ese macrobloque en particular. (El vector de movimiento de la crominancia es el vector de movimiento para la luminancia dividido a la mitad).

El bloque compensado en movimiento es la diferencia o error entre el bloque de mejor acoplamiento y el bloque actual a ser codificado.

La operación de la compensación del movimiento se muestra en la figura 4.9. El bloque "A" es un bloque en la imagen actual que será codificado. El bloque "B" es el bloque en la misma posición de "A" pero de la imagen que fue previamente almacenado tanto en el codificador como en el decodificador. Debido al movimiento de la imagen, el bloque "A" se asemeja más a los datos de los pixeles del bloque "C" que aquellos del bloque "B". El desplazamiento del bloque "C" desde el bloque "B" medido en pixeles y en direcciones X y Y, es el vector de movimiento. Las diferencias pixel por pixel entre los bloques "A" y "C" es transformada y codificada. El vector de movimiento y los datos codificados son transmitidos al decodificador, donde los datos del bloque inversamente transformados son agregados a los datos en el bloque "C", apuntados por el vector de movimiento y situados en la posición del bloque "A".



Compensación del movimiento.

Fig. 4.9.

El uso de vectores de movimiento es opcional en el codificador, donde el cálculo de los vectores de movimiento óptimos es complejo, pero si se requiere en el decodificador, en el cual, la reconstrucción del movimiento es relativamente simple.

El estándar H.261 no define todos los aspectos de la codificación y decodificación de la imagen. Si lo anterior es mas bien una especificación de interoperabilidad, que garantiza que cualquier codec manufacturado de acuerdo al estándar sea capaz de comunicarse con otro de diferente marca y fabricante, esto todavía permite una cierta libertad para los fabricantes de ofrecer una mejor calidad, y nuevos desarrollos pueden ser incorporados, (esto es un contraste del estándar de audio G.722, donde el algoritmo de codificación esta ya plenamente definido). La estrategia del codificador no esta definida. Cuáles bloques serán codificados, con qué tipo de codificación y con qué exactitud dependen

exclusivamente del diseñador, así como también dependen de esta la forma en que se realizará el filtrado o interpolación de las imágenes.

4.2.1.4 Codificación en modo PB.

Esta es una opción de H.263 solamente. Si se decide codificar un macrobloque en modo PB, el macrobloque $b1(n)$ se codifica en modo inter basado en una región semejante $r1(n-2)$ y simultáneamente, el macrobloque $b2(n-1)$ se codifica como la interpolación entre las regiones $r2(n-2)$ y $r2(n)$. El bloque $b1(n)$ tiene entonces un vector de movimiento asociado, mientras que el bloque $b2(n-1)$ tiene dos (uno para la región anterior y otro para definir la región posterior). La codificación tipo PB es muy similar a lo que se denomina el modo B en la codificación de video usando MPEG. En ambos casos, el concepto de DPCM se extiende, y se realiza predicción por interpolación de dos imágenes en secuencia. Mientras más predicción pueda realizarse en una imagen, menor la cantidad de datos a transmitirse y mayor la compresión. Esta es una de las razones por la cual H.263 tiene tasas de compresión muy superiores a H.261.

4.2.2 Estructura del codificador.

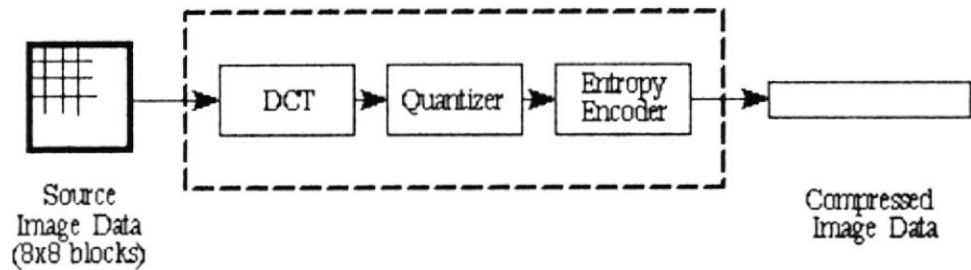
La figura 4.10 muestra la estructura general del codificador para H.261 y H.263. El decodificador realiza simplemente el proceso inverso. La secuencia de video entra al módulo de predicción. Tal como se ha explicado, en modo intra el error de predicción es el macrobloque con la imagen misma. En modo inter, es la diferencia de macrobloques, mientras que en modo PB es el error que resulta de la predicción por interpolación. El error de predicción es llevado a

frecuencia utilizando la transformada discreta del coseno (DCT) y los coeficientes resultantes son pasados por el cuantizador Q. Para fines de predicción, el error de predicción es reconstruido en el codificador mediante el cuantizador inverso IQ y la transformada inversa del coseno (IDCT).

Los coeficientes cuantizados pasan al codificador COD que convierte la información en una secuencia binaria utilizando códigos de longitud variable. En H.263, existe la opción de usar códigos aritméticos lo cual disminuye el número de bits resultantes. La información pasa luego al multiplexador MUX donde se inserta la información extra como ser los vectores de movimiento, los encabezamientos, y otros bits de señalización. Finalmente, la cadena de bits se pasa a un buffer de almacenamiento de donde será extraída por el transmisor. En el modulo de control está el software que indica como se aplican los modos de codificación, valores del cuantizador, algoritmo de búsqueda de regiones, etc. El módulo de control es en realidad diseñado por el usuario dependiendo de la aplicación específica.

Como ejemplo del módulo de control, mencionamos al sistema IVS, el cual esta diseñado para transmisión de video conferencias a través de Internet mediante H.261. En el módulo de control de IVS, el valor del cuantizador se determina dependiendo de la congestión de la red a cada instante (a mayor congestión menor debe ser la cantidad de datos transmitidos). Además, IVS no realiza búsqueda de regiones similares ("block matching") sino que asume que el bloque mas parecido es el que ocupa la misma posición en la imagen anterior. Para seleccionar entre inter e intra, el módulo de control estima cuanto movimiento ha sufrido cada macrobloque dentro de la imagen y decide el tipo de codificación basado en tal

información. Recalcamos que el algoritmo de control no es parte de las normas y es típicamente modificado de acuerdo a la aplicación particular.



Estructura General del codificador para H.261 y H.263

Fig. 4.10

4.2.2.1 Diferencias entre H.261 Y H.263

H.261 es un estándar para algoritmos de compresión de vídeo que para formatos de imagen de 176x144 píxeles o 352x288 píxeles genera señales de px64 Kbps (con valores p de 1 a 30), adecuado a redes sincrónicas como RDSI. Forma parte del estándar H.320. La recomendación H.320 (ratificada por CCITT en Diciembre de 1990) es un conjunto de estándares para comunicaciones de vídeo, audio, datos, control, cifrado y conferencia multipunto, concerniente a los sistemas de telefonía y equipos terminales de banda estrecha. Este estándar permite la interoperatividad de equipos de videoconferencia de diferentes fabricantes, permitiendo velocidades de transmisión de entre 64 Kbps y 1.920 Kbps.

Se utiliza en sistemas de tele-conferencia y vídeo-conferencia, siendo la calidad dependiente del valor de p , a su vez dependiente de la capacidad de la red.

La norma H.320 es la que trata sobre el sistema general para transmisión vía ISDN e involucra a H.261 como subsistema. Igualmente, la norma H.324 es la que regula el sistema de transmisión a velocidades menores a 64 kbps y contiene a H.263 como subnorma para la parte de video.

H.263 es un estándar provisional de la ITU publicado en 1995/1996. Fue diseñado para comunicación a bajas velocidades de bits (menores de 64 Kbits/s). Sin embargo, hoy en día esta limitación ha sido removida y se espera que este estándar sea usado en un amplio rango de velocidades de bits. Es espera que H.263 reemplace a la norma H.261 en muchas aplicaciones.

La norma H.263 que esta en proceso de revisión es una versión extendida de la norma H.261 que ya ha sido aprobada a nivel internacional. Si bien la estructura central del codificador es similar para ambos, las diferencias principales son:

- Además de CIF y QCIF, H.263 acepta formatos sub-QCIF, 4CIF, y 16CIF.
- Los vectores de movimiento en H.263 tienen resolución de medio pixel.
- Opciones avanzadas de predicción para H.263 incluyen: 4 vectores de movimiento por macrobloque, predicción de vectores basada en la media, alcance irrestricto de los vectores de movimiento, etc.
- Codificación aritmética es posible en H.263.

- El modo de codificación PB en H.263 incrementa los índices de compresión.
- H.261 incluye un filtro bidimensional en el lazo de realimentación para mejor control de la imagen en que se basa la predicción.
- H.261 maneja anchos de banda de 64 kbps a 2 Mbps. H.263 se orienta a velocidades menores a 64 kbps.

4.2.2.2 Tendencias para el futuro.

La norma H.261 fue finalizada en Diciembre de 1990 después de un proceso que duró unos 5 años, aunque su aprobación a nivel internacional se produjo recién en Marzo 1993. La propuesta para la norma H.263 se realizó en Noviembre 1994, y poco a poco se ha ido estableciendo la estructura final. Quedan todavía muchos puntos por resolverse y muchas pruebas por realizarse, y se espera que la recomendación final se haga mas o menos a finales de 1997 y su aprobación se logre a finales de 1998. Durante los últimos cinco años, un gran número de industrias han empezado a desarrollar sistemas personales de video conferencia basados en estas dos normas. Se espera que en el futuro, la normalización en marcha haga posible la interoperabilidad de todos los sistemas. Si esto es posible, es de esperar que equipos videofónicos personales ya sean acoplados al computador o no, salgan masivamente al mercado en los próximos años.

Casi simultáneamente con los esfuerzos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), la otra entidad con importancia semejante, la Organización Internacional de Estándares (ISO) ha venido realizando un trabajo paralelo referente a la codificación de video para almacenamiento en discos (MPEG-1) y para su

transmisión por canales anchos y televisión de alta definición (MPEG-2). Ambas instituciones han colaborado mutuamente, y es así que ambas han decidido enfrentar la codificación de video a velocidades menores a 64 kbps. En este sentido, la ITU y la OSI consideran que la codificación vía H.263 es la solución estándar a corto plazo. Es sabido que H.263 difícilmente podrá ofrecer imágenes de alta resolución en tiempo real, además de no contar con otras propiedades como escalabilidad, interactividad, acceso a imágenes en modo aleatorio, etc. Por esta razón, ambas entidades están conjuntamente involucradas en el desarrollo a largo plazo de un nuevo codificador genérico que extenderá y/o reemplazará al H.263. Este nuevo codificador se denomina MPEG-4.

4.2.3 Técnicas de compresión.

Para cada utilidad se ha desarrollado una familia de estándares de compresión de vídeo digital, además de que diversos fabricantes hayan desarrollado formatos propios que optiman el rendimiento de sus plataformas (p.e.: compresión asimétrica –difusión- respecto a simétrica – videoconferencia).

4.2.3.1 MJPEG

“Motion” JPEG: aunque JPEG es un estándar CCITT/ISO para la compresión de imágenes fijas, Motion JPEG no es un estándar para compresión de vídeo, lo que ha significado problemas de compatibilidad entre diferentes sistemas MJPEG. Permite la creación de ficheros digitales de vídeo de alta calidad para edición on-line y off-line, que luego se convierten al formato final deseado. Por

supuesto, esta alta calidad se penaliza en la cantidad de disco necesaria para un minuto de vídeo: de 30 a 65 MB por minuto.

4.2.3.2 TRUE MOTION

True Motion: combina tanto compresión asimétrica como en tiempo real para diferentes tipos de aplicaciones multimedia. Supone una mejora de calidad con respecto a algunos de sus predecesores, con calidades equivalentes a la de teledifusión.

4.2.3.3 INTEL INDEO

Indeo Video es una familia de algoritmos de compresión para plataformas de sobremesa. El primer miembro de esta familia (disponible para QuickTime de Apple) es un compresor en tiempo real adecuado para edición on-line de vídeo (con menores calidades que True Motion o MJPEG), bueno para edición de vídeo off-line y optimado para multimedia. Los tamaños de los ficheros generados pueden ser pequeños según las necesidades de calidad requeridas.

La ejecución de estos ficheros puede efectuarse sin ningún hardware adicional, con los denominados codecs software. Las calidades en estos casos son menores que con hardware especial: pequeñas ventanas a 15 o 20 frames por segundo frente a los 30 fps a ventana completa. Indeo, además de visualizarse en equipos con hardware especial o con codecs software, es el único algoritmo que permite su decodificación sólo software y que comprime el vídeo en tiempo real. Indeo es multiplataforma siempre que haya una tarjeta compatible DVI, y en decodificación funciona sobre Microsoft Windows con "QuickTime for Windows" o "Video for Windows".

4.2.3.4 RTV (Real-Time Video)

RTV es otro algoritmo de compresión en tiempo real, con calidades menores que True Motion o MJPEG.

4.2.3.5 MPEG

MPEG es un estándar genérico que especifica la sintaxis del flujo de datos comprimidos, lo que de hecho define el tipo de decodificador. La tabla adjunta muestra los diferentes estándares MPEG (Motion Picture Experts Group).

Sistema	Características	Objetivo	Estado
MPEG			
MPEG-1	1.14-3 Mbit/s	Distribución de vídeo en CD-ROM	En aplicación. Disponibilidad de equipos
MPEG-2	2-8 Mbit/s	Vídeo comprimido de calidad de distribución	En aplicación. Disponibilidad de equipos
MPEG-3		Propuesto para HDTV	Abandonado en favor de MPEG-2
MPEG-4	64 kbit/s	Vídeo-teléfonos, bases de datos interactivos,...	En desarrollo
MPEG-7			Investigación

Estándares MPEG

Tabla 4.2

El algoritmo de codificación, y el codificador no los define la norma, permitiendo diferentes desarrollos y realizaciones. La normativa referente a este estándar se divide en tres partes para cada uno de los tipos de información codificada de que se compone el vídeo: vídeo, audio y sistemas (establece la forma de multiplexación de los flujos de datos correspondientes a las señales de audio y vídeo, así como a la parte de datos propia de la realización).

El estándar permite a su vez la integración en el tren de bits de información y datos adicionales propios de usuario, lo que dota a la norma de una gran flexibilidad y generalidad en su utilización en cada caso.

4.2.3.5.1 MPEG1 Y MPEG2

El estándar MPEG 2 es un método de compresión de vídeo digital desarrollado como ampliación del estándar anterior MPEG 1 para cubrir un mayor rango de aplicaciones.

La codificación del vídeo en el estándar MPEG-2 se basa en el empleo de técnicas híbridas de reducción de la información necesaria para transmitir la secuencia de imágenes en el tren de bits. Explota dos tipos de redundancia en los datos de las imágenes:

Redundancia espacial Y Redundancia temporal

MPEG-2 define varios perfiles (5: simple, main, SNR scalable, Spatially scalable, High) y niveles (4: low, main, high-1440, high), desde los de calidad equivalente al vídeo doméstico hasta la alta definición. No todas las combinaciones son posibles (hay 20 definidas).

La codificación y su realización no se define en la norma, y se permiten diferentes modelos capaces de generar un tren de bits compatible con MPEG-2.

4.2.3.5.2 MPEG4

El estándar MPEG-4 es una normativa del grupo MPEG del comité ISO que se espera esté finalizada en noviembre de 1998. El origen de esta norma está en la necesidad cada vez mayor de implementar servicios audiovisuales complejos, en los que existen diferentes elementos tanto naturales como sintéticos, se requiere permitir la interactividad del usuario con el sistema, y se dispone de poco ancho de banda en la comunicación.

El uso de esta normativa se orienta a su empleo en múltiples sistemas multimedia interactivos como pueden ser bases de datos multimedia, tele-tienda, televisión digital, etc. La norma lista una serie de aplicaciones características de referencia, que se detallan a continuación como ejemplo:

- Internet multimedia.
- Comunicaciones interpersonales (videoconferencia, videofonía).
- Servicios de base de datos multimedia por red.
- Sistemas de emergencia remotos.
- Sistemas de vigilancia remotos.
- Multimedia en redes. Etc.

El estándar MPEG-4 define dos elementos básicos:

- Un conjunto de herramientas de decodificación que soporten las diferentes funcionalidades que se pretenden para diferentes objetos audiovisuales.
- Una descripción sintáctica de los objetos audiovisuales codificados, proporcionando métodos formales para describir la representación de los objetos, métodos para la presentación visual al usuario, y la forma de proporcionar interactividad.

Una novedad importante respecto a otras normas MPEG, es que MPEG-4 permite a los usuarios organizar las diferentes herramientas para configurar un sistema según los requerimientos específicos de cada uno.

Las propiedades principales que presenta MPEG-4 son por tanto: alta compresión, acceso universal y manipulación interactiva del contenido audiovisual. Estas propiedades se concretan en las siguientes funcionalidades según la norma:

- Escalabilidad basada en el contenido: Los diferentes objetos de los que se compone la escena presentan diferentes características de escalabilidad espacial y/o temporal que podrán ser adquiridos por sistemas decodificadores de diferente complejidad.
- Manipulación basada en el contenido y edición del tren de bits: La norma implementará esta función para que se pueda realizar edición sin transcodificar la escena completa, permitiendo la edición de objetos independientemente. Herramientas de acceso a datos multimedia basados en el contenido: Esta característica permite indexar, buscar, cargar,

etc. datos, proporcionando una base para la interactividad cara al usuario.

- Codificación híbrida sintética y natural: Se incluyen algoritmos eficientes de codificación e integración de escenas sintéticas y naturales audiovisuales.
- Codificación de trenes de datos concurrentes: Se prevé la habilidad de codificar múltiples vistas de una escena con una sincronización eficiente, y aprovechamiento de la redundancia, como por ejemplo en el caso de transmisión de escenas de vídeo 3D.
- Eficiencia mejorada de la codificación: La norma MPEG-4 implementa algoritmos que explotan las características particulares de cada objeto multimedia y de la escena, para codificar y transmitir con calidad en medios de ancho de banda reducido.
- Robustez en medios propensos a errores: La norma se pretende sea útil en gran variedad de medios de comunicaciones y de almacenamiento, incluso en comunicaciones móviles donde las tasas de error son elevadas. El estándar implementa técnicas para reducir los errores.
- Acceso temporal aleatorio: Dentro de los rangos temporales propios de cada sistema se permitirá el acceso aleatorio a diferentes objetos y partes de la escena.

De forma similar a lo que ocurre en MPEG-2, la norma MPEG-4 pretende definir niveles y perfiles para cada conjunto de requerimientos, de modo que se pueda contar con una serie estándar de implementaciones a utilizar que permita la intercambiabilidad.

El flujo de datos MPEG-4 se compone de varios canales y de varios objetos audiovisuales que son independizados en el demultiplexor. Uno de los canales contiene información de base de la escena y la disposición de los objetos en ella, y los restantes contienen información de los objetos que son pasados a sus decodificadores correspondientes. El compositor se encarga entonces de coordinar los objetos y presentarlos según su orden y según la interacción del usuario.

5. RENTABILIDAD ECONÓMICA

La telefonía por Internet se hace rentable cuando se generan llamadas de larga distancia, ya sean nacionales e internacionales debido a la diferencia de los costos.

Para los casos de telefonía local, la telefonía por Internet se torna ineficiente, debido al aumento del costo y la calidad final de la voz.

La razón principal para ofrecer servicio de telefonía por Internet radica justamente en el factor económico. En los actuales momentos el servicio convencional es el único que puede garantizar una calidad de servicio de buena a excelente en cualquier momento en que se efectúe la llamada. La calidad del servicio a través de Internet va de regular a buena (en el mejor de los casos) y puede llegar a ser pésima a medida que aumenta el tráfico en la red.

Para disfrutar del servicio el usuario final deberá realizar una inversión inicial que consta de un PC equipado con tarjeta de sonido, un micrófono, módem (recomendado de 14,4 Kbps o mayor) y por supuesto con una cuenta de acceso dial-up o mediante líneas dedicadas.

El costo de un PC oscila alrededor de los \$1400, esto depende de la velocidad del procesador usado por el PC. Los costos adicionales varían según sea el requerimiento, \$75 a \$300 por micrófono,

altavoces, y tarjetas de sonido y adicionalmente unos \$30 a \$50 para el software cliente en cada PC.

Los ISPs típicamente cobran \$6 a sus clientes por 5 horas de acceso. Algunas compañías en los Estados Unidos, cargan alrededor de \$20 al mes por uso ilimitado. Comparando esto con el promedio de llamadas internacionales a \$1 o \$2 por minuto, el ahorro es notable.

Se debe tener en cuenta que si el tráfico es pesado, se requiere una línea dedicada, lo cual incrementa el gasto.

El costo de las líneas dedicadas varía entre \$1000 y \$3000 mensuales según los requerimientos de ancho de banda.

El servicio de voz sobre Internet es muy rentable para compañías con un alto volumen de llamadas internacionales o locales de larga distancia.

Después de haber tenido en consideración todos estos aspectos se puede concluir si el servicio es rentable o no para la compañía.

5.1 Conmutación de circuitos y de paquetes.

Internet está basado en la tecnología de conmutación de paquetes, lo cual representa otro beneficio desde el punto de vista económico

cuando se le compara con la tecnología de conmutación de circuitos la cual es más costosa.

La conmutación de paquetes es aproximadamente un 73,33% más económico que la conmutación de circuitos, lo que contribuye en el costo del servicio telefónico a través de Internet.

Las redes IP están basadas en conmutación de paquetes, estas cuentan con los siguientes beneficios adicionales al factor económico:

- Posibilidad de transmitir hasta velocidades de 2,4 Kbps gracias a las actuales técnicas de compresión, lo que permite enrutar un aproximado de 26 llamadas por un canal de 64 Kbps, mientras que las redes telefónicas convencionales basadas en conmutación de circuitos transmiten por ese mismo ancho de banda una sola llamada.
- Capacidad para transmitir conversaciones totalmente half dúplex.

6. MERCADO

Hoy en día existen diversas empresas que producen tanto software como hardware para ser utilizado vía Internet (más de 366). Según un estudio realizado por VON se obtuvieron los mejores productos para el año 97. En la lista se aprecian los Top Ten de 1997 (Tabla 6.1):

Asignación de puntaje:

Primer	lugar	5	puntos
Segundo	lugar	3	puntos
Tercer	lugar	1	punto

	Internet Telephony	Puntos	URL (año pasado)
1.	VocalTec Internet Phone	(757)	http://www.vocaltec.com (1)
2.	NetMeeting	(414)	http://www.microsoft.com/netmeeting (3)
3.	CU-SeeMe	(305)	http://www.wpine.com (5)
4.	TeleVox	(276)	http://www.voxware.com (2)
5.	CoolTalk	(249)	http://www.netscape.com (5)
6.	Intel Internet Video Phone	(231)	http://www.intel.com (4)
7.	Net2Phone	(228)	http://www.net2phone.com (10)
8.	FreeTel	(160)	http://www.freetel.com (8)
9.	Freephone	(155)	NA
10.	WebPhone	(154)	http://www.netspeak.com (7)

Proveedores de Telefonía en Internet.

Tabla 6.1

6.1 VOCALTEC INTERNET PHONE

Este es un producto revolucionario que permite conversaciones en tiempo real y full dúplex a través del Internet.

VOCALTEC INTERNET PHONE producción 5.0 para windows 95/NT es compatible con otros estándares. Con esta versión se puede realizar llamadas desde un PC a un teléfono regular.

Para esto se necesita un código de registro el cual cuesta \$49.95. Lo único que se necesita es llenar una orden y enviarla al web site de VocalTec y ellos le enviaran su código de registro. Se puede usar este software para realizar llamadas en forma ilimitada desde un computador a otro sin ningún pago adicional.

También puede ser obtenido gratuitamente del web site de VocalTec: <http://www.VocalTec.com> (por tiempo limitado).

6.1.1 Características del sistema.

Entre las características más relevantes podemos mencionar:

- Se puede conversar hasta con 100 personas usando el VocalTec conferencing server.
- *Pizarra*: permite compartir y editar documentos, fotos y dibujos con otros usuarios.
- *Text Chat y aceptación automática de llamadas*.
- *Ventana Estadística*: permite ver el performance de la llamada.
- Llamada directa, solamente ingresa la dirección electrónica.

- Identificador de llamada, llamada en espera, bloqueo, muting, directorio.
- Los codecs audio que puede utilizar son:
VocalTec VSC 8 Khz, DSP Groupe True Speech TM, VocalTec VSC 5.5 Khz, CCITT G.711 μ -Law
- Codec para video: VVC1
Hay 2 opciones:
 - * Mayor rapidez y menor calidad
(ancho de banda: 28-30 kb/s, 2.5 fps)
 - * Mayor calidad y menor rapidez
(ancho de banda: 10-15 kb/s, 14.8 fps)

6.1.2 Requerimientos mínimos del sistema.

HARDWARE:

- 75 MHz procesador Pentium o más rápido
- 16 MB RAM
- Tarjeta de sonido full dúplex

HARDWARE PARA VÍDEO:

- 75 MHz Pentium
- dispositivo de captura de vídeo (requerido solo para envío de vídeo y no para recibir)

SISTEMA DE OPERACIÓN:

- Microsoft Windows 95/NT

CONEXIONES DE LA RED:

- 28.8 Kbps de conexión a la red TCP/IP
- Microsoft Internet Explorer o Netscape Navigator
- 32 bits Winsock

COSTO:

- Versión a prueba: gratis (15 días aproximadamente)
- versión completa: 49.95 dólares

6.2 MICROSOFT NETMEETING

Permite la comunicación de audio, vídeo y datos en tiempo real a través del Internet, no admite realizar llamadas a través de IPX o PSTN. Es compatible con el estándar H.323 y se lo puede utilizar para realizar y recibir llamadas de productos compatibles con H.323 incluyendo Intel Internet Video Phone.

Las características de audio y vídeo solo funcionan con TCP/IP entre dos interlocutores al mismo tiempo. El número de personas que pueden participar con éxito en una conferencia variará dependiendo del ancho de banda de la red disponible y de la velocidad de los equipos de los interlocutores.

6.2.1 Características del sistema.

Cualquier persona de una conferencia puede compartir una aplicación con los demás interlocutores. Entre las aplicaciones que se puede compartir tenemos:

- *Pizarra:* permite dibujar simultáneamente con otros usuarios. Todos los interlocutores de la conferencia pueden ver lo que se dibuja en la pizarra.
- *Conversación:* permite escribir mensajes para que otros usuarios lo vean. Cuando un interlocutor de una conferencia ejecuta Conversación, ésta aparece en la pantalla de todos los demás.
- *Transferencia de Archivo:* Los archivos arrastrados hasta la lista de personas de la ficha de la llamada actual, se envían a todos los interlocutores de la conferencia.
- *Los codec de audio que utiliza son:*

Microsoft G.723.1, 8Khz mono, 6400 bits/s

Microsoft G.723.1, 8Khz mono, 6400 bits/s

Lernout & Hauspie SBC 16 kbits/s, 8000Hz, 16 bit mono

Lernout & Hauspie SBC 8 kbits/s, 8000Hz, 16 bit mono

Lernout & Hauspie SBC 12 kbits/s, 8000Hz, 16 bit mono

Ley μ de CCITT, 8000Hz , 8 bit mono

Microsoft ADPCM, 8000Hz, 4 bit mono

Lernout & Hauspie CELP4, 8 kbits/s, 8000Hz, 16 bit mono

6.2.2 Requerimientos mínimos del sistema.

HARDWARE:

- 66 MHz procesador con 8 MB RAM (o Pentium con 12 MB RAM)
- Tarjeta de sonido full dúplex

HARDWARE PARA VÍDEO:

- dispositivo de captura de vídeo (requerido solo para envío de vídeo y no para recibir)

SISTEMA DE OPERACIÓN:

- Microsoft Windows 95/NT

CONEXIONES DE LA RED:

- 28.8 Kbps de conexión a la red TCP/IP

COSTO:

- gratis

7. REGULACIÓN

A pesar de que el servicio de telefonía vía Internet todavía se encuentre en una etapa de desarrollo, es posible señalar que existe un mercado que se verá afectado con la implementación de estas nuevas técnicas. Es así como el servicio de voz por Internet podría ocasionar grandes pérdidas a las compañías telefónicas convencionales, las cuales piden a gritos un sistema que regule el servicio.

La telefonía sobre Internet presenta un gran desafío al actual modelo de negocios de los operadores de telecomunicaciones, los proveedores de servicios y los *vendedores* están ingresando al mercado de telefonía IP a una tasa extraordinaria. Los bajos costos y el estado de no-regulación de este mercado significan que nuevos competidores cuentan con una herramienta competitiva muy poderosa. se estima que la telefonía sobre Internet podría alzarse con el 36% del mercado de las principales rutas internacionales en el 2003.

El diferencial de precios actual a favor de la telefonía sobre Internet permitirá a los nuevos operadores construir redes expertas, poniéndolos en una posición de desafiante hacia los operadores de telecomunicaciones con servicios mejorados en la plataforma IP integrada del futuro. Los operadores de telecomunicaciones deben tomar este desafío muy seriamente.

7.1 Posición de la Comisión Europea.

La Comisión Europea ha emitido un comunicado en el que define su posición respecto a la telefonía vocal en Internet, entendiendo que ésta no debe ser objeto de regulación. La Comisión considera que la telefonía IP, cuando transmite voz, no reúne los requisitos necesarios para considerarla telefonía vocal convencional y se basa en las opiniones obtenidas durante un periodo de consultas que se inició en mayo de 1997 y finalizó en julio del mismo año.

El comunicado distingue entre tres categorías de servicios de voz:

1.Servicios comerciales suministrados de PC a PC.

2.Servicios comerciales suministrados entre un PC y un teléfono convencional, conectado a una red pública conmutada de telecomunicaciones.

3.El suministro de llamadas entre dos teléfonos convencionales conectados a una red pública conmutada de telecomunicaciones.

La conclusión de la CE es que sólo el tercer tipo de servicios de voz puede ser considerado telefonía vocal.

De acuerdo con la legislación de la Unión Europea, el suministro de voz a través de Internet no es "telefonía vocal" en la actualidad, y en consecuencia, no puede estar sujeta a licencias individuales por parte de los Estados Miembro, sino, a lo sumo, a procedimientos de declaración.

La Comisión considera que bajo la definición de telefonía vocal establecida en la Directiva 90/388/CEE, la comunicación por voz entre usuarios de Internet únicamente podría considerarse como telefonía vocal si se cumplen todos los criterios que a continuación se relacionan:

1. Que dichas comunicaciones sean objeto de una oferta comercial.

Esto requiere que el simple suministro técnico y no comercial de una conexión telefónica entre dos usuarios debería ser autorizado. "Comercial" debe entenderse en el sentido común de la palabra, por ejemplo, que la transmisión de la voz sea suministrada como una actividad comercial con ánimo de lucro.

En el caso de Internet, mientras que el suministro de programas y visualizadores (con frecuencia preinstalados en los ordenadores personales nuevos) que permiten a los usuarios de los mismos enviar y recibir comunicaciones vocales tiene fines comerciales, en la mayoría de los casos la prestación comercial del servicio de transporte de voz no es, por lo menos de momento, el objetivo principal de los proveedores de acceso y la telefonía de Internet sólo es una prestación más del acceso a Internet elegido por el cliente por diversos motivos: para navegar, para disponer de correo electrónico, para extraer ficheros y datos, etc. En otros casos, el usuario adquiere los programas necesarios por su cuenta, sin que se los facilite el proveedor de acceso al que se abona.

Como en la mayoría de los casos las comunicaciones vocales no son más que una parte del servicio integral de Internet ofrecido al cliente, en el que el servicio de voz tiene carácter secundario con relación a otros servicios de Internet (igual que la videotelefonía no se considera telefonía vocal en la actualidad), por regla general el servicio de voz por Internet no cumple este primer criterio de la definición comunitaria de telefonía vocal.

Sólo si una organización comercializa un servicio de telefonía por Internet entre teléfonos dentro de la Unión Europea como una forma alternativa de servicio de telefonía vocal, cabe considerar que lo explota con fines comerciales.

De igual modo, en el caso de las comunicaciones vocales efectuadas a partir de un ordenador personal, si la prestación de un servicio de llamadas externas («dial out») a cualquier número de teléfono se convirtiese en un elemento decisivo de la estrategia comercial de los prestadores de servicios, podría considerarse que suministran el servicio de transporte de voz con fines comerciales.

En el caso de Internet, el suministro comercial de la transmisión de voz no es, por el momento, la intención de los PSI.

2. Que se dirijan al público.

Sólo los usuarios que accedan a un servidor conectado a Internet y que utilicen software compatible pueden utilizar Internet para llamar a otros usuarios.

3. Que tengan lugar entre terminales de una red telefónica conmutada de ámbito público.

Entre terminales de la red pública conmutada, significa que, para que un servicio de comunicación vocal entre en el ámbito reservado hasta la fecha fijada para la plena liberalización del sector, no sólo ha de ser objeto de una explotación comercial y estar destinado al público, sino que también debe conectar dos terminales de la red telefónica pública conmutada al mismo tiempo. Estas terminales deben tener asignado un número de abonado del plan nacional de numeración telefónica. Por consiguiente, si el acceso a Internet se obtiene mediante circuitos arrendados, el servicio jamás podrá calificarse de telefonía vocal, aun cuando la llamada termine en la red pública conmutada, independientemente de si se conecta un teléfono o un ordenador.

Si el usuario de Internet sólo puede llamar a otros abonados de Internet cuyos ordenadores estén conectados por un módem y utilicen un programa informático compatible, tampoco se tratará de un servicio de «telefonía vocal», porque no se cumple el requisito de que «permita a cualquier usuario comunicar con otra terminal». En cambio, sí se cumpliría en los servicios de voz de Internet entre un ordenador y un teléfono o entre teléfonos.

4. Que implique transporte directo y conmutación de la voz en tiempo real.

Si se tiene en cuenta la técnica utilizada para las primeras comunicaciones entre usuarios de Internet y el estado actual de

desarrollo de la red (anchos de banda y técnicas de compresión), no puede afirmarse que la telefonía vocal en Internet tenga lugar en tiempo real. La voz es empaquetada y enviada por el usuario desde un terminal a un servidor, y de éste a otro servidor, que a su vez envía los paquetes que contienen la voz al equipo receptor, que une los paquetes y los convierte en sonido. El periodo de tiempo necesario para procesar la información en ambos sentidos impide que podamos hablar de un servicio prestado en tiempo real, pero es evidente que el rápido progreso de esta tecnología obligará a revisar esta afirmación en el futuro.

Obviamente, este criterio de la definición de telefonía vocal se cumplirá si las organizaciones que ofrecen servicios de voz vía Internet entre teléfonos garantizan la calidad del sonido reservándose ciertas anchuras de banda y se comprometen a ofrecer un servicio de la misma calidad que los servicios de voz transportada en redes telefónicas públicas conmutadas.

La telefonía en Internet no cumple actualmente estos requisitos. Sin embargo, los avances tecnológicos pueden provocar que los proveedores de telefonía en Internet lleguen a actuar como verdaderos proveedores de telefonía vocal, momento en el que deberá aplicarse el régimen regulatorio de la telefonía vocal

El comunicado se aplica también a los Estados Miembro que, como en el caso de España, gozan de un plazo de prórroga para la liberalización de la telefonía vocal. Estos países no podrán, por ejemplo, bloquear ningún servicio de voz en Internet que utilice

tarjetas hasta la fecha de total liberalización, excepto en el caso de que puedan demostrar que el servicio es un mero sustituto de un servicio universal de telefonía vocal, y que representa una cuota significativa del mercado de llamadas de larga distancia e internacionales.

7.1.1 Consecuencias reglamentarias.

Hoy en día, los proveedores de acceso a Internet suelen ejercer esta actividad al amparo de una autorización para prestar servicios de transmisión de datos o servicios de valor añadido.

Conforme a la Directiva 90/388/CEE:

- La prestación de servicios de telecomunicaciones distintos de la telefonía vocal y el establecimiento y suministro de redes públicas de telecomunicaciones y otras redes de telecomunicaciones que impliquen el uso de radiofrecuencias sólo podrán someterse a un procedimiento general de autorización o de declaración. En la medida en que se considera que los servicios de voz de Internet no son un «servicio de telefonía vocal» con arreglo a la citada Directiva, no puede exigirse a los proveedores de acceso o prestadores de servicios de Internet que soliciten una licencia individual.
- Los procedimientos de autorización o declaración general se basarán en criterios objetivos (es decir, relacionados con la exigencia esencial de que se trate), no discriminatorios, proporcionales y transparentes. Esto implica que, en principio,

no se podrá establecer un régimen específico de autorización para los proveedores de acceso o prestadores de servicios de Internet que sea diferente del aplicable a otros prestadores de servicios de transmisión de datos. De cualquier modo, si el servicio de telefonía de Internet no es más que una parte del servicio integral ofrecido en Internet al cliente, en el que el servicio de voz tiene carácter secundario con relación a otros servicios de Internet, habrá que considerar que la aplicación telefónica queda subsumida dentro de una autorización más amplia que abarca la actividad global del proveedor de acceso a Internet, y resultaría desproporcionado exigir a los proveedores de acceso que soliciten una autorización adicional.

En la medida en que los servicios de voz de Internet no pueden considerarse como un «servicio de telefonía vocal» con arreglo a la Directiva, no puede exigirse a los proveedores de acceso a Internet contribución alguna.

Si en el futuro los servicios de comunicación vocal de Internet se consideran telefonía vocal, los proveedores de servicios de este tipo pasarán a formar parte de la categoría de organizaciones a las que podría exigirse que contribuyeran a financiar el servicio universal una vez completada la liberalización del sector, conforme a los principios de la legislación comunitaria y a las Directrices sobre costes y financiación del servicio universal, fijadas en la Comunicación de la Comisión de 27 de noviembre de 1996.

En la mayoría de los Estados miembros no se planteará esta cuestión; pero lo cierto es que la legislación comunitaria prevé que puede exigirse una contribución al servicio universal a las organizaciones que suministren redes públicas de telecomunicaciones y servicios de telefonía vocal accesibles al público.

Tal contribución tendría que ser proporcional, no discriminatoria y transparente. El requisito de proporcionalidad exige que:

- No se impongan contribuciones por partida doble. Habrá que asegurarse de que, si un servicio depende de que el usuario esté conectado a la red de otro operador, las autoridades reguladoras no recauden dos contribuciones: una del operador de la red telefónica pública conmutada y otra del prestador del servicio, aunque éste sea de telefonía vocal.
- El coste y el esfuerzo necesario para calcular las contribuciones al servicio universal pueden constituir, para la organización afectada, una carga desproporcionada al impacto de sus actividades sobre la prestación del servicio universal en el Estado miembro en cuestión. Por lo tanto, la contribución podría levantar un obstáculo de consideración a la prestación de un servicio innovador.

Hay que tener en cuenta que:

- (1) Se han excluido de esta Comunicación las aplicaciones que permiten, por ejemplo, extraer en forma de voz información almacenada (como páginas en Internet, mensajes enviados por correo electrónico o mensajes vocales), porque se considera que, a pesar de incluir el elemento vocal, constituyen nuevos servicios multimedia.

(2) Esta Comunicación no se ocupa de los casos en que sólo se utiliza Internet para hacer una llamada a través de la red telefónica pública conmutada (RTPC) llamando primero a un operador de re-llamada («call-back operator»). No obstante, el servicio que prestan los operadores de re-llamada debe examinarse por separado atendiendo a la definición de telefonía vocal. Si, además de la conmutación, el operador de rellamada efectúa el transporte directo de voz en una infraestructura propia o arrendada, debe ser considerado como un prestador de servicios de telefonía vocal.

(3) Por ejemplo: America On Line, Compuserve, Skynet, Ping, Atlas/Global One. Algunos prestadores de servicios, como Globallink, no ofrecen primordialmente acceso a Internet, sino un producto orientado principalmente a las comunicaciones vocales que facilita su transmisión vía Internet desde un teléfono o un ordenador personal, y no deben ser considerados como proveedores de acceso.

(4) La Directiva no define explícitamente el concepto de red pública conmutada. Debe atribuírsele el significado común: la red telefónica pública conmutada (RTPC) que está integrada por los medios de conmutación y transmisión utilizados por el organismo de telecomunicaciones para prestar el servicio telefónico normal.

(5) Las aplicaciones de correo de voz de acceso vía Internet no se ajustarían a la definición porque en estos servicios la comunicación vocal no tiene lugar en tiempo real.

El borrador de la comisión llega a la conclusión de que la transmisión de voz en Internet no puede ser considerada como un servicio de telefonía vocal.

7.2 Posición de la Asociación Americana de Operadores de Telecomunicaciones (ACTA).

En los Estados Unidos el ACTA (American's Carriers Telecommunications Associations) que es una alianza de los pequeños operadores de larga distancia, han realizado una petición al FCC (Federal Communications Comisión) en marzo 4 de 1996, en donde ACTA admite que los proveedores de (telefonía IP) software son operadores de telecomunicaciones y por lo tanto deberían estar sujetos a las regulaciones del FCC así como lo están todos los operadores de telecomunicaciones. ACTA pidió al FCC detener a las compañías en las ventas de softwares y hardwares que permiten el uso de voz sobre Internet como servicio de larga distancia.

El origen de la petición del ACTA es el asunto del cobro por el acceso, en los Estados Unidos, el servicio telefónico está dividido entre los LECs (Local Exchange Carriers) y los IXCs (Inter. Exchange Carriers). Los LECs proveen servicio telefónico local y por mucho tiempo se han mantenido como un monopolio. Los IXCs proveen servicios de larga distancia entre LECs, haciéndolo ampliamente competitivo aunque es una industria regulada.

La mayoría de las llamadas a larga distancia (excepto en el caso en donde los grandes consumidores de servicios de larga distancia obtienen enlaces bypass directamente a sus puntos de presencia IXC) incluyen una conexión LEC en cada terminal de llamada. Cada vez que un IXC termina u origina una llamada a través de un LEC, el

IXC le paga un valor por acceso de aproximadamente 3 centavos por minuto.

Nominalmente para reembolsar al LEC por el costo de proveer acceso local, los cargos por acceso están fuera de magnitud y son más grandes que el actual costo de acceso local.

ACTA argumenta que la mayor razón para que las llamadas telefónicas por Internet son más baratas que las tradicionales llamadas a través de conmutación por circuito es el cobro por acceso el cual es una exención que los ISPs gozan. Por lo tanto, ellos argumentan que los proveedores de Internet tienen una injusta ventaja en ofrecer servicios de larga distancia a tasas cortas.

Afortunadamente para la industria de telefonía sobre Internet e incluso para la industria misma del Internet, el FCC no parece estar de acuerdo.

7.2.1 Posición de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC).

Significativamente EL FCC, decidió a los comienzos de 1980 que los proveedores de servicio de Internet no deberían ser sujetos al cobro por acceso que los operadores de larga distancia pagan a las compañías telefónicas locales para originar y terminar llamadas. De esta forma los ISPs son tratados como "end users" quienes pueden comprar líneas no-por- minuto, las cuales se recargan o cobran al

recibir llamadas desde sus clientes. Sin esta excepción ISPs no podrían ofrecer servicios a tasas planas a sus clientes.

Sobre la petición original del ACTA para regular los softwares de telefonía, el presidente de la FCC Reed Hundt comentó en Junio de 1996:

“Debido a que el Internet cambia todo acerca de la forma en que nos comunicamos, este nos da la oportunidad para cambiar todas nuestras políticas y sistemas de comunicaciones.

El éxito y apertura del Internet está atrayendo una proliferación de servicios nuevos. El flujo de vídeo y audio podrían a la larga alterar la TV y radio. Pero en poco tiempo este y otros servicios nuevos nos darán tres objetivos principales: ancho de banda y acceso, más ancho de banda y más acceso, aún más ancho de banda y aún más acceso.

Por eso es que nuestras políticas deberían promover, facilitar, fomentar o por lo menos evitar impedimentos. Pero mientras nosotros necesitamos escribir reglas de interconexión, existen otras reglas de las cuales no estoy convencido que deberíamos escribir.

La FCC ha recibido una petición del ACTA pidiendo que restrinjamos la venta de software de telefonía sobre Internet ya que los proveedores de esos softwares no cumplen con las reglas que se aplican a los operadores de telecomunicaciones.

Asuntos similares están siendo discutidos en otros países incluyendo Canadá. Y estoy fuertemente inclinado a creer

que en este momento no se debe colocar restricciones sobre los proveedores de estos softwares o someter a la telefonía sobre Internet a las mismas reglas aplicadas a los convencionales operadores de voz conmutados por circuitos.

En Internet, el tráfico de voz es solamente una clase particular de dato e imponer divisiones de las regulaciones tradicionales sobre ese dato es contra productivo e inútil. Si la mayoría del FCC no estuvo trabajando tiempo completo en el acto de implementación de las telecomunicaciones, no puedo imaginar que tendríamos el tiempo para seguir y no perder de vista el paso de todos los bits a través del Internet y así separar los paquetes de datos aceptables de los inaceptables paquetes de voz.

Y lo que es más importante, no deberíamos buscar medios para sujetar a las nuevas tecnologías hacia los viejos reglamentos en vez de esto, deberíamos tratar de arreglar los viejos reglamentos de tal forma que si esas nuevas tecnologías son realmente mejores puedan florecer en el mercado.

Por muchos años, ingenieros nos han dicho que voz sobre una red conmutada por paquetes no era posible, dijeron que los períodos de retardos eran muy grandes y que nunca se obtendría una calidad de sonido aceptable. Pero esto está siendo posible y en poco tiempo desde que el primer producto comercial se hizo disponible y en poco tiempo la calidad ha sido mejorada y la última cosa que queremos hacer es parar esas mejoras a través de necias regulaciones.

Sobre el punto subsiguiente que es el real asunto a discutir sobre el cobro por acceso Hundt comentó en Julio de 1996:

No aplicaremos reglas anticuadas, caducas a nuevas situaciones aunque estemos tratando de reformar el rechinado y viejo régimen de cobro por acceso.

En frente ha este retroceso, ACTA comenzó a seguir una acción regulatoria a nivel de estado. Entretanto, muchos países tomarán sus direcciones en base a los Estados Unidos pero cada país enfrentará los asuntos regulatorios en su propia manera.

7.3 Regulación en el Ecuador.

De acuerdo a las leyes del país, la telefonía fija local, nacional e internacional, es un servicio exclusivo de las empresas del estado (Pacifictel, Andinatel y Etapa) de ahí que el servicio que ofrecen los softwares de telefonía sobre Internet son considerados como ilegales.

Una ley aprobada por el congreso, a principios de agosto del año 1999 señala sanción a los servicios de call-back y by- pases entre dos y cinco años de prisión. Y no así los servidores de Internet, sin embargo la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones menciona que esta penalización si recae si el uso de Internet es para telefonía y que la interpretación de la ley no tiene que ser hecha por cualquier persona ya que el consejo nacional de telecomunicaciones es el que tiene la ultima palabra, mencionan además que en ningún momento se ha transformado la ley para ser uso de la telefonía y esto incluye el uso de la tecnología de voz sobre IP.

Esta prohibición ha recibido el rechazo de los propietarios de cybers
café y de los miles de usuarios dentro de las bondades del Internet
ven en estos softwares uno de los mayores beneficios.

8. METODOLOGIA APLICADA

Para realizar el análisis de nuestro proyecto diseñamos un experimento que consiste en transmitir un grupo de n palabras utilizando los dos software más utilizados a nivel mundial, en la recepción se tomo el tiempo en que tardo en llegar el mensaje desde que fue enviado y la integridad absoluta y porcentual del mismo.

Se repitió el experimento bajo las siguientes condiciones:

- Condición 1: Por software
- Condición 2: Por conexión
- Condición 3: Por número de palabras

El experimento se realizó una vez bajo cada uno de los diferentes conjunto de condiciones obteniéndose un total de 132 experimentos de 10 ensayos cada uno que dan un total de 1320 muestras para analizar.

Generamos frases de prueba de 2, 4 y 6 palabras. (hola, que tal, como, estas, buenas, noches) las cuales trasmitimos utilizando ambos software con cada una de las conexiones entre proveedores de Internet los cuales son: RamTelecon, Espoltel, Ecuonet, Satnet y Portanet, debemos indicar que la transmisión y la recepción se hizo en ambos sentidos entre ISPs.

Por hipótesis asumimos que la transmisión siempre fue exitosa y cualquier problema que se produjera era en el lado de la recepción. Para el análisis de vídeo se transmitió imagen estática y luego una imagen animada a través de la conexión y del lado de la recepción se expuso el vídeo a observadores y lo calificaron como bueno, malo

y regular, a su vez se midió la velocidad transmisión la cual es provista por el mismo software, todo esto durante un lapso de un minuto.

8.1 Infraestructura utilizada.

Se usaron dos PC con las siguientes características:

CPU:	200Mhz
Memoria:	40 Mb
Disco duro	2 Gb
Vídeo	32 bits
Módem	33.6 Kbps
Sonido	Full dúplex
Monitor	SVGA 0.28
Multimedia	OK

Se usaron también dos vídeo cámara (webcam) con las siguientes características:

- Puerto Usb
- 30 frames por segundo
- Soporte para miles o millones de colores

9. ANÁLISIS

- Eficiencia por software.

Después de haber obtenido las muestras, mediante el desarrollo de nuestro experimento. Empíricamente debido a la observación de los datos hemos supuesto que la eficiencia media de Vocaltec es mayor que la del Netmeeting

$$eficiencia = \frac{\# palabras_recibida}{\# palabras_transmitidas} \times 100$$

Para corroborar nuestro supuesto hemos establecido las siguientes hipótesis estadísticas en base a la siguiente tabla de resultados (para mayor información de los resultados de la tabla verificar el anexo 1).

$\bar{X}_{efic}$: Promedio de la eficiencia σ : Desviación de la eficiencia

Palabras	Netmeeting			Vocaltec		
	X (%)	σ (%)	Prop. falla	X (%)	σ (%)	Prop falla
2	92.23	8.05	4/220	96.3	6.15	6/220
4	83.25	19.086	7/220	95.5	6.56	2/220
6	78.14	22.09	2/220	94.4	11.07	0/220

Eficiencia y proporción de falla por software

Tabla.9.1

Primera hipótesis: Que la eficiencia media de Vocaltec es mayor que la eficiencia media de Netmeeting versus la alterna que sería que la eficiencia media de Vocaltec es menor que la eficiencia de Netmeeting.

μ_v = Eficiencia media de Vocaltec

μ_n = Eficiencia media de Netmeeting

$\mu_v \geq \mu_n$

$H_0 = \mu_v - \mu_n \geq 0$

$H_a = \mu_v - \mu_n < 0$

En vista al volumen de datos que era 220 datos para este experimento asumimos que la media de la frecuencia en recepción esta normalmente distribuida con media y varianza conocidas, por lo cual lo mas adecuado es utilizar el siguiente estadístico de prueba que relacione la diferencia de medias (vamos a comparar medias poblacionales). Utilizaremos un nivel de confianza (α) del 5% (ver anexo 2: $Z_{\alpha} = 1.645$).

$$z = \frac{X1 - X2 - (\mu1 - \mu2)}{\sqrt{\frac{\sigma1^2}{n1} + \frac{\sigma2^2}{n2}}} \quad \text{Región de rechazo: } Z < -Z_{\alpha}$$

I Cálculos para 2 palabras

$$\mu_v \geq \mu_n$$

$$H_0 = \mu_v - \mu_n \geq 0$$

$$H_a = \mu_v - \mu_n < 0$$

$$z = \frac{X1 - X2 - (\mu1 - \mu2)}{\sqrt{\frac{\sigma1^2}{n1} + \frac{\sigma2^2}{n2}}}$$

$$z = \frac{96.3 - 92.23}{\sqrt{\frac{8.05^2}{220} + \frac{6.15^2}{220}}}$$

$$z = 5.96$$

Como el estadístico de prueba fue mayor que el estadístico critico (z_{α}) entonces no existe evidencia estadística suficiente para rechazar que la eficiencia media de Vocaltec es mayor que la de Netmeeting.

II Cálculos para cuatro palabras

Ho y Ha son iguales al I

$$z = \frac{X1 - X2}{\sqrt{\frac{\sigma 1^2}{n} + \frac{\sigma 2^2}{n}}}$$

$$z = \frac{12.25}{\sqrt{\frac{437.15}{220}}} \quad z = 8.68$$

No existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis.

III Cálculos para 6 palabras

Ho y Ha son iguales a I y II

$$z = \frac{16.26}{\sqrt{\frac{610.5}{220}}} \quad z = 9.79$$

No existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis.

- **Análisis de la proporción de error en la aplicación en los softwares Vocaltec y Netmeeting.**

Defínase el error como la palabra que al ser transmitida no son receptadas.

Supuesto (empírico): Vocaltec tiene menos fallas en la ejecución que el Netmeeting. Es decir que la *proporción de errores de Vocaltec es menor que la proporción de errores de Netmeeting.*

$H_0 : P_{\text{vocaltec}} \geq P_{\text{netmeeting}}$

$H_a : P_{\text{vocaltec}} < P_{\text{netmeeting}}$

$$z = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{Pq[(1/n_1) + (1/n_2)]}}$$

$$P = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

$$q = 1 - P$$

En donde:

P: Proporción total de error.

xi: número de fallas totales en el experimento.

n: es el número de ensayos.

q: Proporción de éxito.

Z: Estadístico de prueba.

I Calculo para 2 palabras

$\alpha = 0.05$ (ver tabla 9.1)

$P_{\text{vocaltec}} = 4/220$ $P_{\text{netmeeting}} = 6/220$

$$P = (6 + 4) / (220 + 220) = 10/440$$

$$q = 1 - 10/440 = 430/440$$

Región de rechazo : $z < -z_{\alpha}$ (-1.645)

$$z = \frac{6/220 - 4/220}{\sqrt{(10/440)(430/440)[(1/220) + (1/220)]}}$$

$$z = 0.639$$

Por lo que , no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis de que Vocaltec produce más errores que Netmeeting.

II Calculos para 4 palabras.

$$\alpha = 0.05$$

$$H_0 : P_{\text{vocaltec}} \geq P_{\text{netmeeting}}$$

$$H_a : P_{\text{vocaltec}} < P_{\text{netmeeting}}$$

$$\text{Región de rechazo : } z < -z_{\alpha} (-1.645)$$

$$P_{\text{vocaltec}} = 2/220 \quad P_{\text{netmeeting}} = 7/220$$

$$P = (7 + 2) / (220 + 220) = 9/440$$

$$z = \frac{2/220 - 7/220}{\sqrt{0.011}}$$

$$z = -1.99$$

Existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis de que Vocaltec produce más errores que Netmeeting

III Calculos para 6 palabras

$$\alpha = 0.05$$

$$H_0 : P_{\text{vocaltec}} \geq P_{\text{netmeeting}}$$

$$H_a : P_{\text{vocaltec}} < P_{\text{netmeeting}}$$

$$\text{Región de rechazo : } z < -z_{\alpha} (-1.645)$$

$$P_{\text{vocaltec}} = 0/220 \quad P_{\text{netmeeting}} = 2/220$$

$$P = (2 + 0) / (220 + 220) = 2/440$$

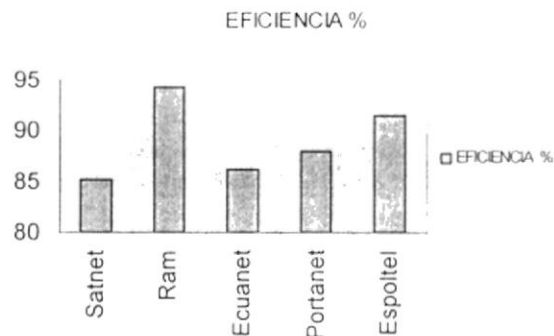
$$z = \frac{0 - 2/220}{\sqrt{(2/440)(338/440)(1/220 + 1/220)}}$$

$$z = -1.62$$

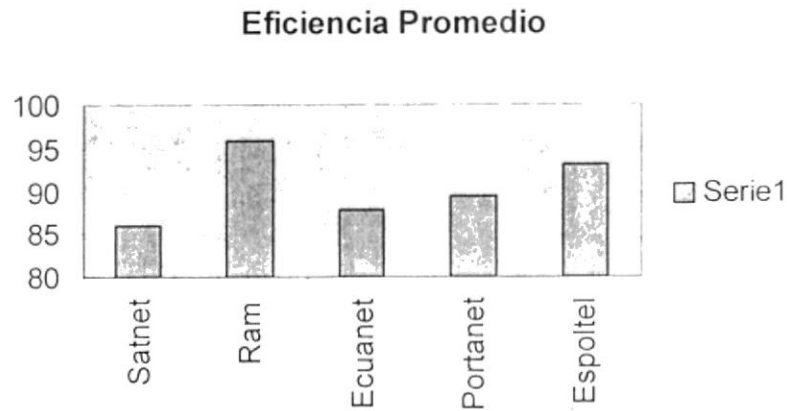
Por lo que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis de que Vocaltec produce más errores que Netmeeting.

- Cálculo de la eficiencia en la recepción de datos de cada una de las compañías proveedoras de Internet, independientemente de quien sea el transmisor.

Rastreamos los resultados de cada compañía proveedora bajo la condición de que esta siempre sea receptora obteniéndose el promedio total de la eficiencia del proveedor con cada uno de los enlaces hacia los distintos proveedores con lo cual se obtuvieron los siguientes cuadros de resultados: (ver anexo 3)



Porcentaje de eficiencia de los proveedores. Fig. 9.1



Eficiencia promedio de los proveedores

Fig. 9.2

Para obtener el segundo cuadro (fig. 9.2) se realizaron los mismos cálculos pero esta vez se omitieron la eficiencia promedio mas alta y la mas baja con el objeto de verificar que la población era insesgada (desviación de la eficiencia promedio hacia valores irreales).

Observamos en ambos gráficos que la eficiencia promedio total de RamTelecom no se ve afectada por los valores aberrantes.

- **Análisis de la eficacia en la conexión entre proveedores con respecto a los retardos producidos en tiempo**

Defínase eficacia como al tiempo que tarda una palabra desde que es transmitida hasta que es recibida de manera fidedigna.

Obtuvimos las medidas y las desviaciones del tiempo que tardo un mensaje en arribar al receptor entre las diferentes conexiones de transmisor - receptor que se pueden formar con los proveedores. (ver anexo 4)

Luego, para finalizar que par de proveedores tiene mejor desempeño en transmisión y recepción y viceversa entre dos mismos proveedores, entre los promedios que obtuvimos en cada caso se obtuvo un promedio y desviación general del enlace, obteniéndose la siguiente tabla matriz.

ISP	RAM	SATNET	ESPOLTEL	PORTA	ECUANET
RAM	Ø				
SATNET	X=3.8 s σ =3.1 s	Ø			
ESPOLTEL	X = 6.7 s σ = 5.2 s	X = 5.2 s σ = 4.5 s	Ø		
PORTA	X = 5.2 s σ = 4.8 s	X = 5.4 s σ = 4.5 s	X = 6.9 s σ = 6.3 s	Ø	
ECUANET	X = 4.7 s σ = 3.1 s	X = 6.6 s σ = 4.6 s	X = 4.4 s σ = 5.2 s	X = 7.6 s σ = 5.0 s	Ø

Matriz simétrica de los promedios de los retardos.

Tabla 9.2

X y σ cercanas a cero, o lo más pequeño posible, me darán la mejor combinación de proveedor, obteniéndose los siguientes resultados.

Puesto	Pareja de ISPs	$\bar{X}, \sigma$
1	RAM-SATNET	$\bar{X} = 3.8, \sigma = 3.1$
2	RAM-ECUANET	$\bar{X} = 4.7, \sigma = 3.1$
3	ESPOLTEL-ECUANET	$\bar{X} = 4.4, \sigma = 5.2$
4	ESPOLTEL-SATNET	$\bar{X} = 5.2, \sigma = 4.5$
5	SATNET-PORTA	$\bar{X} = 5.4, \sigma = 4.5$
6	RAM-PORTA	$\bar{X} = 5.2, \sigma = 4.8$
7	SATNET-ECUANET	$\bar{X} = 6.6, \sigma = 4.6$
8	ESPOLTEL-RAM	$\bar{X} = 6.7, \sigma = 5.2$
9	PORTA-ECUANET	$\bar{X} = 7.6, \sigma = 5.0$
10	ESPOLTEL-PORTA	$\bar{X} = 6.9, \sigma = 6.3$

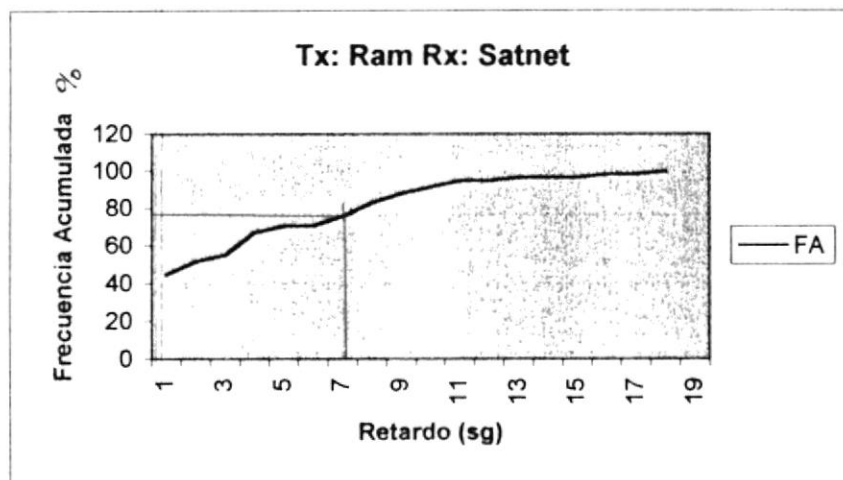
Resultados de la mejor combinación de proveedores

Tabla 9.3

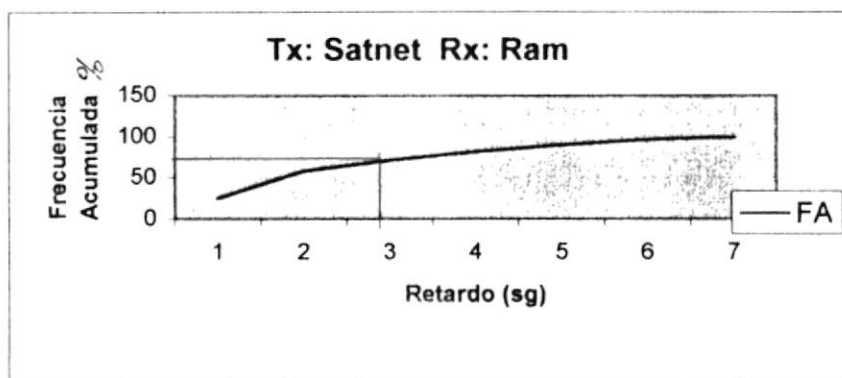
Las gráficas a continuación (ojivas) representan las frecuencias acumuladas de los retardos entre parejas de proveedores. (ver anexo 5).

Utilizamos estas gráficas con la finalidad de comprobar la conexión de proveedores que desarrollan un menor retardo, y en todas y cada una de ellas buscamos una cota para los retardos esto es, el valor bajo el cual se podría agrupar por lo menos el 75% de los retardos producidos.

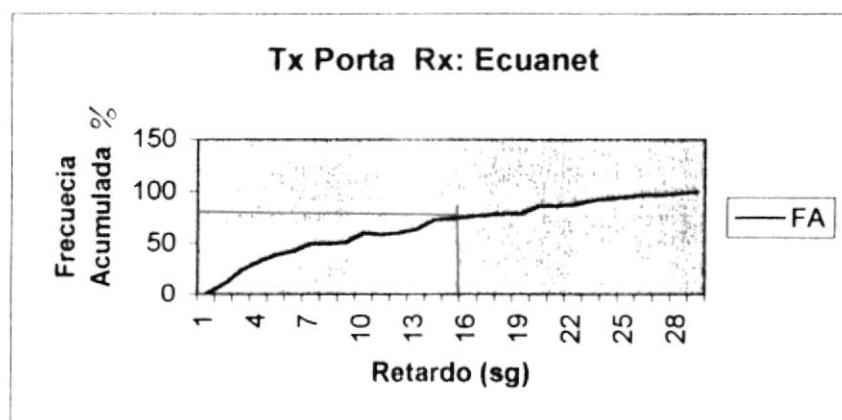
Entonces, la menor cota promedio en transmisión y recepción en ambos sentidos nos dará la pareja que genera menor retardo.



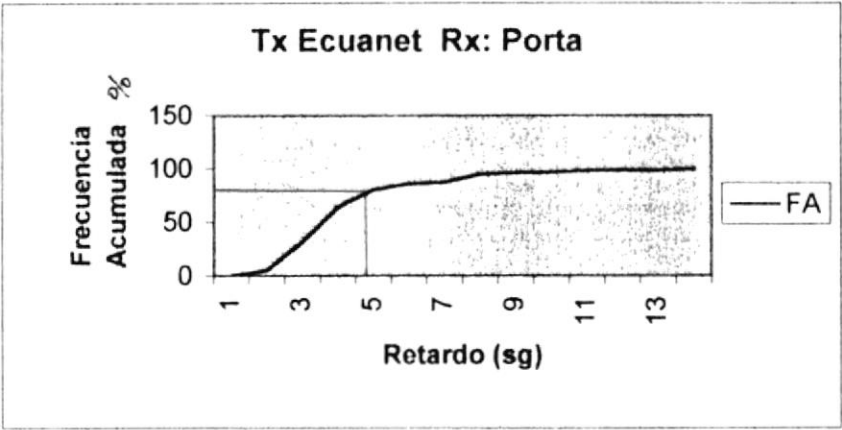
Conexión Ram -Satnet
Fig. 9.3



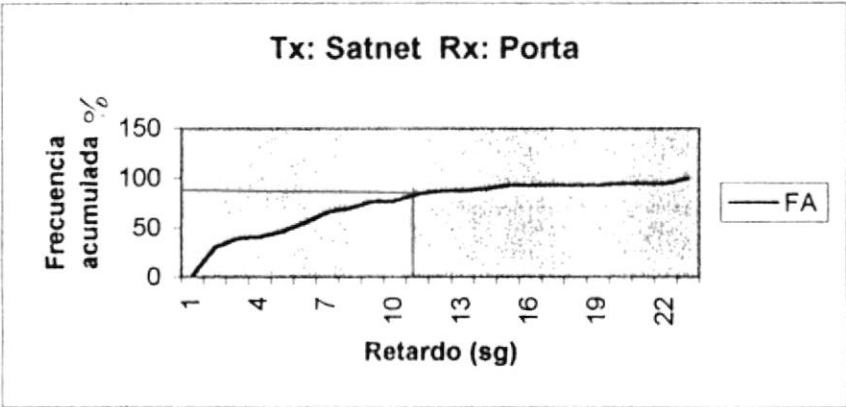
Conexión Satnet - Ram
Fig. 9.4



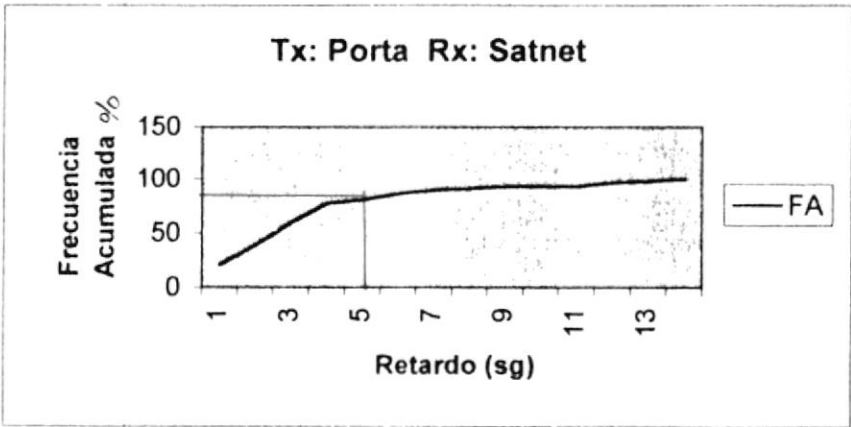
Conexión Porta - Ecuanet
Fig. 9.5



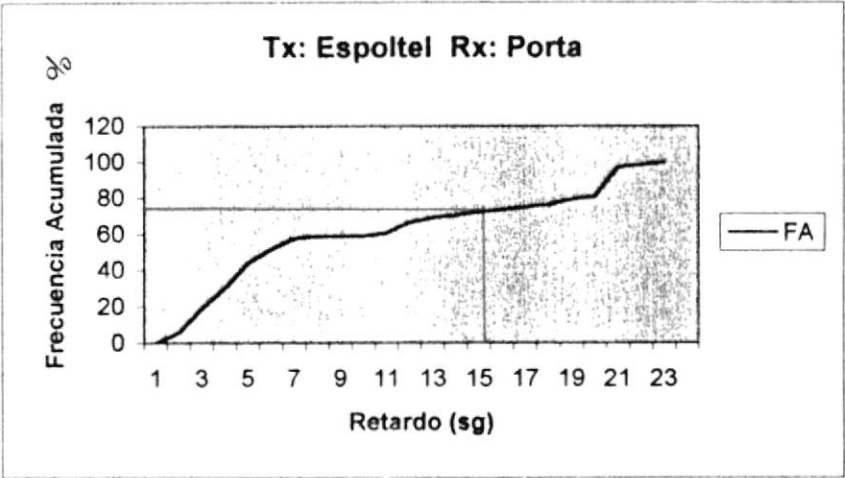
Conexión Ecuagnet - Porta
Fig. 9.6



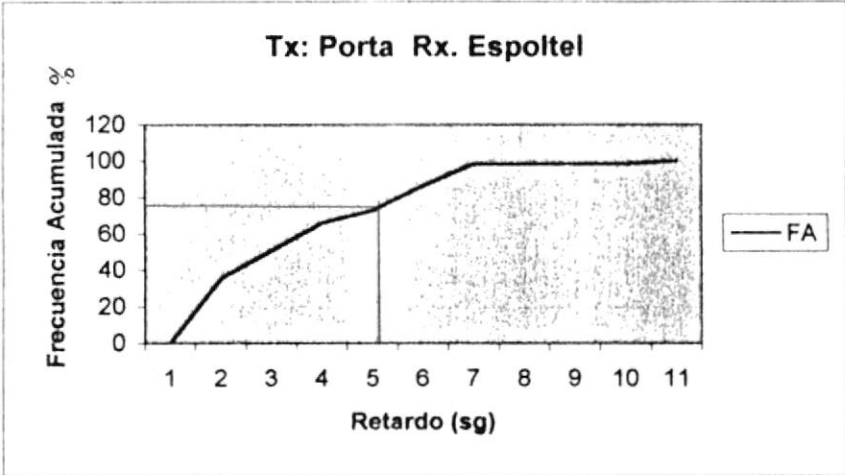
Conexión Satnet - Porta
Fig. 9.7



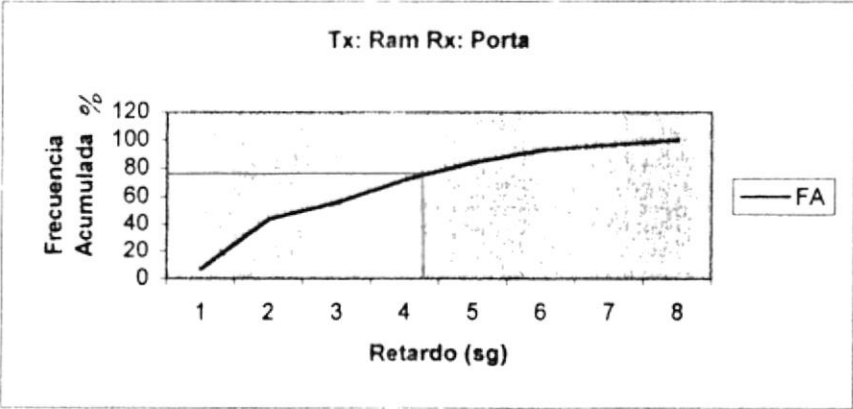
Conexión Porta - Satnet
Fig. 9.8



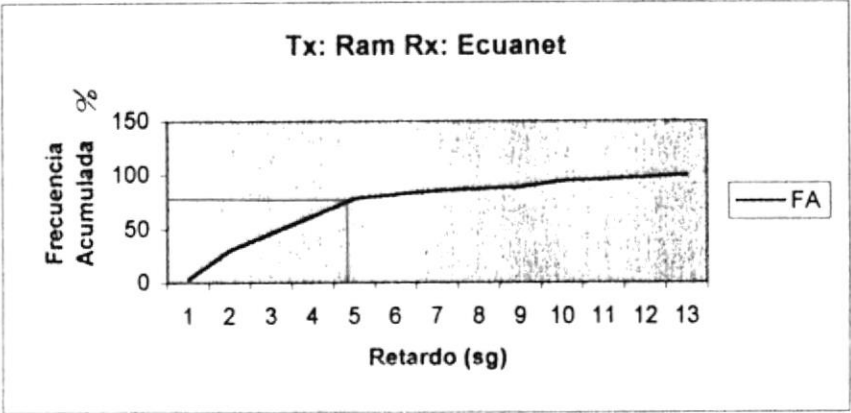
Covexion Espoltel - Porta
Fig. 9.9



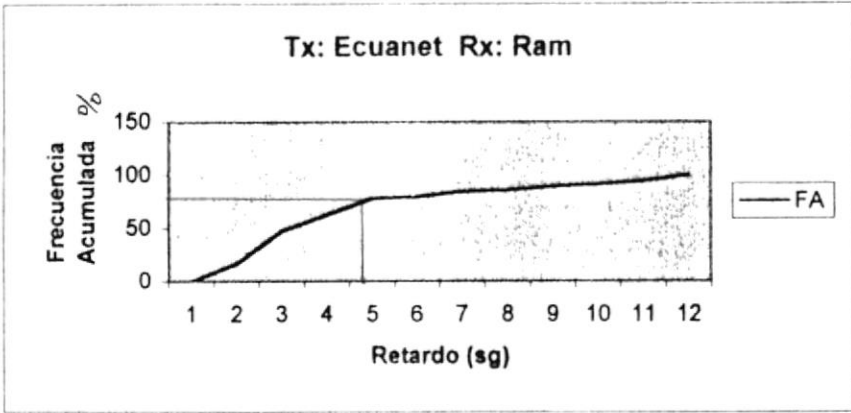
Conexión Porta - Espoltel
Fig. 9.10



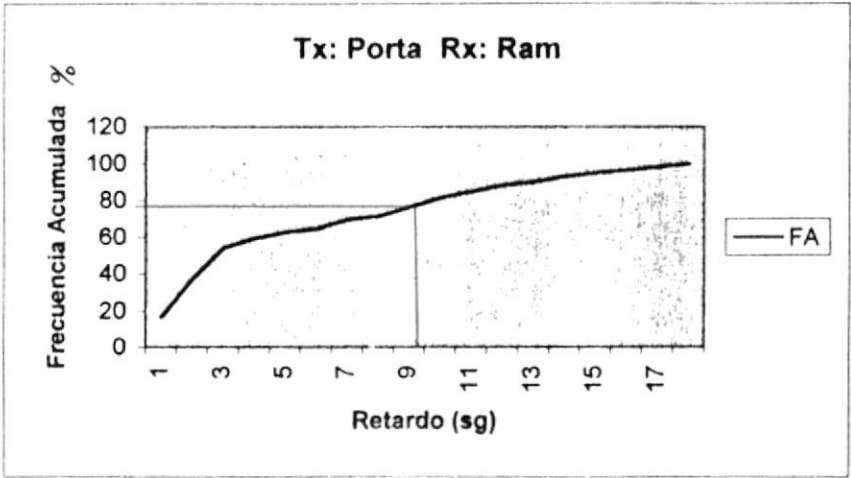
Conexión Ram - Porta
Fig. 9.11



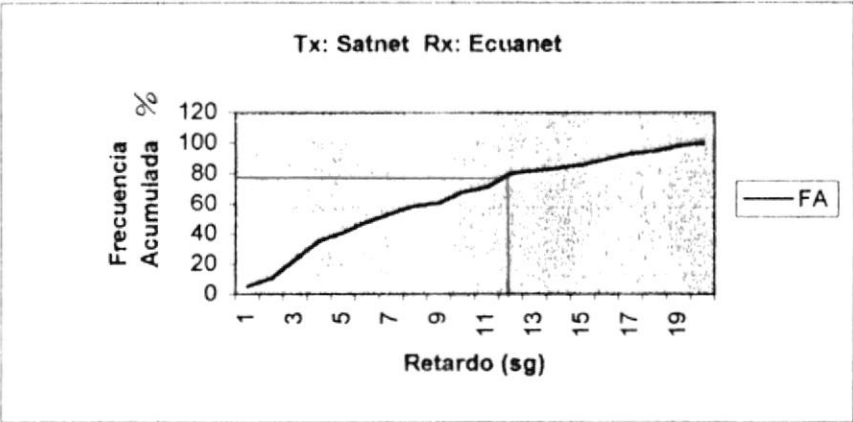
Conexión Ram - Ecuaneet
Fig. 9.12



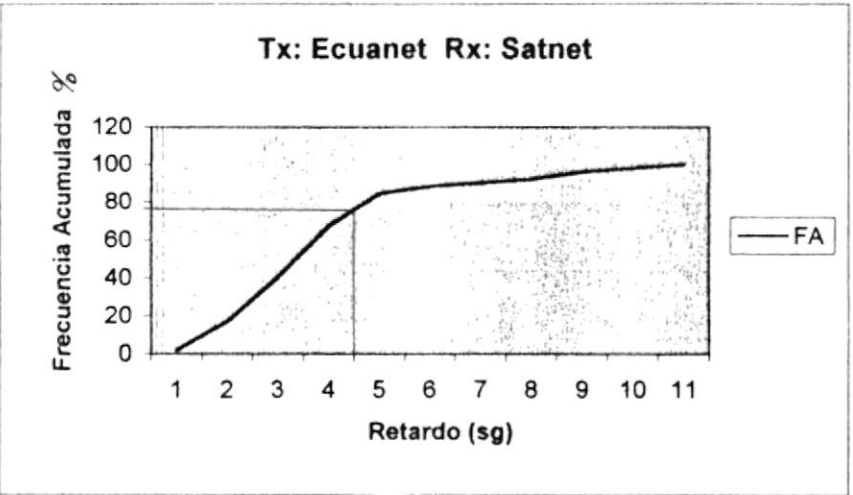
Conexión Ecuaneet - Ram
Fig. 9.13



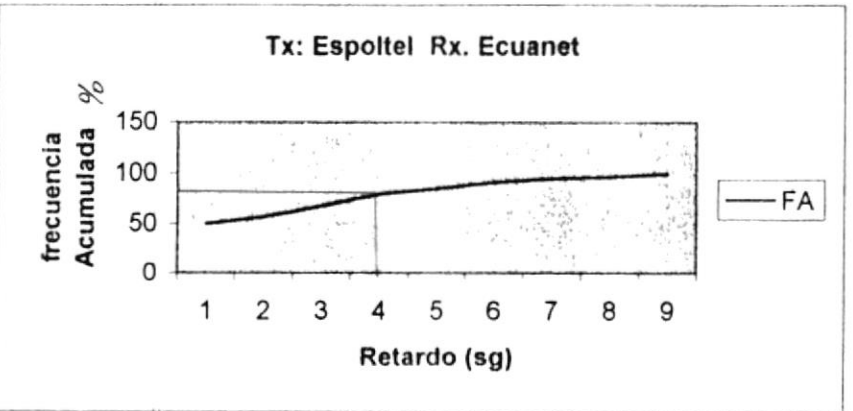
Conexión Porta - Ram
Fig. 9.14



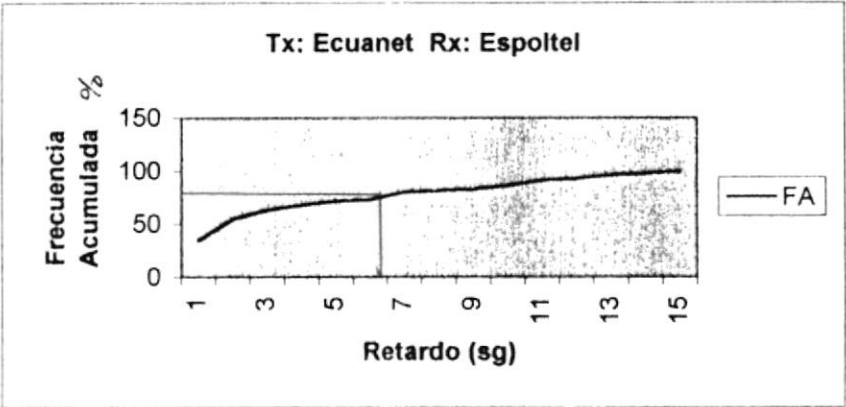
Conexión Satnet - Ecuonet
Fig. 9.15



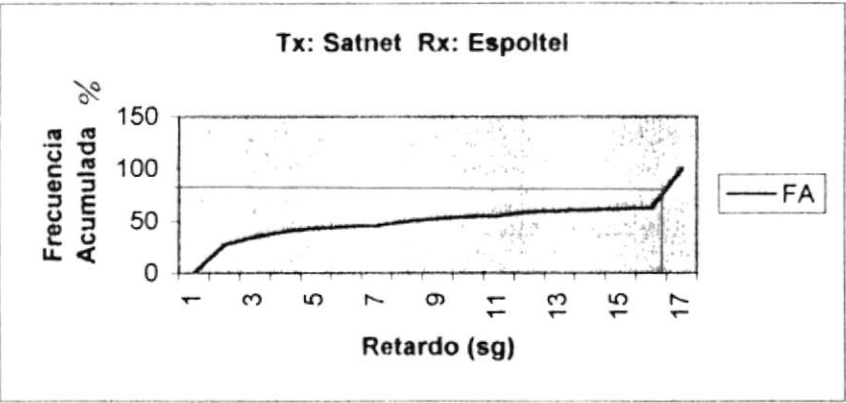
Conexión Ecuonet - Satnet
Fig. 9.16



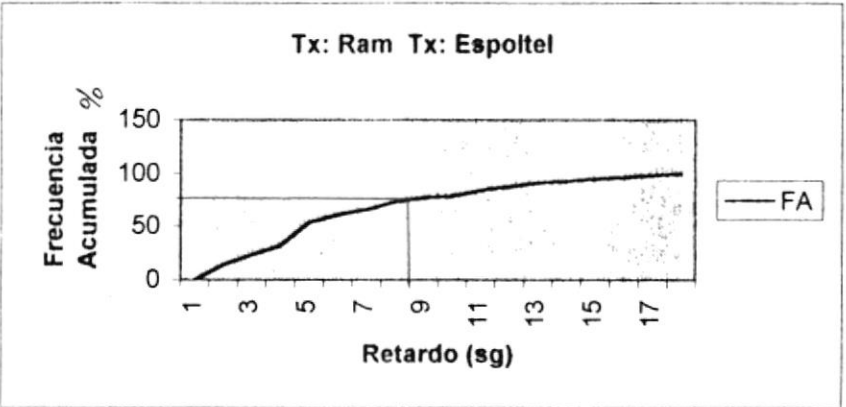
Conexión Espolte! - Ecuonet
Fig 9.17



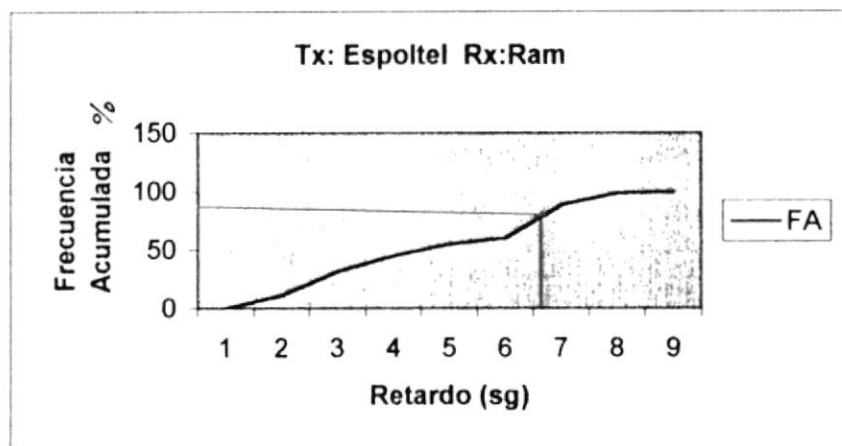
Conexión Ecuagnet - Espoltel
Fig. 9.18



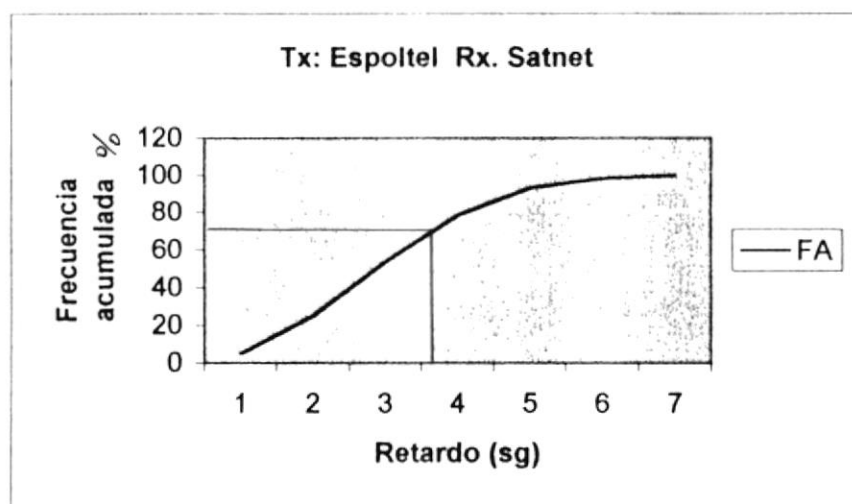
Conexión Satnet - Espoltel
Fig. 9.19



Conexión Ram - Espoltel
Fig. 9.20



Conexión Espoltel - Ram
Fig. 9.21



Conexión Espoltel - Satnet
Fig. 9.22

Y obtuvimos los siguientes resultados:

Puesto	Pareja de ISPs, 75%		Cota promedio (seg)
1	RAM-ECUANET	4.3	4.3
	ECUANET-RAM	4.3	
2	RAM-SATNET	6.6	4.5
	SATNET-RAM	2.4	
3	ESPOLTEL-ECUANET	3.4	4.6
	ECUANET-ESPOLTEL	5.8	
4	RAM-PORTA	3.8	6.3
	PORTA-RAM	8.8	
5	ESPOLTEL-RAM	6.2	7.1
	RAM-ESPOLTEL	8.0	
6	SATNET-PORTA	10.4	7.5
	PORTA-SATNET	4.6	
7	SATNET-ECUANET	11.2	7.6
	ECUANET-SATNET	4.0	
8	ESPOLTEL-SATNET	3.3	9.5
	SATNET-ESPOLTEL	15.8	
9	PORTA-ECUANET	15.0	9.6
	ECUANET-PORTA	4.2	
10	ESPOLTEL-PORTA	14.8	9.7
	PORTA-ESPOLTEL	4.6	

Resultados de los retardos entre parejas de proveedores
Tabla 9.4

10 CONCLUSIONES

- En nuestro experimento se presentaron ciertas molestias debido a la presencia del eco, el mismo que pudo haberse producido por la existencia de una retro alimentación producida cuando se receptaba el audio (parlantes) y este era retornado a través del micrófono, este problema puede ser solucionado eliminando los parlantes y utilizando un headphone.
- Este problema también pudo haberse producido por el esquema de inundaciones que utiliza el TCP/IP para el enrutamiento de paquetes.
- Una posible solución para reducir el retardo de propagación es incrementar el ancho de banda, obteniéndose una mayor velocidad, lo cual conllevaría a tener la necesidad de buffers más grandes y tomaría mas tiempo en liberarlos, lo cual aumentaría el retardo. Es importante recordar que a mayores velocidades hay una mayor distorsión.
- Para el análisis del video utilizamos parámetros de velocidad de transmisión medidos en fps, recordando que para una buena transmisión de video sus velocidades de transmisión debe fluctuar entre 5 y 15 fps obteniendo una buena resolución (imágenes en tiempo real).
- Comparando con nuestros resultados, en video estático escasamente pasaba el margen inferior recomendado ($\bar{x} = 5.2$ fps, $\sigma = 0.18$ fps); mientras que en video dinámico no se alcanzaba la cota inferior de transmisión de imagen ($\bar{x} = 3.4$ fps, $\sigma = 0.6$). Esta conclusión es valida para ambos softwares. (ver anexo 6)

- El análisis estadístico demostró que la eficiencia de Vocaltec es mayor a la eficiencia de Netmeeting, además que la eficiencia de Netmeeting disminuía cuando aumentaba el número de datos a transmitir.
- Vocaltec aparentemente produce menos errores que Netmeeting (en especial entre mayor es el volumen de información) aunque la diferencia no es muy significativa.
- Con respecto al mejor desempeño de parejas de proveedores podemos mencionar que los proveedores RAM TELECOM – SATNET, RAM TELECOM – ECUANET, ESPOLTEL – ECUANET tuvieron el mejor desempeño que cualquier otra combinación de proveedores en una transmisión dúplex, pudiéndose afirmar esto ya que sus promedios generales tanto de recepción y de desviación estándar se acercan más a los valores ideales que el resto (tiempo real $\times$ y σ cercanas a cero)
- Las gráficas de las acumuladas confirman el hecho de que las combinaciones RAM TELECOM – ECUANET, RAM TELECOM – SATNET, ESPOLTEL – ECUANET, desarrollan un mejor desempeño que el resto de combinaciones posibles, sin embargo, al obtener las curvas promedios obtenemos una inversión de posiciones en el desempeño, esto se debe a que la media es más propensa a ser afectada por valores extremos que la curva de ojiva promedio, por lo tanto, es más probable el error al hacer inferencias con media que al hacerlas con las ojivas.
- Uno de los aspectos más destacados en los análisis es que confirman la presencia de RAM TELECOM y ESPOLTEL en este orden como las empresas que permiten una mejor conexión para el uso de estos softwares de videotelefonía IP.

- Cabe indicar que nuestras mediciones se realizaron sin tener en consideración la diferentes rutas que sieguen los diversos proveedores en su camino a la red del INTERNET

GLOSARIO

- **ACK:** (acknowledgement), mensaje que se le envía al emisor para informarle que el dato ha llegado a su destino
- **ACTA:** Asociación Americana de Operadores de Telecomunicaciones
- **ATM:** Modo de Transferencia Asíncrono
- **ANCHO DE BANDA:** una medida de la capacidad de un sistema de transmisión, es medida en Hertz
- **Bps:** (bits por segundo), es la velocidad a la cual el dato puede ser transmitido
- **BMA:** algoritmo de acoplamiento de bloques
- **CE:** Comisión Europea
- **CIF:** (Formato Intermedio Común), formato de la imagen para H.263, representa 352 pixeles/línea X 288 líneas/imagen
- **CODECS:** codificador/decodificador
- **CCITT/ITU:** Comité Consultivo Internacional de telefonía y telegrafía, nombre anterior de la ITU
- **CONNECTIONLESS:** Características de la red que permite a una computadora enviar un dato hacia cualquier computadora en cualquier instante
- **CONNECTION-ORIENTED:** Característica de la red que requieren un par de computadoras para establecer una conexión antes de enviar el dato
- **CANAL DE RAS:** un canal no fiable que transporta los mensajes del registro, de las admisiones, del estatus y los cambios del ancho de banda entre dos entidades H.323
- **DIRECCIÓN IP:** una dirección de 32 bits que se le asigna a un computador que usa los protocolos TCP/IP
- **DSP:** Procesador de Señal Digital

- **DCT:** Transformada discreta del Coseno
- **DIAL-UP:** servicios de llamada externa
- **ENTIDAD H.323:** cualquier componente H.323, incluyendo los gateways, gatekeepers, MCUs, etc.
- **END-POINT:** un terminal, un gateway o un Mcu
- **FCC:** Comisión Federal de Comunicaciones
- **FTP:** (File Transfer Protocol), protocolo utilizado para transferencia de archivos desde una computadora a otra
- **FULL-DUPLEX:** comunicación en la cual el dato puede ir en ambas direcciones y al mismo tiempo
- **GATEWAY:** entidad H.323 que proporciona comunicaciones en tiempo real, de dos vías entre las terminales H.323 y otras terminales de la ITU o a otro gateway H.323
- **GATEKEEPER:** una entidad H.323 que proporciona la conversión de dirección, el acceso de control del ancho de banda para terminales H.323, gateways y MCUs
- **GSTN:** Red de telefonía general
- **HALF-DUPLEX:** comunicación en la cual el dato puede ir en un solo sentido a la vez
- **ISDN:** (Integrated Services Digital Network), servicios de comunicación digital definidos por las compañías telefónicas
- **ISO:** Organización Internacional para la Estandarización
- **ISP:** Proveedores de Servicios de Internet
- **IDTC:** Transformada Inversa del Coseno
- **IQ:** cuantizador Inverso
- **JITTER:** término que se refiere a la cantidad de variación en retardo que una red presenta
- **LAN:** Red de Area Local
- **MODEM:** modulador/demodulador

- **MCU:** (Unidad de Control de Múltiples puntos), un end-point que permite a tres o más terminales y gateways participar de una conferencia de múltiples puntos
- **MC:** (regulador de múltiples puntos), una entidad que prevee el control de 3 o más terminales en una conferencia de múltiples puntos
- **MPEG:** Motion Picture Experts Groupe
- **PSTN:** Red Pública Conmutada
- **QoS:** (Calidad de Servicio), garantía de la anchura de banda y disponibilidad de la red para las aplicaciones
- **Q.931:** protocolo de señalización de llamada para la disposición y fin de la llamada
- **QCIF:** un cuarto del formato intermedio común
- **RTP/RTCP:** Protocolo de Tiempo Real/Protocolo de Control de Tiempo Real , usado para la gestión de señales de audio y vídeo
- **RDSI:** redes sincrónicas
- **TCP:** (Protocolo de Control de Transmisión), una capa confiable para el establecimiento de una red encima del PI, provee servicios connection-oriented
- **TERMINAL:** un end-point que prevee las comunicaciones en tiempo real de dos vías con otra terminal, gateway o MCU. Una terminal debe proporcionar audio, vídeo y/o datos.
- **UDP:** (User Datagram Protocol), una capa no fiable para el establecimiento de una red, provee servicios connectionless
- **VON:** "Video Over Net"
- **WWW:** World Wide Web

BIBLIOGRAFÍA

- 1.) Audio Codecs: <<http://www.analogical.com>>
- 2.) Telefonía IP: <<http://www.zonatech.com>>
- 3.) Estándar H.323: <<http://www.databeam.com>>
- 4.) IP Telephony: <<http://www.dialogic.com>>
- 5.) Protocols Directory: <<http://www.protocolos.com>>
- 6.) What is IP Telephony: <<http://www.microlegend.com>>
- 7.) Intel Internet Phone: <<http://www.vocaltec.com>>
- 8.) Audio Codecs: <<http://www.sipro.com>>
- 9.) G.723.1 Speech Coder: <<http://www.texasinstruments.com>>
- 10.) Truespeech player & convertet: <<http://www.dspg.com>>
- 11.) The Top VON Products: <<http://www.pulver.com>>
- 12.) Netmeeting: <<http://www.microsoft.com>>
- 13.) Telefonía Vocal en Internet: <<http://www.pwcglobal.com>>
- 14.) FCC claims authority... : <<http://www.techlawjournal.com>>
- 15.) IP Phone Technology: <<http://www.ns.uoregon.edu>>
- 16.) ITU-T Recomendación H.323: <<http://www.itu.ch>>
- 17.) Audio on the Internet: <victor_lombardi@mail.medscape.com>
- 18.) H.263 Video Coding: <<http://wwwmobile.ecs.soton.ac.uk>>
- 19.) IP Telephony: <<http://www.ComputersTelephony.com>>
- 20.) Cnet Glossary: <<http://www.cnet.com>>
- 21.) Video over the Internet
<Ron_Serber_serber@libra.math.tau.ac.il>
- 22.) Otras direcciones:
<http://www.europe.eu.int>
<http://www.jr.co.il>
<http://www.cis.ohio-state.edu>
<http://www.faqs.org>
<http://www2.nscu.edu>
<http://www3.nscu.edu>

ANEXOS

ANEXO 1

DATOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO
netmeeting

Tx.ESPOTEL - Rx.RAM
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
7	2
2	2
7	2
8	1
6	2
7	2
7	2
7	2
7	2
7	2
95	

Tx.RAM - Rx.ESPOTEL
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
3	2
15	2
24	1.5
25	2
40	2
20	2
38	2
34	1.5
13	1.5
92.5	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	4
5	3
7	4
7	4
7	3
8	3
7	4
11	4
7	3
8	4
90	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	4
4	4
4	4
5	4
5	4
5	4
5	4
3	2.5
5	4
3	3
93.7	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
8	5
7	6
7	6
7	5
6	6
7	5
7	6
6	6
8	6
8	6
95	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	5
5	4
6	6
5	6
4	4
5	6
4	6
5	6
6	6
6	6
91.6	

VOCALTEC

Tx.ESPOLTEL - Rx.RAM

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
2	2
3	2
3	2
2	2
4	1
3	2
2	2
3	2
2	2
95	

Tx.RAM - Rx.ESPOLTEL

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
7	2
4	2
2	2
12	2
8	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
3	2
2	4
3	4
3	4
4	4
3	4
3	4
4	4
3	4
95	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
2	4
INFINITO	0
15	4
12	4
8	4
8	4
7	4
10	4
12	4
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	6
4	6
3	6
4	6
5	6
5	6
4	6
5	6
5	6
4	6
	0
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	6
5	6
5	6
5	6
6	6
9	6
9	6
13	6
8	6
7	6
	0
100	

netmeeting

Tx. RAM - Rx. SAT

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
10	1
13	1.5
14	1
11	1
7	1
4	2
11	1
5	2
4	2
4	2

eficiencia 72.5

Tx. SAT - Rx. RAM

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
3	1.5
6	2
7	2
6	2
7	1.5
3	2
2	2
2	2
3	2

95

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	4
4	3
8	2
3	4
9	4
7	3
3	3
4	3
2	4
5	3

eficiencia 82.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	4
3	4
4	4
5	3
5	4
4	4
4	4
5	4
3	4
6	4

97.5

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
18	4
4	6
16	4
10	3
14	4
9	5
8	4
8	5
8	4
7	5

eficiencia 73.3

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	6
1	3
3	3
3	3
5	3
3	3
2	3
2	4
4	1.5
5	3.5

55

VOCALTEC**Tx. RAM - Rx. SAT****2 PALABRAS**

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2

eficiencia 100

Tx. SAT - Rx. RAM**2 PALABRAS**

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
1	2
1	2
1	2
2	2
1	2
2	2
1	2
1	2
2	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	1.5
1	4
9	4
2	2

eficiencia 88.7

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
2	4
1	4
1	4
2	4
1	4
2	4
2	4
2	4
2	4

100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
2	6
1	6
1	5
1	6
1	6

eficiencia 100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
1	6
1	6
2	6
1	6
2	6
2	6
2	6
1	6
2	6

100

Tx. PORTA - Rx. ECUANET**2 PALABRAS**

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
7	1
6	2
11	2
11	1.5
14	2
7	1
4	2
7	2
5	2

eficiencia 87.5

Tx. ECUAN - Rx. PORTA**2 PALABRAS**

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
6	2
5	2
4	2
4	2
4	2
4	2
3	2
14	2
5	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	4
5	4
14	4
20	4
17	4
3	4
28	4
4	4
3	4
9	4

eficiencia 100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	3
5	1
4	1.5
4	2
INFINITO	0
4	3
INFINITO	0
3	1
6	2
5	2

48.4

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	6
13	6
3	6
10	6
15	6
15	6
5	6
3	6
12	6
14	6

eficiencia 100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
3	4
4	3
3	1
4	2
5	3
2	2
5	2.5
5	3
5	3

42.5

VOCALTEC

Tx. PORTA - Rx. ECUANET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
15	1
16	0.5
24	2
14	2
23	2
3	2
2	2
3	2
4	0.5

eficiencia 80

Tx. ECUAN - Rx. PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
3	2
3	2
3	2
8	2
2	2
3	2
3	2
3	2
3	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
3	4
2	4
2	4
2	4
4	4
29	3.5
10	4
14	3
3	4

eficiencia 96.2

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
4	4
4	4
4	4
4	4
5	4
3	4
3	4
4	4
4	4
5	4

100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
20	1
13	6
7	6
3	6
20	2
26	0.5
23	0.5
20	3
22	3
25	3

eficiencia 51.6

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	6
7	6
8	6
8	6
4	6
11	4
9	6
8	6
4	6
4	6

96.6

netmeeting

Tx. SATNET - Rx. PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
7	2
7	2
11	2
10	2
3	2
10	2
6	2
INFINITO	0
4	2
20	2

eficiencia 100

Tx. PORTA - Rx. SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
4	2
3	2
7	2
4	2
3	2
3	2
3	2
4	2
3	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
INFINITO	0
9	3
23	4
15	4
9	4
12	4
6	4
9	4
7	4
6	4

eficiencia 97.2

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
3	3
6	1
6	3
2	2
2	1
5	4
4	2
4	4
6	4

70

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
23	6
7	1
23	2
7	4
12	4
7	5
6	5
7	3
8	5
14	6

eficiencia 68.3

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
8	4.5
4	2.5
3	4
7	5
4	4
3	5
2	1
5	3
3	4

61.6

VOCALTEC

Tx. SATNET - Rx, PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
5	2
2	2
3	2
15	2
2	2
2	2
1	2
5	2
2	2

eficiencia 100

Tx. PORTA - Rx. SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	1
1	2
4	2
12	2
1	2
1	2
3	2
1	2
1	2
2	1

90

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	3
9	3
3	4
3	4
8	4
10	4
5	4
2	4
2	4
2	4

eficiencia 95

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
INFINITO	0
1	4
1	4
2	4
2	4
1	0.5
9	4
2	4
1	4
1	4

81.2

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
2	6
2	6
3	6
3	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6

eficiencia 100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
3	6
12	2
1	4
14	6
1	3
2	6
17	6
13	6
4	6

85

netmeetig

Tx. ESPOLTEL - Rx.PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
46	2
26	2
26	1
3	2
31	2
13	2
12	2
6	1.5
6	2
21	2

eficiencia 92.5

Tx.PORTA - Rx.ESPOLTEL

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	2
5	2
6	2
7	2
7	1
5	2
7	2
6	2
5	2
6	2

95

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
7	4
5	3
4	4
5	4
4	4
3	4
6	4
13	4
15	4
7	4

eficiencia 97.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
7	2
7	3
11	3
6	4
6	4
7	4
7	4
6	4
7	4
6	4

90

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
11	6
18	6
12	5
12	6
49	6
25	6
12	6
22	5
38	5
7	6

eficiencia 95

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	5
4	6
4	6
4	5
4	6
3	6
4	6
4	6
3	6
3	6

96.6

VOCALTEC

Tx. ESPOLTEL - Rx.PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
3	2
4	1
2	2
3	2
4	2
2	2
3	2
2	2
2	2

eficiencia 95

Tx.PORTA - Rx.ESPOLTEL

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
2	2
2	2
3	2
2	2
3	2
3	2
4	2
2	2
3	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
4	4
3	4
5	4
3	3
4	4
3	4
8	4
6	4
4	4

eficiencia 97.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
2	4
2	4
4	4
2	4
2	4
2	4
3	4
4	4
2	4

100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	6
5	4
3	6
5	4
7	6
5	6
6	3
5	6
5	6
4	6

eficiencia 88.3

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6

100

netmeetig

Tx.RAM - Rx. PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
4	2
4	1.5
3	1
5	2
5	2
3	2
5	2
INFINITO	0
4	2

eficiencia 91.6

Tx. PORTA - Rx. RAM

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
18	2
11	2
17	1
22	0.5
10	2
15	2
10	2
11	2
39	1
33	2

82.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	3
3	2
INFINITO	0
7	2
6	1
5	2
5	2
5	1
6	2
6	2

eficiencia 47.2

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
3	4
3	4
2	4
2	4
7	4
3	4
3	4
3	4
4	4

100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	3
5	3
4	4
6	5
2	2
7	6
4	1
8	1
4	3
6	6

eficiencia 56.6

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	6
3	6
8	6
5	6
10	5
2	6
2	6
5	6
15	6
11	6

98.3

VOCALTEC

Tx.RAM - Rx. PORTA

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
8	2
2	2
1	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
1	2

eficiencia 100

Tx. PORTA - Rx. RAM

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
6	2
7	2
2	2
2	2
1	2
12	2
21	2
3	2
4	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
3	4
2	4
2	4
1	4
2	4
2	4
2	4
2	4
2	4
2	4

eficiencia 100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
7	3
2	4
1	4
1	4
2	4
2	4
2	4
2	4
1	4
10	2

92.5

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
3	6
2	6
2	6
2	6
3	6
2	6
2	6
7	6
4	6

eficiencia 100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
12	6
2	2
18	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6

93.3

netmeetig

Tx. RAM - Rx. ECUANET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
INFINITO	0
4	2
4	2
9	1
3	1
INFINITO	0
3	2
4	2
5	2

eficiencia 87.5

Tx. ECUANET - Rx. RAM

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
4	2
2	2
2	2
3	2
2	2
2	2
3	2
3	2
3	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	4
INFINITO	0
3	4
8	4
2	4
1	4
1	4
2	4
2	4
2	4

eficiencia 100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
3	4
2	4
7	3
5	3.5
2	4
4	3
3	4
3	4
3	4

93.7

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
3	6
5	1
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
3	2
2	6

eficiencia 85

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	6
3	6
3	5
3	5
4	6
3	5
12	6
9	6
8	6
4	6

95

VOCALTEC

Tx. RAM - Rx. ECUANET
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
2	2
2	2
4	2
2	1.5
4	2
3	2
4	2
3	2
3	2

eficiencia 97.5

Tx. ECUANET - Rx. RAM
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
2	2
9	2
3	2
2	2
2	2
4	2
3	2
3	2
4	2

100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	4
11	4
11	4
5	4
5	4
5	4
4	4
4	4
4	4
7	4

eficiencia 100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
12	4
6	4
7	4
11	3
5	4
10	3
12	2
11	4
4	4
4	4

90

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
16	6
17	6
11	5.5
12	6
7	6
3	6
5	6
6	6
5	6
6	6

eficiencia 99.1

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	6
5	6
5	6
5	6
5	6
12	6
7	6
5	6
4	6
5	6

100

netmeetig

Tx,SATNET - Rx.ECUANET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
4	2
6	2
9	1
8	1
7	2
11	1
3	2
10	1
4	2

eficiencia 80

Tx.ECUANET - Rx.SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	1.5
4	2
4	2
4	2
3	2
4	2
4	1
6	1
5	1
3	1

77.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
8	3
5	3
6	3
12	1
10	2
12	1
12	2
18	2
27	1
15	3

eficiencia 52.5

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	1
2	1
4	2
4	2
INFINITO	0
4	3.5
INFINITO	0
5	1
5	4
10	2

51.5

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
10	4
12	5
19	1
4	6
7	2
3	6
6	5
4	6
4	6
3	6

78.3

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	3
INFINITO	0
INFINITO	0
7	5
6	5
3	2
4	2
3	1
3	2
5	4

50

VOCALTEC

Tx.SATNET - Rx.ECUANET
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
18	2
14	2
19	2
8	2
5	2
4	2
1	2
1	2
1	2
6	2
100	

Tx.ECUANET - Rx.SATNET
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
3	2
5	1
2	2
3	2
2	2
2	2
2	2
1	2
2	1
90	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
12	4
5	4
4	4
3	4
3	4
2	4
3	4
13	4
3	4
2	2
95	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	3
3	3
4	4
3	3
3	3
2	4
4	4
2	3
4	4
4	4
87.5	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
8	5
20	3
15	6
10	6
24	6
11	4
9	4
7	6
24	4
83.3	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	6
4	6
5	6
18	6
11	6
5	6
13	6
10	6
9	6
5	6
100	

netmeetig

Tx.ESPOLTEL-Rx.ECUAN

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
5	2
2	2
3	2
6	1
2	2
4	2
3	2
5	2
3	1
3	2
90	

Tx,ECUAN-Rx.ESPOLTEL

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
22	2
8	1
3	2
2	2
5	2
2	2
3	2
3	2
3	2
2	2
95	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
6	4
8	3
4	1
4	2
3	2
4	3
6	3.5
5	4
3	2
4	2.5
67.5	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
22	3
17	2
17	2
8	2
31	3
8	2
14	1
17	2
10	2
4	4
57.5	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
8	1.5
11	4
4	4
2	1
11	1
9	1
3	3
2	2
4	2
6	3.5
38.3	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	6
4	6
14	3
7	6
21	1
4	6
5	6
9	3
8	2
36	4
43.71	

VOCALTEC

Tx.ESPOLTEL-Rx.ECUAN
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
100	

Tx,ECUAN-Rx.ESPOLTEL
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
1	1
2	2
2	1
1	2
1	1
1	2
1	1
1	2
1	2
80	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
1	4
1	2
1	2
1	3
1	4
2	4
1	2
1	4
1	2
77.5	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
1	6
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
1	6
1	6
2	6
2	6
1	5
2	4
1	4
1	3
1	6
86.6	

netmeetig

Tx.ESPOLTEL-Rx.SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
4	2
5	1
2	2
3	2
3	2
3	2
4	2
3	2
3	2
95	

Tx.SATNET-Rx.ESPOLTEL

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
2	2
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	2
5	4
4	4
5	4
3	4
4	4
4	4
4	4
5	4
2	4
95	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
2	4
3	4
2	4
2	4
3	4
3	4
2	4
2	4
3	4
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	6
5	6
6	6
6	6
6	1
4	4
3	5
5	6
5	6
5	6
95	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	6
2	6
2	6
2	6
2	6
3	6
2	6
2	6
2	6
2	6
100	

VOCALTEC

Tx.ESPOLTEL-Rx.SATNET
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	2
3	1
2	2
2	2
1	2
2	2
1	2
2	2
1	2
2	2
	95

Tx.SATNET-Rx.ESPOLTEL
2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
3	2
4	2
4	2
4	2
5	2
5	2
5	2
4	2
4	2
	100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	4
3	4
2	4
3	4
2	4
2	4
3	4
3	4
2	4
2	4
	0
	100

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
11	4
8	4
11	4
10	4
10	4
10	4
6	4
10	4
13	4
13	4
	0
	100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
3	6
5	6
4	6
4	6
4	6
4	6
4	6
4	6
4	6
7	6
	100

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
15	6
15	6
14	6
27	6
16	6
15	6
17	6
26	6
33	6
34	3
	95

NETMEETING

Tx.ESPOLTEL-Rx.ESPOLT

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
100	

Tx.SATNET - Rx.SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
1	2
1	2
1	2
5	2
2	2
1	2
2	2
6	2
2	2
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	4
2	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
1	4
2	4
1	4
1	4
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
4	4
1	4
1	4
1	4
2	4
1	4
1	4
2	4
1	4
1	4
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
8	6
3	6
1	6
2	6
1	6
1	6
4	6
5	6
4	6
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
1	6
1	6
1	6
2	6
2	6
1	6
3	6
4	6
1	6
100	

VOCALTEC

Tx.ESPOLTEL-Rx.ESPOLT

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
4	2
2	2
3	2
2	2
100	

Tx.SATNET - Rx.SATNET

2 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	2
1	2
1	2
1	2
1	2
1	1.5
1	2
1	2
1	2
1	2
97.5	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
2	4
1	4
1	4
3	4
4	4
2	4
1	4
1	4
1	4
1	4
100	

4 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	4
2	4
1	4
4	4
1	4
1	4
3	4
3	4
4	4
1	4
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
1	6
1	6
1	6
6	6
1	6
2	6
2	6
2	6
1	6
1	6
0	
100	

6 PALABRAS

SEGUNDOS	PALABRAS
13	6
6	6
1	6
1	6
1	6
2	6
3	6
1	6
2	6
0	
100	

ANEXO 2

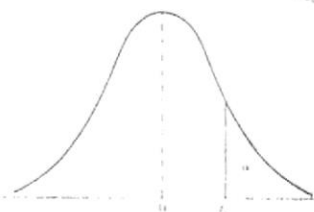


Tabla A-4*. Valores críticos de la distribución t

ν	α				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

* Tomada de la tabla IV de R. A. Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, obra publicada por Oliver and Boyd, Edinburgo, con autorización del autor y de los editores.

ANEXO 3

**CALCULO DE LA EFICIENCIA EN LA RECEPCION DE DATOS
DE C/U DE LOS PROVEEDORES, INDEPENDIENTEMENTE QUIEN
SEA EL TRANSMISOR**

sum: suma de las eficiencias

n: número de datos (eficiencia)

Xefic: Promedio total de la eficiencia

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{\# de palabras recibidas}}{\text{\# de palabras transmitidas}} \times 100$$

<u>SATNET</u>	<u>RAMTELE.</u>	<u>ECUANET</u>	<u>PORTA</u>	<u>ESPOLTEL</u>
EFICIENCIA %	EFICIENCIA %	EFICIENCIA	EFICIENCIA	EFICIENCIA
72.5	95	87.5	100	95
100	97.5	100	48.4	90
88.7	55	100	42.5	96.6
82.5	100	80	100	100
73.3	100	96.2	100	100
100	100	51.6	96.6	100
100	82.5	87.5	100	95
70	100	100	97.2	57.5
61.6	98.3	85	68.3	43.7
90	100	97.5	100	80
81.2	92.5	100	95	77.5
85	93.3	99.1	100	86.6
77.5	100	80	92.5	100
51.5	93.7	52.5	97.5	100
50	95	78.3	95	100
90	100	100	95	100
87.5	90	95	97.5	100
100	100	83.3	88.3	95
95	95	90	91.6	92.5
95	90	67.5	47.2	93.7
95	95	38.3	56.6	91.6
95	95	100	100	100
100	95	100	100	100
100	100	100	100	100
sum: 2041.3	sum: 2262.8	sum: 2069.3	sum: 2109.2	sum: 2194.7
n: 24	n: 24	n: 24	n: 24	n: 24
Xefic=85.1%	Xefic=94.3%	Xefic=86.2%	Xefic= 7.8%	Xefic=91.4%
sum: 1891.3	sum:2262.8	sum:1931.0	sum:1966.7	sum:2051.0
n: 22	n: 22	n: 22	n: 22	n: 22
Xefic: 86.0%	Xefic: 95.8%	Xefic: 87.7%	Xefic: 89.4%	Xefic: 93.2%

ANEXO 4

**EFICACIA EN LA CONEXIÓN ENTRE PROVEEDORES
CON RESPECTO A LOS RETARDOS PRODUCIDOS**

Xt: promedio del tiempo que tardó un mensaje en arribar
sin importar el software ni número de palabras

desvia: desviación promedio del tiempo (retardo)

X: promedio general de los promedios del tiempo

Xdesvia: promedio general de las desviaciones promedio

Tx.RAM - Rx.SATNET

Xt= 4.58
desvia= 4.49

Tx PORTA - Rx ECUANET

Xt= 10.6
desvia= 7.87

Tx.SATNET Rx. RAM

Xt= 2.76
desvia= 1.70

Tx ECUANET - Rx PORTA

Xt= 4.60
desvia= 2.19

X= 3.8
Xdesvia= 3.1

X= 7.6
Xdesvia= 5.0

Tx SATNET - Rx PORTA

Xt= 6.87
desvia= 5.59

Tx ESPOL - Rx PORTA

Xt= 9.76
desvia= 10.57

Tx PORTA - Rx SATNET

Xt= 4.03
desvia= 3.50

Tx PORTA - Rx ESPOLTEL

Xt= 4.0
desvia= 2.05

X= 5.4
Xdesvia= 4.5

X= 6.9
Xdesvia= 6.3

Tx RAM - Rx PORTA

Xt= 3.53
desvia= 1.87

Tx PORTA - Rx RAM

Xt= 6.93
desvia= 7.79

X= 5.2
Xdesvia= 4.8

Tx RAM - Rx ECUANET

Xt= 4.63
desvia= 3.44

Tx ECUANET - RX RAM

Xt= 4.8
desvia= 2.95

X= 4.7
Xdesvia= 3.1

Tx SATNET - Rx ECUANET

Xt= 8.65
desvia= 6.27

Tx ECUANET - Rx SATNET

Xt= 4.55
desvia= 2.98

X= 6.6
Xdesvia= 4.6

Tx ESPOLTEL - Rx ECUANET

Xt= 2.88
desvia= 2.57

Tx ECUANET - Rx ESPOLTEL

Xt= 5.85
desvia= 7.77

X= 4.4
Xdesvia= 5.2

Tx ESPOLTEL - Rx SATNET

Xt= 3.46
desvia= 1.33

Tx SATNET - Rx ESPOLTEL

Xt= 7.0
desvia= 7.72

X= 5.2
Xdesvia= 4.5

Tx ESPOLTEL - Rx RAM

Xt= 5.13
desvia= 2.17

Tx RAM - Rx ESPOLTEL

Xt= 8.45
desvia= 8.42

X= 6.7
Xdesvia= 5.2

ANEXO 5

Tx ESPOLTEL - Rx SATNET

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	5	3	3
2	25	12	15
3	53.3	17	32
4	78.3	15	47
5	93.3	9	56
6	98.3	3	59
7	100	1	60
		60	

Tx SATNET - Rx ESPOLTEL

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	27.2	25	25
3	34.8	7	32
4	40.2	5	37
5	43.5	3	40
6	44.6	1	41
8	45.7	1	42
10	50	4	46
11	52.2	2	48
13	54.3	2	50
14	55.4	1	51
15	58.7	3	54
16	59.8	1	55
17	60.9	1	56
26	61.9	1	57
27	63	1	58
33	100	34	92
		92	

Tx ESPOLTEL - Rx ECUANET

T: Retardo

F: Frecuencia de arribo de datos

FA: Frecuencia acumulada

FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	50	30	30
2	56.7	4	34
3	68.3	7	41
4	80	7	48
5	85	3	51
6	91.7	4	55
8	95	2	57
9	96.7	1	58
11	100	2	60
		60	

Tx ECUANET - Rx ESPOLTEL

T	FA%	F	FA
1	35	21	21
2	55	12	33
3	63.3	5	38
4	68.3	3	41
5	71.7	2	43
7	73.3	1	44
8	80	4	48
9	81.7	1	49
10	83.3	1	50
14	86.7	2	52
17	91.7	3	55
21	93.3	1	56
22	96.7	2	58
31	98.3	1	59
36	100	1	60
		60	

Tx ESPOLTEL - Rx RAM

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	11.6	7	7
3	31.7	12	19
4	45	8	27
5	55	6	33
6	60	3	36
7	88.3	17	53
8	98.3	6	59
11	100	1	60
		60	

Tx RAM - Rx ESPOLTEL

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	14.3	8	8
3	23.2	5	13
4	32.1	5	18
5	53.6	12	30
6	60.7	4	34
7	66.1	3	37
8	73.21	4	41
9	76.8	2	43
10	78.6	1	44
12	83.9	3	47
13	87.5	2	49
15	91.1	2	51
20	92.9	1	52
24	94.6	1	53
34	96.4	1	54
38	98.2	1	55
40	100	1	56
		56	

Tx SATNET - Rx ECUANET

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	5.4	3	3
2	10.7	3	6
3	23.2	7	13
4	35.7	7	20
5	41.1	3	23
6	48.2	4	27
7	53.6	3	30
8	58.9	3	33
9	60.7	1	34
10	67.9	4	38
11	71.1	2	40
12	80.4	5	45
13	82.1	1	46
14	83.9	1	47
15	85.7	1	48
18	89.3	2	50
19	92.9	2	52
20	94.6	1	53
24	98.2	2	55
27	100	1	56
		56	

Tx ECUANET - Rx SATNET

T	FA%	F	FA
1	1.9	1	1
2	17.3	8	9
3	40.4	12	21
4	67.3	14	35
5	84.6	9	44
6	88.5	2	46
7	90.4	1	47
9	92.3	1	48
10	96.2	2	50
11	98.1	1	51
18	100	1	52
		52	

Tx ECUANET - RX RAM

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	16.9	10	10
3	47.5	18	28
4	62.7	9	37
5	78	9	46
6	79.7	1	47
7	84.7	3	50
8	86.4	1	51
9	89.8	2	53
10	91.5	1	54
11	94.9	2	56
12	100	3	59
		59	

Tx PORTA - Rx RAM

T	FA%	F	FA
1	16.9	10	10
2	37.3	12	22
3	54.2	10	32
4	59.3	3	35
5	62.7	2	37
6	64.4	1	38
7	69.5	3	41
8	71.2	1	42
10	76.3	3	45
11	81.4	3	48
12	84.7	2	50
15	88.1	2	52
17	89.8	1	53
18	93.2	2	55
21	94.9	1	56
22	96.6	1	57
33	98.3	1	58
39	100	1	59
		59	

Tx PORTA - Rx ESPOLTEL

T: Retardo

F: Frecuencia de arribo de datos

FA: Frecuencia acumulada

FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	35.6	21	21
3	50.8	9	30
4	66.1	9	39
5	72.9	4	43
6	86.4	8	51
7	98.3	7	58
8	98.3	0	58
9	98.3	0	58
10	98.3	0	58
11	100	1	59
		59	

Tx RAM - Rx PORTA

T	FA%	F	FA
1	7	4	4
2	43.9	21	25
3	56.1	7	32
4	71.9	9	41
5	84.2	7	48
6	92.9	5	53
7	96.4	2	55
8	100	2	57
		57	

Tx RAM - Rx ECUANET

T	FA%	F	FA
1	3.6	2	2
2	30.4	15	17
3	46.4	9	26
4	62.5	9	35
5	78.6	9	44
6	82.1	2	46
7	85.7	2	48
8	87.5	1	49
9	89.3	1	50
11	94.6	3	53
12	96.4	1	54
16	98.2	1	55
17	100	1	56

Tx PORTA - Rx SATNET

T: Retardo

F: Frecuencia de arribo de datos

FA: Frecuencia acumulada

FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	21.1	12	12
2	38.9	10	22
3	59.6	12	34
4	77.2	10	44
5	80.7	2	46
6	86	3	49
7	89.5	2	51
8	91.2	1	52
9	93	1	53
10	93	0	53
11	93	0	53
12	96.5	2	55
13	98.2	1	56
14	100	1	57

Tx ESPOL - Rx PORTA

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	5.9	4	4
3	19.1	9	13
4	30.8	8	21
5	44.1	9	30
6	51.5	5	35
7	57.4	4	39
8	58.8	1	40
9	58.8	0	40
10	58.8	0	40
11	60.3	1	41
12	66.2	4	45
13	69.1	2	47
15	70.6	1	48
18	72.1	1	49
21	73.5	1	50
22	75	1	51
25	76.5	1	52
26	79.4	2	54
30	80.9	1	55
38	97.1	11	66
46	98.5	1	67
49	100	1	68

Tx ECUANET - Rx PORTA

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	5.4	3	3
3	32.1	15	18
4	64.3	18	36
5	80.4	9	45
6	85.7	3	48
7	87.5	1	49
8	94.6	4	53
9	96.4	1	54
10	96.4	0	54
11	98.2	1	55
12	98.2	0	55
13	98.2	0	55
14	100	1	56
		56	

Tx SATNET - Rx PORTA

T	FA%	F	FA
1	1.8	1	1
2	30.4	16	17
3	39.3	5	22
4	41.1	1	23
5	46.4	3	26
6	55.4	5	31
7	66.1	6	37
8	69.6	2	39
9	76.8	4	43
10	77.1	3	46
11	83.9	1	47
12	87.5	2	49
13	87.5	0	49
14	89.3	1	50
15	92.9	2	52
16	92.9	0	52
17	92.9	0	52
18	92.9	0	52
19	92.9	0	52
20	94.6	1	53
21	94.6	0	53
22	94.6	0	53
23	100	3	56

Tx PORTA - Rx ECUANET

T: Retardo

F: Frecuencia de arribo de datos

FA: Frecuencia acumulada

FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	0	0	0
2	10.3	6	6
3	24.1	8	14
4	32.8	5	19
5	39.7	4	23
6	43.1	2	25
7	50	4	29
8	50	0	29
9	51.7	1	30
10	60.3	2	32
11	58.6	2	34
12	60.3	1	35
13	63.8	2	37
14	72.4	5	42
15	74.1	1	43
16	75.9	1	44
17	77.6	1	45
18	79.3	1	46
19	79.3	0	46
20	86.2	4	50
21	86.2	0	50
22	87.9	1	51
23	91.4	2	53
24	93.1	1	54
25	94.8	1	55
26	96.6	1	56
27	96.6	0	56
28	98.3	1	57
29	100	1	58

Tx.RAM - Rx.SATNET

T: Retardo
F: Frecuencia de arribo de datos
FA: Frecuencia acumulada
FA%: Frecuencia acumulada en porcentaje

T	FA%	F	FA
1	44.8	26	26
2	51.7	4	30
3	55.2	2	32
4	67.2	7	39
5	70.7	2	41
6	70.7	0	41
7	75.8	3	44
8	82.8	4	48
9	87.9	3	51
10	91.4	2	53
11	94.8	2	55
12	94.8	0	55
13	96.6	1	56
14	96.6	0	56
15	96.6	0	56
16	98.3	1	57
17	98.3	0	57
18	100	1	58
		58	

Tx.SATNET Rx. RAM

T	FA%	F	FA
1	25	15	15
2	58.3	20	35
3	71.7	8	43
4	81.7	6	49
5	90	5	54
6	96.7	4	58
7	100	2	60
		60	

ANEXO 6

RESULTADOS OBTENIDOS DEL VIDEO EN fps

X: VELOCIDAD DE TRANSMICION PROMEDIO

desvia: desviación estándar promedio de la velocidad

n: número de muestras

VÍDEO ESTÁTICO

5
5.2
5
5.2
5
5.2
5.2
5.4
5.6
5.4
5.2
5.4
5.2
5.4
5
5.2
5
5.4
5.6
5.2
5
5.2
5
5.2
5

X= 5.208
desvia= 0.18
n= 25

VÍDEO DINAMICO

4
3.2
3.8
3.4
3.6
4
4.2
4
3.8
3.4
3.2
2.8
3.4
3.8
4.4
4.2
4
3.6
3.8
3.6
3.8
3.6
4
3.8
3
2.2
1
1.8
2.4
3
3.2
3.4
2.8

X= 3.41
desvia= 0.66
n= 33



A.F. 141964