

T
004.6
OCH



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN**

*“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN TÉCNICA
PARA EL USO DE MULTIMEDIA Y
VIDEOCONFERENCIA EN EL DESARROLLO DE LA
EDUCACIÓN A DISTANCIA EN LA ESPOL”*



TESIS DE GRADO

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

PRESENTADA POR
XAVIER ANTONIO OCHOA CHEHAB

GUAYAQUIL – ECUADOR

2000



D-20695

AGRADECIMIENTOS

A María Fernanda por haber aceptado y compartido los sacrificios que entrañó el desarrollo de esta tesis

A mi Director de tesis, Enrique Peláez, por la guía y apoyo brindado más allá de lo que correspondía a su deber.

A todos los integrantes del CTI por su apoyo incondicional

A los buenos maestros que me han formado.

A Ana por todos los proyectos en que me acompañó a lo largo de nuestra carrera.

DEDICATORIA



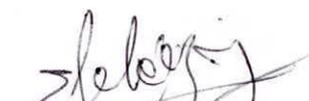
A mis Padres

gracias a ellos es que estoy aquí

TRIBUNAL DE GRADUACION



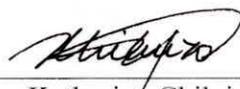
Ing. Carlos Monsalve
Sub-Decano de la FIEC



Enrique Peláez Ph. D.
Director de Tesis



Ing. Rebeca Estrada
Vocal



Ing. Katherine Chiluiza
Vocal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL’


Xavier Antonio Ochoa Chehab

RESUMEN

En la Sección 1 (Introducción y Justificación) de esta tesis se buscan y exponen las necesidades de la Educación a Distancia en la ESPOL. Se describen aquí todos los tipos de interacción necesaria entre estudiantes y profesores de forma remota y se focaliza en aquellos que nuestra escuela no ha desarrollado todavía, en concreto la necesidad con un sistema de distribución de vídeo tanto en vivo como bajo demanda y un sistema de videoconferencia tanto punto a punto como multipunto.

Al final de este capítulo se justifica el objetivo de la tesis en base a las falencias descubiertas y la necesidad de implantar un programa de Educación a Distancia para no quedar a la saga del desarrollo de las Universidades en el futuro a nivel mundial.

La Sección 2 (Análisis) investiga acerca de las tecnologías que son necesarias para el desarrollo de estos sistemas o potencian su efectividad, este es el caso del Vídeo, la Videoconferencia y la Multidifusión.

Con esta base teórica se procede a analizar las alternativas disponibles en el mercado para la implantación de estos sistemas y se las compara para obtener un solución. La solución encontrada para cada uno de estos sistemas es:

Sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda: Uso del paquete Windows Media Technologies

Sistema de Distribución de Vídeo en Vivo: Uso del paquete Windows Media Technologies

Sistema Punto a Punto de Videoconferencia: Aula Virtual más equipos Intel ProShare 500 para solución sobre IP o BVS de BayNetworks para solución sobre ATM

Sistema Multipunto de Videoconferencia: Aula Virtual más Servidor de Conferencia Multipunto.

Para finalizar este capítulo se procede a señalar los alcances y limitaciones de esta tesis en cuanto a la elaboración de estos sistemas.

En la Sección 3 (Diseño) se procede a diseñar cada uno de los sistemas propuestos en la tesis, utilizando los equipos seleccionados en el Capítulo II. Se realiza una descripción de la solución, diagramas de diseño y se describe la configuración tanto física como lógica de los diferentes sistemas.

Por último en la Sección 4 (Pruebas de Eficiencia y Confiabilidad) se implementa un prototipo funcional de los sistemas que cuentan con los equipos necesarios y se procede a evaluar su rendimiento, tanto en la calidad del audio y vídeo distribuidos, como su impacto a la red a través del consumo del ancho de banda. También se

muestran las posibilidades de expansión del sistema y la estabilidad con que este se comporta.

INDICE GENERAL

Carátula.....	i
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Tribunal de Grado.....	iv
Declaración Expresa.....	v
Resumen.....	vi
Indice General.....	ix
1. INTRODUCCION Y JUSTIFICACION	14
1.1 NECESIDADES DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA.....	14
1.1.1 ¿Qué es la Educación a Distancia?	14
1.1.2 ¿Por qué aplicar Educación a Distancia?.....	15
1.1.3 ¿Qué se necesita para llevar a cabo la Educación a Distancia?.....	18
1.1.3.1 Recursos Humanos:	18
1.1.3.2 Recursos Tecnológicos	21
1.1.4 Formas y Aplicaciones de la Comunicaciones por Computadora.....	24
1.1.4.2 Aplicaciones Tipo 2.....	30
1.1.4.5 Aplicaciones Tipo 5.....	35
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN LA ESPOL.....	37
1.2.1 Equipo Humano.....	37
1.2.1.1 Docencia	37
1.2.1.2 Entrenamiento, Soporte e Investigación.....	38
1.2.2 Red Interna - Backbone ATM.....	39
1.2.3 Sistemas de Trabajo en Grupo - Lotus Notes / Learning Space.....	41
1.2.4 Acceso a Internet Interno y Externo - ESPOLTEL.....	43
1.2.5 Aula Virtual.....	44
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.....	47
2. ANALISIS.....	50
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR.....	50
2.1.1 Video.....	50
2.1.1.1 Historia y Términos Principales.....	50
2.1.1.2 Televisión	52
2.1.1.3 Formatos Análogos Actuales	57
2.1.1.4 Formatos Digitales de Audio y Video.....	60
2.1.1.4.1 Video	60
2.1.1.4.2 Audio.....	65
2.1.1.5 Compresión.....	66
2.1.1.5.1 MPEG-1, MPEG-2 y MPEG4	67
2.1.1.5.1.1 Especificaciones.....	69
2.1.1.5.1.2 Estructura del Flujo MPEG-1	70
2.1.1.5.1.3 Estructura del Flujo MPEG-2.....	70
2.1.1.5.1.4 Flujo de Video.....	71
2.1.1.5.1.5 Redundancia de Información.....	74
2.1.1.5.1.6 Tipos de Imágenes.....	75
2.1.1.5.1.7 Sincronización.....	78
2.1.1.5.1.8 Video Entrelazado.....	80
2.1.1.5.1.9 Perfiles y Niveles.....	81



2.1.1.5.1.10 Comparación entre MPEG-1 y MPEG-2	82
2.1.1.5.1.11 Compresión de Audio	84
2.1.1.5.1.9 MPEG-4	87
2.1.1.5.2 Estándares H.261 y H.263	91
2.1.1.5.2.1 H.261	91
2.1.1.5.2.2 H.263	95
2.1.1.6 Video sobre ATM	99
2.1.1.6.1 Transporte sobre AAL1	100
2.1.1.6.2 Transporte sobre AAL5	101
2.1.1.7 Streaming	103
2.1.2 <i>Multidifusión (Multicasting)</i>	104
2.1.2.1 Multidifusión IP (IP Multicast)	105
2.1.2.1.1 MBone	106
2.1.2.2 Multidifusión sobre ATM	108
2.1.2.2.1 Malla de VC (VC Mesh)	109
2.1.2.2.2 Servidor de Multidifusión (MCS)	111
2.1.3 <i>Videoconferencia</i>	113
2.1.3.1 Videoconferencia sobre ISDN: H.320	122
2.1.3.2 Videoconferencia sobre ATM: H.321	124
2.1.3.3 Videoconferencia sobre IP: H.323	125
2.1.3.4 Videoconferencia sobre Líneas Telefónicas: H.324	126
2.1.3.5 Videoconferencia de Alta Calidad sobre ATM: H.310	127
2.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VÍDEOS BAJO DEMANDA	128
2.2.1 <i>Definición</i>	128
2.2.2 <i>Utilización</i>	128
2.2.3 <i>Alternativas Actuales</i>	131
2.2.3.1 VoD sobre IP	131
2.2.3.1.1 Windows Media Technologies	132
2.2.3.1.1.1 Descripción	132
2.2.3.1.1.2 Requerimientos	134
2.2.3.1.1.3 Ventajas	137
2.2.3.1.1.4 Desventajas	138
2.2.3.1.2 Real Media	139
2.2.3.1.2.1 Descripción	139
2.2.3.1.2.2 Requerimientos	141
2.2.3.1.2.3 Ventajas	143
2.2.3.1.2.4 Desventajas	144
2.2.3.2 VoD Sobre ATM	144
2.2.3.2.1 MPEG2 sobre ATM	145
2.2.3.2.1.1 Descripción	145
2.2.3.2.1.2.1 Descripción	147
2.2.3.2.1.2.2 Requerimientos	148
2.2.3.2.1.2.3 Ventajas	148
2.2.3.2.1.2.4 Desventajas	148
2.2.3.2.1.2 Descripción	149
2.2.4 <i>Comparación y Elección</i>	149
2.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VÍDEOS EN VIVO	152
2.3.1 <i>Definición</i>	152
2.3.2 <i>Utilización</i>	153
2.3.3 <i>Alternativas Actuales</i>	154
2.3.3.1 Video en Vivo sobre IP	154
2.3.3.1.1 Windows Media Technologies	156
2.3.3.1.2 Real Media	156
2.3.3.2 Video en Vivo sobre ATM	157
2.3.3.2.1 Descripción	157
2.3.3.2.2.1 Descripción	158
2.3.3.2.2.2 Requerimientos	159
2.3.3.2.2.3 Ventajas	159
2.3.3.2.2.4 Desventajas	159

2.3.4 Comparación y Elección.....	160
2.4 SISTEMA PUNTO A PUNTO DE VIDEOCONFERENCIA.....	161
2.4.1 Definición.....	161
2.4.2 Utilización.....	162
2.4.3 Alternativas Actuales.....	163
2.4.3.1 Videoconferencia sobre IP normal.....	164
2.4.3.1.1 Netmeeting.....	164
2.4.3.1.1.1 Descripción.....	164
2.4.3.1.1.2 Requerimientos.....	167
2.4.3.1.1.3 Ventajas.....	167
2.4.3.1.1.4 Desventajas.....	167
2.4.3.1.2.1 Descripción.....	168
2.4.3.1.2.2 Requerimientos.....	169
2.4.3.1.2.3 Ventajas.....	169
2.4.3.1.2.4 Desventajas.....	170
2.4.3.2 Videoconferencia sobre ATM.....	170
2.4.3.2.1 BVS de Bay Networks.....	171
2.4.3.2.1.1 Descripción.....	171
2.4.3.2.1.2 Requerimientos.....	174
2.4.3.2.1.3 Ventajas.....	174
2.4.3.2.1.4 Desventajas.....	174
2.4.3.2.2 VaN de IBM.....	174
2.4.3.2.2.1 Descripción.....	174
2.4.3.2.2.2 Requerimientos.....	177
2.4.3.2.2.3 Ventajas.....	177
2.4.3.2.2.4 Desventajas.....	177
2.4.3.3 Videoconferencia sobre ISDN.....	177
2.4.4 Comparación y Elección.....	180
2.5 SISTEMA MULTIPUNTO DE VIDEOCONFERENCIA.....	183
2.5.1 Definición.....	183
2.5.2 Utilización.....	186
2.5.3 Alternativas Actuales.....	187
2.5.3.1 Videoconferencia Multipunto sobre IP.....	187
2.5.3.1.1 Herramientas Mbone.....	188
2.5.3.1.1.1 Descripción.....	188
2.5.3.1.1.1.1 VIC.....	188
2.5.3.1.1.1.2 VAT y RAT.....	189
2.5.3.1.1.1.3 SDR.....	189
2.5.3.1.1.1.4 WB.....	189
2.5.3.1.1.2 Requerimientos.....	190
2.5.3.1.1.3 Ventajas.....	190
2.5.3.1.1.4 Desventajas.....	190
2.5.3.1.2 PictureTel NetConference 330.....	191
2.5.3.1.2.1 Descripción.....	191
2.5.3.1.2.2 Requerimientos.....	191
2.5.3.1.2.3 Ventajas.....	192
2.5.3.1.3 MeetingPoint 4.0 de WhitePine.....	192
2.5.3.1.3.1 Descripción.....	192
2.5.3.2 Videoconferencia Multipunto sobre ISDN.....	195
2.5.4 Comparación y Elección.....	196
2.6 ALCANCE DE LAS SOLUCIONES.....	197
3. DISEÑO.....	199
3.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VÍDEOS BAJO DEMANDA.....	199
3.1.1 Descripción de la Solución.....	199
3.1.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación.....	202
3.1.3 Diagramas del Sistema.....	204

3.1.4 Configuración Física de Equipos	207
3.1.5 Configuración Lógica de Equipos	208
3.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VÍDEOS EN VIVO	221
3.2.1 Descripción de la Solución	221
3.2.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación	224
3.2.3 Diagramas del Sistema	226
3.2.4 Configuración Física de Equipos	229
3.2.5 Configuración Lógica de Equipos	230
3.3 SISTEMA PUNTO A PUNTO DE VIDEOCONFERENCIA	231
3.2.1 Solución sobre IP	231
3.2.1.1 Descripción de la Solución	231
3.2.1.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación	232
3.2.1.3 Diagramas del Sistema	234
3.2.1.4 Configuración Física de Equipos	238
3.2.1.5 Configuración Lógica de Equipos	239
3.2.2 Solución sobre ATM	243
3.2.2.1 Descripción de la Solución	243
3.2.2.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación	244
3.2.2.3 Diagramas del Sistema	246
3.2.2.5 Configuración Lógica de Equipos	251
3.4 SISTEMA MULTIPUNTO DE VIDEOCONFERENCIA	251
3.4.1 Descripción de la Solución	251
3.4.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación	253
3.4.3 Diagramas del Sistema	254
3.4.4 Configuración Física de Equipos	257
3.4.5 Configuración Lógica de Equipos	258
4. PRUEBAS DE EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD	259
4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOTIPOS	259
4.1.1. Sistema de Distribución de Video Bajo Demanda y en Vivo	259
4.1.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia	262
4.1.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia	263
4.2 CALIDAD DE VÍDEO	264
4.2.1 Sistema de Distribución de Video Bajo Demanda y en Vivo	264
4.2.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia	276
4.2.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia	282
4.3 CALIDAD DE AUDIO	284
4.3.1. Sistema de Distribución de Video Bajo Demanda y en Vivo	284
4.2.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia	288
4.2.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia	288
4.4 CONSUMO DE ANCHO DE BANDA	288
4.4.1 Sistema de Distribución de Video en Vivo y Bajo Demanda	289
4.4.2 Sistema Punto a Punto de Videoconferencia	290
4.4.3 Sistema Multipunto de Videoconferencia	292
4.5 POSIBILIDADES DE EXPANSIÓN	293
4.5.1 Sistema de Distribución de Video en Vivo y Bajo Demanda	293
4.5.2 Sistema de Videoconferencia Punto a Punto	294
4.5.3 Sistema de Videoconferencia Multipunto	295
4.6 ESTABILIDAD DE LOS SISTEMAS	296
4.6.1 Sistema de Distribución de Videos en Vivo y Bajo Demanda	296
4.6.2 Sistema de Videoconferencia Punto a Punto	297
4.6.3 Sistema Multipunto de Videoconferencia	298
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	299

CONCLUSIONES.....	299
RECOMENDACIONES.....	300
BIBLIOGRAFÍA.....	302
ANEXOS	307
ANEXO A.....	307
ANEXO B.....	308
<i>Anexo B.1</i>	308
<i>Anexo B.2</i>	309
ANEXO C.....	310
<i>Anexo C.1</i>	310
<i>Anexo C.2</i>	311
<i>Anexo C.3</i>	312
ANEXO D.....	313

1. INTRODUCCION Y JUSTIFICACION

1.1 Necesidades de la Educación a Distancia

1.1.1 ¿Qué es la Educación a Distancia?

La Educación a Distancia puede definirse como la comunicación entre un estudiante y su maestro, separados por espacio y/o tiempo, por medio de algún tipo de tecnología.

La Educación a Distancia no es nueva, cursos por correspondencia se han llevado a cabo desde hace mucho tiempo atrás, pero las nuevas tecnologías tales como el Hipertexto, la Hipermedia y la Internet han influido profundamente en la manera en que se realiza este tipo de educación, proveyendo una nueva base para presentar cualquier tipo de material educativo y proporcionando una interacción directa y efectiva entre el alumno y el profesor sin importar sus horarios y disponibilidad

La meta de la Educación a Distancia es la de simular la misma interactividad que habría entre un maestro y su alumno en un aula de clase, en la que ambos estén presentes al mismo tiempo y, si es posible, mejorar esta interacción. Investigaciones revelan que el nivel de enseñanza/aprendizaje de la Educación a Distancia es comparable a la una educación "cara a cara", siempre y cuando los medios utilizados para crear comunicación sean los adecuados para la situación y haya una eficiente interacción entre profesor y alumno.¹

¹ Oblinger, Diana. Rush Sean. The Learning Revolution. USA Anker Publish Company. p. 3

1.1.2 ¿Por qué aplicar Educación a Distancia?

En los actuales momentos se esta produciendo un gran cambio tecnológico y social, estamos entrando en la "Era de la Información" o "Era del Conocimiento". Este cambio o conjunto de cambios abarcan casi todos los ambientes de desarrollo del hombre: su trabajo, su hogar y por supuesto su educación. Este cambio es real y tangible, lo evidencian los siguientes hechos:

- La información se considera un bien tan o más útil y valuable que cualquier materia prima en el mercado. Es la información y la forma en que las empresas o personas la utilizan lo que les proporciona una ventaja frente a los demás competidores.
- El volumen de información se duplica aproximadamente cada dos años²; la cantidad de información que una persona debe absorber para estar apto para realizar una determinada tarea crece a ritmo acelerado.
- La tecnología esta invadiendo cada vez más a la sociedad, comenzando por los trabajos y en los últimos años su ingreso en los hogares ha hecho que el computador y las telecomunicaciones se vuelvan algo cotidiano en nuestras vidas.
- La necesidad en las empresas de "re-educar" a sus empleados cada cierto tiempo, para mantenerlos actualizados y que puedan ser más productivos e impulsen el crecimiento de la empresa.
- La competitividad en el área laboral obliga a los individuos a ser más "técnicamente educados" para poder alcanzar una plaza en el mercado.

² Oblinger, Diana. Rush Sean. The Learning Revolution. USA Anker Publish Company. p. xiv

- La globalización de la economía que hace que la competencia entre instituciones (incluso las educativas) ya no sea solo en el ámbito local o nacional sino a nivel mundial.
- La información fluye libremente a través de las redes haciendo la comunicación planetaria una realidad a la cual nos enfrentamos día a día, las distancias han desaparecido y las fuentes de conocimiento se han abierto mundialmente.

Todos estos cambios demandan una respuesta por parte de los centros educativos, principalmente los de nivel superior. No es posible que en la Era de la Información se lleve a cabo una labor de enseñanza que se moldeó en la Era Industrial; por ejemplo un estudiante recibe mas información en un año que una persona del siglo pasado durante toda su vida, y si nos damos cuenta las técnicas de enseñanza han variado muy poco desde aquel tiempo.

Las personas que piden educación ahora no son solamente jóvenes que disponen de todo su tiempo para dedicarse entre 3 y 6 años a aprender conocimientos generales sobre un tema, sino trabajadores deseosos de ampliar sus conocimientos en determinada actividad para poder ser más competitivos en el mercado de trabajo y empresas que requieren que sus empleados sean "actualizados" para poder usar la nueva tecnología que llega continuamente a la empresa. Estos dos últimos grupos de personas no cuentan con el tiempo ni la facilidad de asistir a un curso común que se ofrece a jóvenes estudiantes, sino que preferirían tener acceso a las clases desde su

propio lugar de trabajo o desde sus casas y escoger que habilidad nueva desean adquirir o cual de las que ya poseen desean mejorar. Es ahí donde la Educación a Distancia se vuelve una necesidad en los institutos de Educación Superior, que podrían alcanzar a esa gran cantidad de individuos dispuestos a participar en un proceso de aprendizaje más centrado en el estudiante y que le dé tiempo y facilidad para atender a otros asuntos aparte de sus estudios.

Las telecomunicaciones han mejorado mucho en los últimos años por lo que ahora los estudiantes pueden acceder a datos y fuentes de información de todo el mundo. De hecho en la actualidad gracias a las redes de computadoras y la gran red de redes, Internet, es fácil acceder a la información necesaria sin importar el lugar donde se encuentre. Las personas se acostumbrarán a este estilo de obtener información y su vez educación, por lo tanto las Universidades deben estar preparadas para poder poner el conocimiento de sus maestros y expertos a disposición de alumnos "remotos" que tengan acceso por medio de un usuario y una clave a la misma información que tendría si estuviera tomando los cursos en el campus universitario.

Si las Universidades no toman este desafío, podrían quedarse atrás y perder competitividad en un mercado donde a cada momento surgen centros de enseñanza que prestan sus servicios a empleados de empresas y personas que desean educarse, pero que no pueden asistir a un campus universitario para recibir las materias de su interés. En cambio si se responde rápidamente a este nuevo paradigma la relación

entre un alumno y la institución no terminará en el momento en que este se gradúe con un título de Ingeniero, Técnico o Master, sino que continuará durante toda la vida productiva de ese individuo que requerirá constantemente el aprendizaje de nuevas habilidades desde su casa o su trabajo, lo cual significa una educación continuada y de calidad.

1.1.3 ¿Qué se necesita para llevar a cabo la Educación a Distancia?

Para realizar Educación a Distancia se necesitan varios elementos humanos y tecnológicos que sean capaces de trabajar juntos y armoniosamente para lograr un resultado óptimo. La tecnología de por sí no genera educación a distancia, así como tampoco las personas sin los medios tecnológicos necesarios no pueden llegar a una efectiva comunicación en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Aquí tenemos a las personas y a las tecnologías más importantes para lograr una Educación a Distancia:

1.1.3.1 Recursos Humanos:

Estudiantes

Satisfacer las necesidades de educación de los estudiantes es el pilar fundamental de todo programa de Educación a Distancia, y aquellos en que se mide la efectividad de la enseñanza. Sin importar de que asignación se este tratando la principal tarea de un estudiante es aprender, pero esta tarea en el mejor de los casos necesita motivación, planeamiento y la habilidad de analizar y aplicar el conocimiento adquirido. Cuando

la enseñanza es impartida remotamente, hay mucho más desafío ya que debe valerse de la tecnología para poder comunicarse con su profesor o sus compañeros.

Profesores

El profesor muy a menudo encuentra que Educar a Distancia es una tarea más ardua y que requiere mayor planificación que el antiguo estilo de enseñanza; por otra parte le permite alcanzar un mayor grado de interactividad con los estudiantes.

La Educación a Distancia cambia el rol del Profesor, de ser la fuente de todos los conocimientos a un facilitador del proceso de aprendizaje. El Profesor guía al alumno a las fuentes del conocimiento y le enseña como sacar provecho de ellas.

Además de las tareas que realizaba un profesor en el método convencional de enseñanza (Estructurar el contenido del curso y el entendimiento de las necesidades de los estudiantes) ahora el Profesor debe estar listo a afrontar los siguientes desafíos:

- Desarrollar una relación con estudiantes a quienes, en algunos casos, no ha visto personalmente.
- Adaptar su estilo de enseñanza tomando en cuenta las necesidades y expectativas de múltiples, y a veces variadas, audiencias.
- Entender y utilizar la tecnología disponible, pero manteniendo su máxima atención en su rol de enseñar.
- Desenvolverse tanto como un hábil facilitador como también como una fuente del contenido del curso.

Ayudantes

Los Profesores generalmente encuentran beneficioso confiar a un ayudante que se encuentre en el sitio, para que actúe como un puente entre los alumnos y el Profesor. Para ser efectivo, un ayudante debe entender a los estudiantes a los que asiste y las expectativas del profesor. El ayudante debe seguir las instrucciones que dé el profesor. Siempre que sea posible debe haber un ayudante en las audiencias remotas. El ayudante no necesita ser un experto en la materia que se está dictando pero debe tener conocimientos mínimos sobre como configurar el equipo de recepción y transmisión, recoger tareas, supervisar los exámenes y actuar como los ojos y oídos del profesor en el aula remota.

Equipo de Soporte Técnico

Estas personas son las encargadas de supervisar los múltiples detalles técnicos que requiere mantener la comunicación entre los Estudiantes y el Profesor. Este equipo debe velar porque todo el sistema de Educación a Distancia se encuentre operativo y en óptimas condiciones. Dado el valioso tiempo que se pierde, tanto por parte del Profesor como de los Estudiantes, cuando se presenta un problema, este Equipo debe tomar medidas preventivas y en caso de que el daño se presentara acudir rápidamente a solucionarlo. Dentro del Equipo de Soporte se encuentra las personas que tienen a cargo las siguientes tareas: Registro de los estudiantes, duplicación y distribución de materiales, planificadores de horarios, procesamiento de exámenes, manejo del

equipo técnico, etc. El Equipo de Soporte es verdaderamente el que mantiene funcionando un sistema de Educación a Distancia.

Administradores

A pesar que los administradores son una influencia típica en el planeamiento de un programa de Educación a Distancia, generalmente son relevados por personal técnico una vez que el programa está en funcionamiento. Los administradores tienen a su cargo no solo poner las bases para la construcción del proyecto sino que deben trabajar junto al personal técnico para asegurar que los recursos humanos y tecnológicos se desarrollen de acuerdo a la misión de la Institución. Ellos deben mantener su atención en cumplir con las necesidades de los estudiantes.

1.1.3.2 Recursos Tecnológicos

Computadoras

En los últimos años los educadores han sido testigos del rápido desarrollo de las computadoras personales y de los grandes adelantos en el campo del almacenamiento de datos (Discos Duros, CD-ROMs y DVDs). Este desarrollo ha hecho de la computadora una fuerza dinámica en la educación a distancia, proveyendo una nueva e interactiva manera de salvar el tiempo y la distancia entre alumnos y profesores.

Las principales razones para utilizar computadoras en la Educación a distancia son³:

³ Sargeant, Donal. Moving Toward a Mobile Teaching and Learning Environment: Using Notebooks Computers. USA 1997. Anker.

- Las computadoras facilitan un aprendizaje al ritmo de cada estudiante. Por ejemplo las computadoras individualizan la enseñanza, mientras brinda una manera de volver a repasar lo ya aprendido y tener comunicación individualizada con el profesor.
- Las computadoras por su propia naturaleza de ser máquinas de propósito general, se pueden adaptar a mostrar cualquier tipo de medios como: gráficos, impresos, audio y vídeo. Las computadoras son un enlace efectivo entre varias tecnologías. Las computadoras son herramientas multimedia.
- La tecnología relacionada con computadoras esta en un rápido avance. Las innovaciones en este campo son constantes mientras que los costos relacionados con ellas disminuyen.

Redes de Computadoras

Las redes de computadoras han sido el principal detonante de la revolución informática en el mundo. Ahora el trabajo realizado en una computadora no se mantiene aislado sino que puede ser compartido a través de una red con otra persona en la misma sala o en el otro lado del mundo. Así como las computadoras suministran poder para poder realizar de forma mucho más rápida cualquier trabajo, las redes son las que permiten comunicar ese trabajo a los demás de manera más eficiente.

Si hablamos de redes tenemos que hablar de Internet. La Internet es⁴ la más grande y popular red de computadoras. En efecto es una red entre redes de computadoras. Esta une a aproximadamente 1.3 millones de computadoras con dirección Internet que son usadas por tal vez 30 millones de personas en más de 100 países, y estas son cifras conservadoras. Cada vez más colegios y universidades, compañías y ciudadanos comunes están conectados a Internet. Esto abre cada vez más oportunidades a los educadores a distancia para superar el tiempo y la distancia para llegar a sus estudiantes.

Multimedia

Este término tan utilizado hoy en día se refiere a la transferencia de información usando múltiples formas de comunicación tales como texto, audio, y/o vídeo.

Hoy en día el poder de procesamiento creciente en las computadoras y el perfeccionamiento de sus periféricos, permiten que el ser humano pueda obtener información de una manera más natural que si solamente tuviera un texto para leer, con lo cual se alcanza un mayor nivel de aprendizaje en la Educación a Distancia, ya que el alumno se siente más cómodo si oye y/o ve las explicaciones de un profesor.

⁴ Sitio Web sobre Internet (<http://www.wa.gov/dis/tsd/tutorial/what.htm>)

1.1.4 Formas y Aplicaciones de la Comunicaciones por Computadora

Para llevar a cabo de manera efectiva una labor de Educación a Distancia lo primordial es mantener abierto el canal de comunicación entre maestro y sus alumnos y entre los alumnos entre sí. Esta comunicación no tiene necesariamente que ser sincrónica, esto es, dos personas que están en diferentes lugares pero al mismo tiempo, sino también puede ser asincrónica, las dos personas están en tiempos distintos.

Mucho se ha discutido acerca de las dos maneras de comunicación por computadora (sincrónica y asincrónica), resaltando las bondades que tiene cada uno de los dos sistemas: la comunicación síncrona es la más parecida a la comunicación normal, cara a cara, en cambio la comunicación asíncrona nos permite librarnos de horarios y podemos interactuar en el momento en que llega la inspiración. A través de muchos años se ha llegado a la conclusión que la mejor forma de comunicación es una combinación de ambas, es decir aprovechar a los beneficios de los dos sistemas.

Las aplicaciones multimedia que se pueden llevar a cabo por medio de computadoras se dividen de acuerdo a los siguientes criterios:

- Tiempo de Respuesta

Las aplicaciones se pueden clasificar como de tiempo real o no. En una aplicación en tiempo real la información es simultáneamente adquirida, procesada, transmitida y potencialmente usada por el receptor.

- Simetría de las facilidades de transmisión

Las aplicaciones se pueden clasificar como simétricas o asimétricas. Las aplicaciones simétricas son aquellas en las cuales las facilidades equivalentes de transmisión están disponibles en ambos lados del enlace de comunicación.

- Interactividad

Las aplicaciones se pueden clasificar en interactivas o no interactivas. Las aplicaciones interactivas son aquellas donde el usuario tiene algún tipo de control sobre lo que recibe. Este control puede ir desde la selección de algún archivo almacenado hasta planificar la secuencia del flujo de información dependiendo de algunas opciones elegidas.

De estas tres características se puede llegar a ocho tipos de aplicaciones, sin embargo, solo cinco contienen aplicaciones relevantes:

1.1.4.1 Aplicaciones Tipo 1

Estas aplicaciones son interactivas, en tiempo real y simétricas.

- Videotelefonía

Es la comunicación mas parecida a la conversación entre dos personas sin limitaciones en el ambiente o red usada. Esta puede incluir algún tipo de transferencia de datos, como por ejemplo documentos o gráficos.



Figura 1. Dispositivos para Videotelefonía

- Videotelefonía Multipunto

La comunicación conversacional que involucra más de dos personas, cada una en un lugar diferente. El control de la funcionalidad multipunto puede residir en la red o en uno de los terminales.

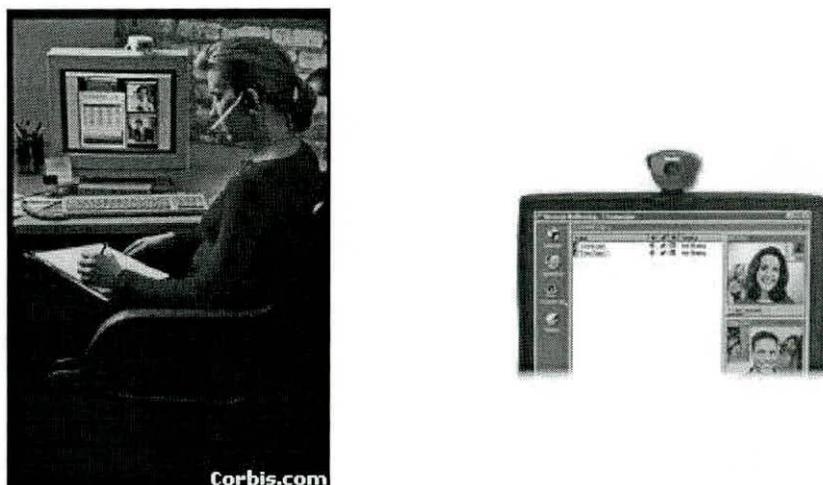


Figura 2. Ejemplos de Videotelefonía Multipunto

- Videoconferencia

Comunicación conversacional que involucra más de una persona por cada uno de los dos o más sitios conectados. La videoconferencia a menudo toma lugar en una aula o en una oficina privada.



Figura 3. Ejemplo de una Videoconferencia

- Trabajo Cooperativo

Involucra, simultáneamente, la interacción entre personas trabajando en lugares diferentes sobre un mismo tema y que usan las redes para compartir documentos e información o para trabajar en un diseño.

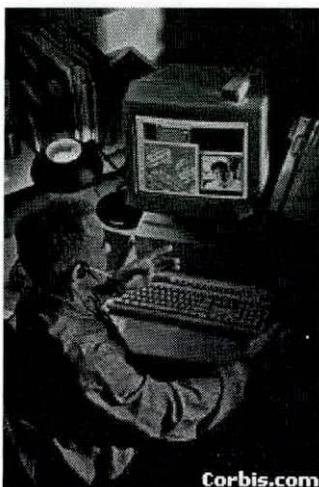


Figura 4. Dos personas trabajando remotamente en un Diseño

- Aula Remota Simétrica

Esta aplicación puede parecer similar a la videotelefonía o videoconferencia, pero difiere de la videotelefonía en que el contenido audiovisual puede incluir información sin un interlocutor o hay usualmente un control central donde la transmisión multipunto es enviada a todos y se selecciona la señal que éste recibirá de entre todos.

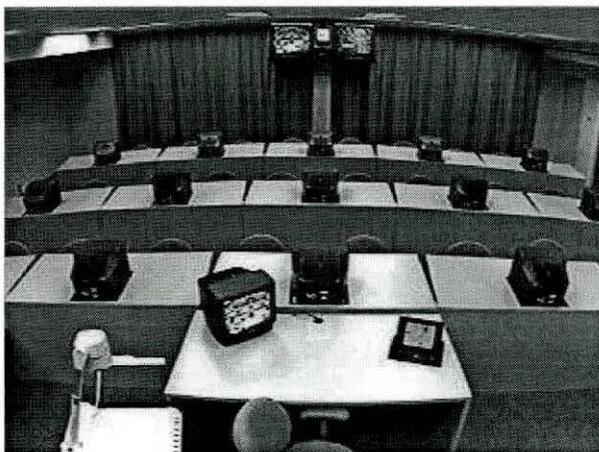


Figura 5. Aula Remota Simétrica

- Experto Remoto Simétrico

Un experto (ej: en asistencia médica o mecánica) es consultado desde una localidad remota.

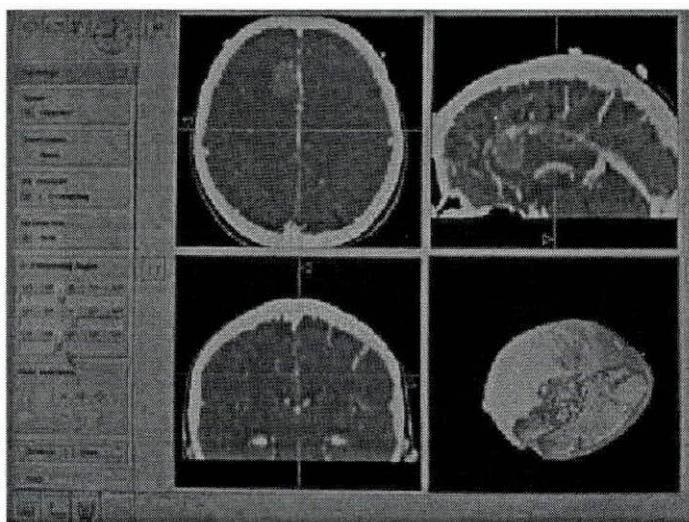


Figura 6. Ejemplo de aplicación de Experto Remoto

1.1.4.2 Aplicaciones Tipo 2

Las aplicaciones de este tipo son interactivas, de tiempo real, pero asimétricas

- Experto Remoto Asimétrico

Un experto es consultado desde un lugar remoto. Parece razonable esperar que muchas de estas comunicaciones con expertos remotos sean asimétricas teniendo un canal audiovisual y un canal solo de audio (ej: el experto muestra algo para ilustrar su explicación).

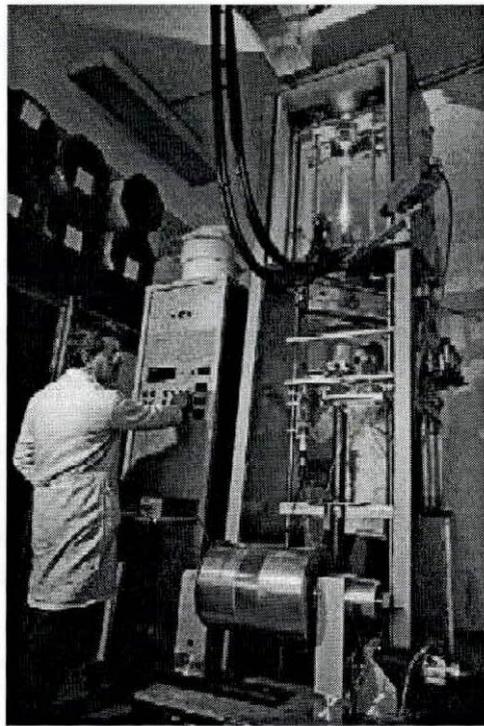


Figura 7. Experto es filmado y transmitido a locación remota

- Control y Monitoreo Remoto

Datos audiovisuales son recolectados en tiempo real de una localidad remota para uso privado, típicamente a través de una comunicación con la máquina tipo usuario. Hay usualmente un canal audiovisual desde la localidad remota y un canal de audio y/o control en sentido contrario debido a que la aplicación usualmente incluye el control remoto de las cámaras y/o micrófonos. Ejemplos de esto son equipos de monitoreo de edificios, tráfico o propiedades privadas.



Figura 8. Cámara para aplicaciones de Control y Monitoreo

- Obtención de Noticias

Las noticias son recolectadas de lugares remotos donde es difícil establecer conexiones de buena calidad. La interacción es usualmente baja, típicamente limitada a un canal retorno de audio. Un ejemplo es la transmisión de noticias entre el lugar de los hechos y el estudio. El estudio recibe el audio y el vídeo del entrevistador, mientras que el entrevistador solamente recibe el audio del estudio.



Figura 9. Reportero transmitiendo desde locación remota

- Aula Remota Asimétrica

Esta es una de las situaciones típicas donde un punto central envía información audiovisual y los puntos receptores, usualmente menos costoso, solo tienen la posibilidad de participar a través de un canal retorno de audio.

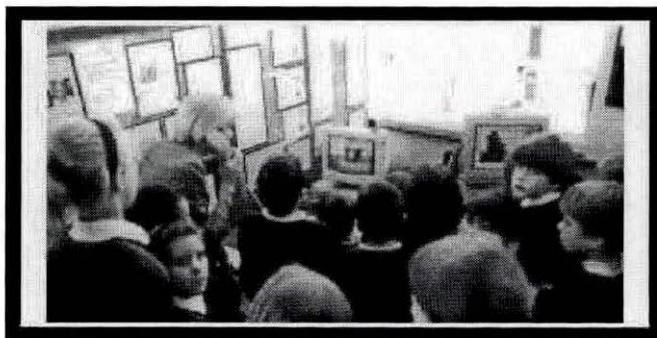


Figura 10. Escolares recibiendo una transmisión y contestando a través del teléfono

1.1.4.3 Aplicaciones Tipo 3

Estas aplicaciones de esta clase son interactivas, y simétricas pero no son en tiempo real.

- Mensajería Multimedia

Mensajes con contenido tipo texto, audio, vídeo y gráficos que son enviados a través de cualquier red o combinación de redes a una cuenta de correo ubicada en la red. Normalmente estas aplicaciones son correo electrónico y máquinas contestadores con vídeo.

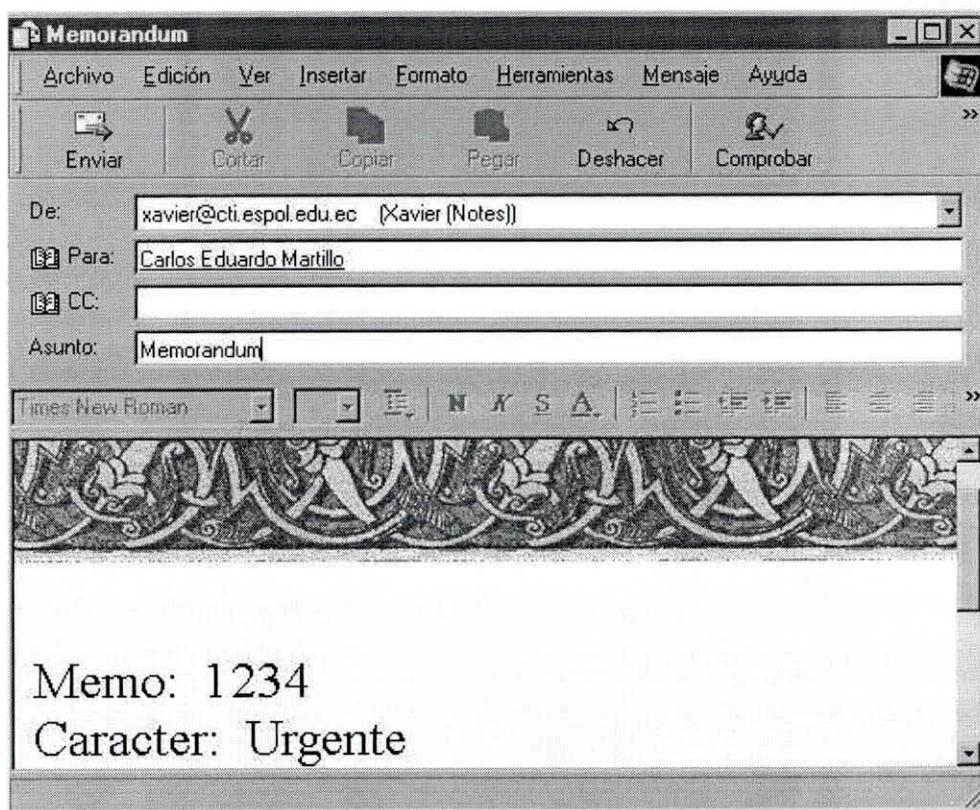


Figura 11. Aplicación de Correo Electrónico que permite la inserción de Multimedia

1.1.4.4 Aplicaciones Tipo 4

Las aplicaciones de esta clase son asimétricas, no utilizan tiempo real pero son interactivas.

- Búsqueda en Bases de Información

La información audiovisual es obtenida desde una base de información (remota o local) individualmente por cada usuario. La obtención remota puede implicar una transmisión más o menos compleja. El ejemplo más claro de estas aplicaciones son el Hipertexto y las páginas del World Wide Web, las enciclopedias en CD o DVD, en las cuales el usuario puede interactivamente navegar a través de la información.

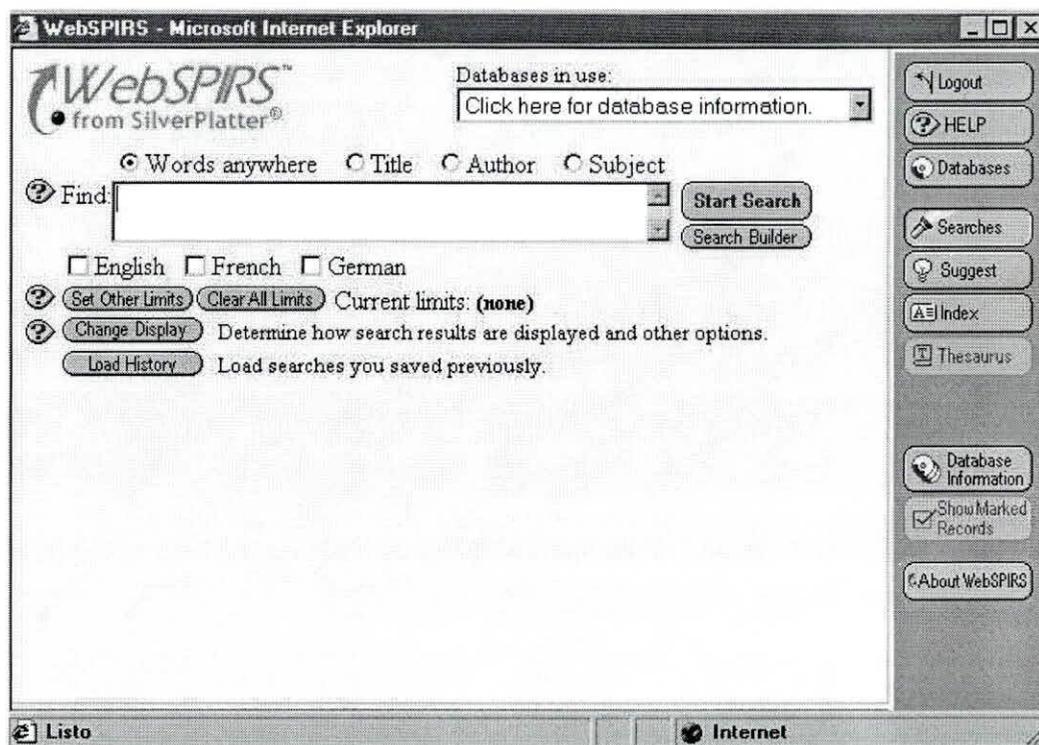


Figura 12. Acceso a base de datos en línea de la Biblioteca de la ESPOL

- Juegos

Juegos audiovisuales interactivos pueden ser accedidos en una computadora remota o servidor o con otras personas a través de otro tipo de computadoras o servidores. Un canal de control de retorno envía al servidor las reacciones del jugador.



Figura 13. Juego Multijugador en el que participan varios contrincantes conectados a través de la red.

1.1.4.5 Aplicaciones Tipo 5

Las aplicaciones de este tipo carecen de interactividad, son asimétricas pero funcionan en tiempo real.

- Presentaciones Multimedia

Presentaciones multimedia locales o remotas, donde no existe interactividad. El usuario no tiene el control sobre la secuencia del flujo de información.

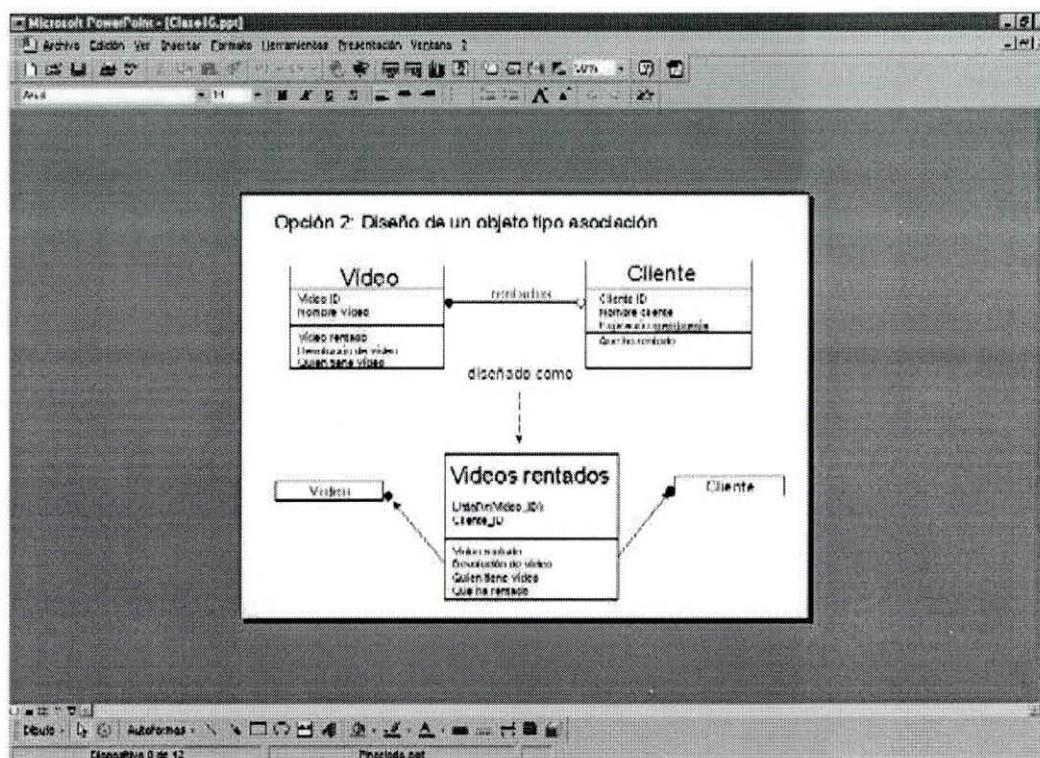


Figura 14. Aplicación PowerPoint para presentaciones Multimedia

- Transmisión Multimedia para Receptores Portátiles o Móviles

Programas de multimedia pueden ser transmitidos (en baja resolución) a receptores portátiles o móviles. Terminales muy pequeñas que pueden llevarse incluso en el bolsillo como los actuales "gameboy".



Figura 15. Equipo Palm Pilot VII, para acceder al Web

1.2 Situación Actual de la Educación a Distancia en la ESPOL

La ESPOL en los últimos años se ha venido involucrando en el proceso de introducir tecnología en el aula de clase. Paso a paso se han introducido sistemas y utilidades que de una forma u otra permiten que hoy en día se puede emprender el proyecto de implantar educación a distancia en nuestro país.

Los recursos humanos y técnicos con que cuenta la Escuela son una buena base para el desarrollo de programas en los que el alumno no precise estar en el mismo lugar o tener el mismo horario que su maestro. Algunos de estos recursos son los siguientes:

1.2.1 Equipo Humano

1.2.1.1 Docencia

En la actualidad la ESPOL cuenta con xxx profesores de planta repartidos en las diferentes Facultades e Institutos de la Escuela. La gran mayoría de estos profesores

han cursado estudios en el exterior y su experiencia es un invaluable apoyo a cualquier proyecto educativo que se desee llevar a cabo.

1.2.1.2 Entrenamiento, Soporte e Investigación

El Centro de Tecnologías de Información es la unidad encargada de preparar a profesores, ayudantes y estudiantes para los cambios que producirá la introducción de tecnología en el aula de clase. Este centro tiene como objetivo el desarrollo y asimilación de nuevas tecnologías para aplicarlas al proceso de enseñanza aprendizaje.⁵

La difusión de estos conocimientos y el entrenamiento del personal docente en la tecnología se lleva a cabo a través de seminarios, teórico-prácticos, en los que el profesor se involucra en un nuevo ambiente de enseñanza aprendizaje.

Una vez que los profesores empiecen a incorporar tecnología en el aula de clase necesitan el soporte y ayuda de técnicos que puedan solucionar los problemas y plantear nuevas alternativas para mejorar la interacción entre profesores y alumnos

Dado el vertiginoso avance de la tecnología se necesita un equipo de investigadores que pueda seguir el pulso de este desarrollo y adapte las soluciones a nuestro medio y más específicamente a nuestra Escuela. Este grupo tiene la tarea de innovar y

⁵ Estatutos del Centro de Tecnologías de Información

entregar herramientas útiles para la comunicación e interacción de los alumnos, remotos o locales, con su profesor.

1.2.2 Red Interna - Backbone ATM

La ESPOL cuenta con una avanzada red de datos interna basada en tecnología de Modo de Transferencia Asíncrono (ATM - Asynchronous Transmission Mode). El corazón de esta red son tres switches IBM Nways 8260 que forman el Backbone ATM. Todas las redes de la ESPOL, incluyendo el campus "Las Peñas" están conectadas a uno de estos switches, lo que permite que todas las Facultades, Institutos y Unidades se comuniquen entre sí.

La tecnología ATM brinda una gran capacidad de transmisión, lo que posibilita que además de los datos viajen vídeo y sonido a través de la red con una calidad predecible. La velocidad y confiabilidad de los datos que viajan por la red no son afectados por estas señales ya que viajan en diferentes canales. En la actualidad la capacidad total de este Backbone se encuentra subutilizada.

La Red ATM tiene las siguientes características:

- Altas tasas de transmisión están disponibles utilizando enlaces de fibra óptica
- La red y los equipos utilizados son capaces de "switchear" los paquetes a la mayor velocidad posible. En ATM no existe el "switching" por software.
- Al utilizar medios de transmisión con una tasa de errores extremadamente baja, es posible eliminar la verificación de errores en cada nodo del enlace y encargarse de esta

tarea a la capa de aplicación y de ocurrir un error volver a transmitir todo el mensaje.

- El control del flujo de datos tampoco es posible a esta velocidad, por lo que este control se debe realizar cuando los datos entran a la red.
- ATM maneja diferentes tipos de información (datos, sonido, imágenes, video, multimedia, entre otros) de una manera integrada.
- El ATM puede ser usado tanto en entornos LAN como WAN, lo que permite una solución “fin a fin” para proporcionar comunicación remota.
- Permite la conexión de estaciones de trabajo a varias velocidades, dependiendo de las necesidades. Incluso provee enlaces rápidos para servidores y equipos de red.
- El ATM es un conjunto de protocolos abiertos, desarrollados y discutidos por el foro ATM y estandarizado por el ITU-T

RED CENTRAL: ESQUEMA LÓGICO

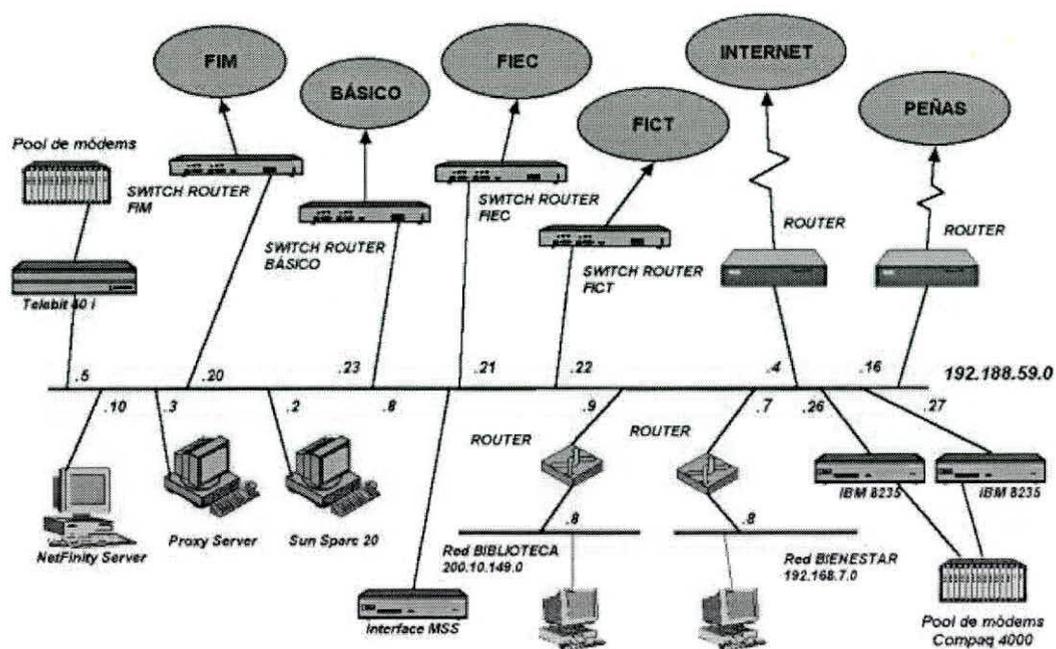


Figura 16. Configuración Lógica del Backbone de la ESPOL

1.2.3 Sistemas de Trabajo en Grupo - Lotus Notes / Learning Space

Lotus Notes es una aplicación para trabajo en grupo producida por la Lotus Corporation, subsidiaria de IBM. Notes permite desarrollar aplicaciones orientadas a bases de datos para comunicar usuarios diferentes localizaciones geográficas y así puedan compartir archivos entre si, comentarlos pública o privadamente, seguir el avance de cronogramas de trabajo, proyectos, componer y revisar guías, procedimientos, planes, escritos y cualquier otro documento, incluyendo archivos multimedia. Notes almacena los cambios y realiza las actualizaciones en las llamadas réplicas de la base de datos. Estos cambios son realizados al nivel de campos para minimizar el tráfico en la red.

Notes se ejecuta en un servidor especial llamado Lotus Domino. Los servidores y estaciones de trabajo utilizan el modelo cliente/servidor y las réplicas de las bases de datos son actualizadas usando pedidos RPC (Remote Procedure Call). Notes puede crear una Intranet a través de sus aplicaciones.

Email, calendario y otras aplicaciones básicas ya vienen con Notes, pero este software también provee las herramientas para construir aplicaciones propias (Las aplicaciones de Notes son generalmente orientadas a documentos y no a transacción). La creación de estas aplicaciones en Lotus es relativamente fácil debido a las herramientas que el software nos presenta.

Dentro de la ESPOL, este sistema además de servir de soporte para la comunicación interna, mensajería y flujos de trabajo en el área administrativa de la Escuela, puede servir también para el desarrollo de aplicaciones de Internet que faciliten la administración de estudiantes remotos (ej: sistema de registros en el Web).

Learning Space, un aditamento del Lotus Notes, permite la creación de cursos en línea accesibles desde el Internet. Este sistema está basado en el concepto de Notes de base de datos. Cada curso crea sus propias bases de datos, donde se almacena el contenido del curso, incluyendo sonidos, imágenes, videos, entre otros. También son almacenados en estas bases los comentarios que han hecho los alumnos.

El profesor accede desde su cliente Notes a una base de datos central, en donde, si tiene los permisos suficientes, puede crear un curso simplemente contestando a varias preguntas sobre ese curso y las secciones que desearía que se incluyan en ese curso. Automáticamente se crean bases de datos para este curso que son accesibles inmediatamente a través del Web.

Los alumnos se deben registrar como usuarios de este sistema y pueden acceder a él a través de un usuario y una contraseña. El acceso se realiza desde cualquier navegador de internet.

El profesor puede enviar y calificar trabajos, responder preguntas y adicionar material de apoyo. El alumno puede acceder al contenido de la materia, exponer preguntas y responder a cuestionarios sobre sus conocimientos.

La Escuela en la actualidad cuenta con tres expertos certificados por Lotus para el desarrollo de aplicaciones, lo cual garantiza la continua innovación de herramientas y la administración efectiva del sistema.

1.2.4 Acceso a Internet Interno y Externo - ESPOLTEL

La ESPOL fue la primera universidad en el Ecuador que contó con acceso a la red mundial de información, Internet. Siguiendo esa tradición en el momento cuenta con un enlace satelital de 576 Kbit/s para brindar acceso a Internet al campus "Gustavo Galindo" y "Las Peñas".

Además del servicio interno, la ESPOL, a través de ESPOLTEL, brinda acceso telefónico a Internet a sus profesores y estudiantes, para que desde sus casas puedan tener un servicio similar al que tendría en de las oficinas o laboratorios de la Escuela.

1.2.5 Aula Virtual

La Escuela cuenta con una flamante Aula Virtual, que no es más que un aula acondicionada para realizar videoconferencias con universidades, centros e institutos a nivel mundial a través de un enlace ISDN o a través de Internet.

Esta aula cuenta con un equipo codificador/decodificador (codec) PictureTel Venue 2000. Este permite convertir las entradas de vídeo y audio a señales digitales que son transmitidas y a su vez recibe señales digitales desde un punto remoto y las convierte en audio y vídeo que puede ser proyectado a los estudiantes. Este codec posee también capacidad de conectarse al Backbone ATM.

En la sala de control de esta aula existen todos los equipos de audio y vídeo para capturar y transmitir tanto la explicación del profesor (ej: slides, vídeos, lecturas) como las preguntas de los alumnos (ej: a un experto remoto).

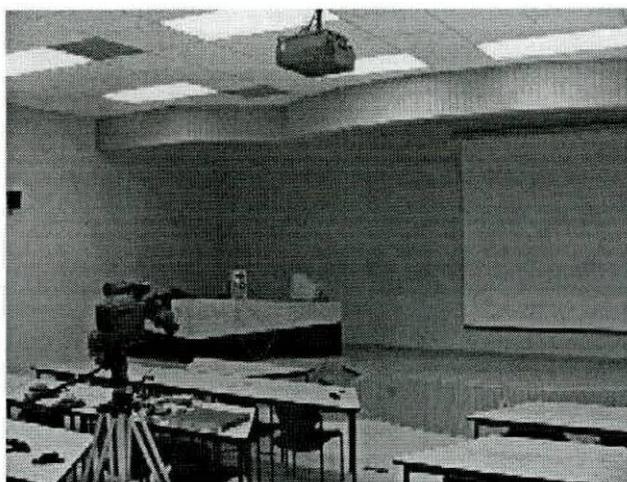


Figura 17. Aula Virtual

El corazón del sistema de audio es un es un mezclador de 16 canales. A este equipo van conectados todas las entradas de audio (micrófonos, VHS, Computador, Codec) y sus salidas son dirigidas al amplificador, VHS, computador y al Codec.

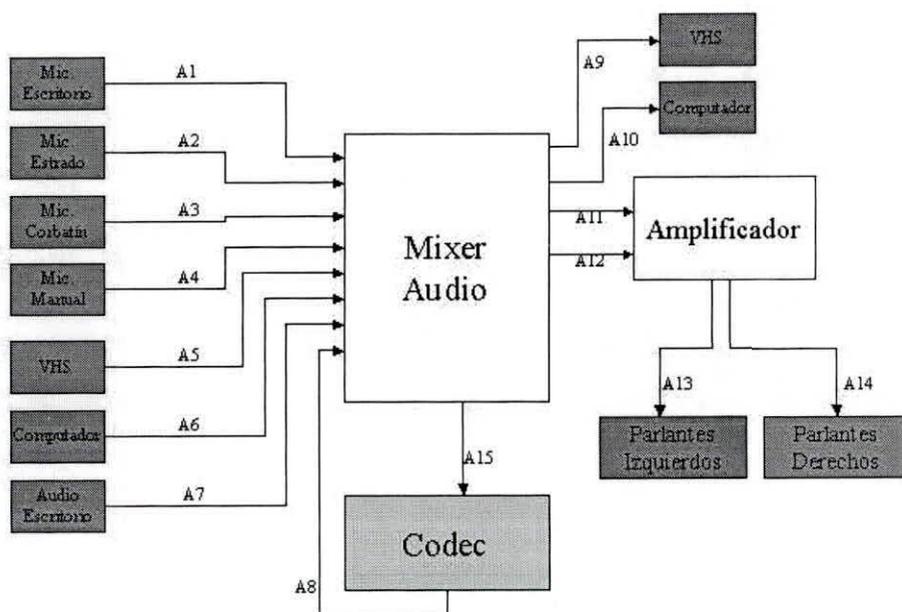


Figura 18. Diagrama de Audio del Aula Virtual

El equipo de vídeo tiene como principal componente un “Switch” al que están conectados todas los equipos que generan vídeo (Cámaras, VHS, Cámara de Documentos, Codec) y su salida se dirige a un “Splitter” de vídeo que se encarga de reproducir esta salida y enviarla al proyector, monitor, a la computadora para captura en formato digital y al codec para su transmisión en una videoconferencia.

Al proyector también se pueden conectar independientemente dos salidas VGA que genera cualquier computador.

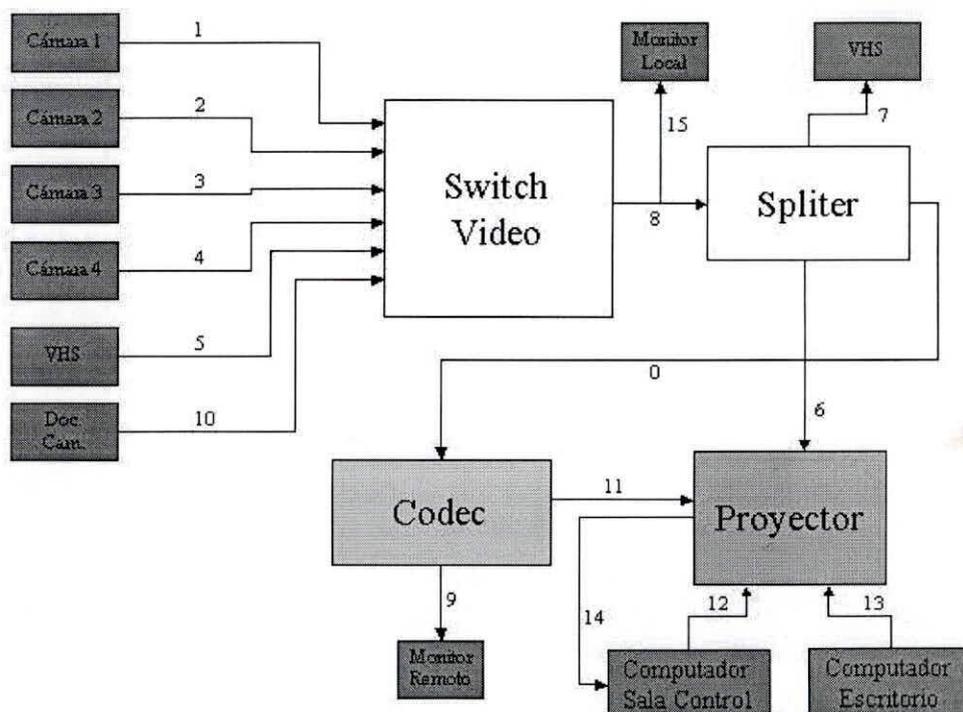


Figura 19. Diagrama de Video en el Aula Virtual

1.3 Justificación de la Tesis

La Educación a Distancia va pasando de ser un experimento pedagógico y se convierte cada día más en un nuevo sistema de enseñanza aprendizaje al que la ESPOL, tarde o temprano, tendrá que incorporarse por las exigencias de la sociedad del futuro.

Como hemos visto en esta introducción, la ESPOL en la actualidad cuenta con la infraestructura, tecnología y equipo humano suficientes como para emprender un proyecto de educación a distancia. El último escollo que faltaría por vencer es el de la implantación de sistemas que permitan que la interacción entre estudiante y profesor vaya más allá de un correo electrónico, un grupo de discusión o un ambiente colaborativo. Estos sistemas deben brindar una manera más humana de comunicación que vuelva efectiva la adquisición de conocimiento por parte de los alumnos remotos. Estos sistemas pueden clasificarse en dos grupos, los que se encargan de la transmisión de información multimedia (audio y sonido) grabada o en vivo y los que brindan la posibilidad de comunicación audiovisual en vivo (videoconferencia) entre dos o más personas. Estas tecnologías son las que permiten dar un rostro y una voz a la educación a distancia.

Dadas estas necesidades de multimedia y videoconferencia, esta tesis se enfoca en el análisis, diseño e implementación de prototipos de:

- Sistema de Video Bajo Demanda

- Sistema de Transmisión de Vídeo en Vivo
- Sistema punto a punto de Videoconferencia Interna
- Sistema punto a punto de Videoconferencia Externa
- Sistema multipunto de Videoconferencia Interna y Externa

Estos sistemas permitirán que mayores volúmenes de información se puedan asimilar más rápidamente por los estudiantes mediante vídeos y que la interacción entre alumnos y profesores mejore al proporcionar una comunicación más natural.

Cuando estos sistemas estén desarrollados, en la parte técnica, no habrá excusas para la no-implantación de un programa de educación a distancia en la Escuela con la misma calidad y tecnología que la de cualquier universidad de países más desarrollados.

En resumen, las principales razones que justifican la elaboración de esta tesis son:

- La ESPOL no puede quedar rezagada en la carrera que han emprendido las principales Universidades para ofertar sus cursos y carreras a estudiantes que tradicionalmente no podían asistir a su campus, así como también para captar a esos “nuevos estudiantes” de la empresa privada en busca de actualización y capacitación.
- Para poder ampliar la cobertura de la ESPOL a estudiantes que por razones de ocupación o ubicación geográfica, no pueden asistir al aula donde se imparten

normalmente los cursos, se debe de implementar un programa de Educación a Distancia.

- Para lograr Educación a Distancia de manera efectiva, el sistema debe emular la sensación de presencia en un aula de clase. Dado que esta sensación no se puede emular por medio de correo electrónico o grupos de discusión, se necesita desarrollar nuevas herramientas que permitan un contacto más humano.
- Para alcanzar la sensación de presencia, se necesita herramientas que permitan el envío de contenidos multimedia como sonidos, imágenes y vídeo, tanto uni como bidireccionalmente. La ESPOL en los actuales momentos no cuenta con estas herramientas.
- Esta tesis analiza y diseña sistemas que pueden satisfacer estos requerimientos. Es así como se analiza y diseña sistemas de Distribución de Vídeo (envío unidireccional) así como también sistemas de Videoconferencia (envío bidireccional).

2. ANALISIS

2.1 Descripción de la Tecnología a Utilizar

2.1.1 Vídeo

2.1.1.1 Historia y Términos Principales

Los trabajos en el área de la proyección de vídeos usando algún tipo de filme comenzó aproximadamente en 1860.⁶ A Thomas Edison se acredita la invención del primer sistema viable de vídeo en 1892, su aparato fue llamado *quinetografo*. Dos de los mayores problemas en las primeras épocas del vídeo fueron el diseño de un sistema de proyección que eliminara el parpadeo visible entre las imágenes y una lampara lo suficientemente intensa para proyectar la imagen en pantallas distantes.

Un asunto muy importante en el desarrollo del vídeo es la implementación de estándares. Las principales características del vídeo deben estar estandarizadas en algún grado, entre ellas la cantidad de cuadros por segundo en la proyección, el aspecto de radio del filme, el tipo de sistema para la reproducción del color, el tipo de reproducción de sonido usada y la sincronización entre la imagen y el sonido.

La cantidad de **cuadros por segundos** de un vídeo, llamados en inglés "*frame rate*", es el número de imágenes individuales mostradas durante cada segundo de

⁶ IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation, 1997. IBM. pp 1-4

proyección. Las películas en blanco y negro usaban diferentes tasas de cuadros por segundo, pero la introducción del cine a color hizo necesaria la adaptación a un estándar. En 1927, se estandarizó la tasa de cuadros por segundo a 24. De hecho, a pesar de que solo 24 distintas imágenes se ven cada segundo, cada imagen es mostrada dos veces, lo que hace que 48 imágenes se vean cada segundo. Este estándar aún se utiliza en las películas actuales.

El **aspecto de radio** (aspect ratio) de una imagen es la razón que existe entre el ancho y el alto de la imagen. Antes de 1960, el estándar usado en el vídeo era de 1.33 a 1 (4 a 3). Luego los Estados Unidos lo estandarizaron en 1.85 a 1, mientras que los países Europeos lo estandarizaron en 1.66 o 1.75 a 1. Otros aspectos de radio se han usado a través de los años, incluyendo el del sistema Cinerama cuya razón era de 2.75 a 1. La mayoría de personas sienten que una imagen más ancha incrementa el realismo del vídeo. Esta percepción se debe en parte al hecho de que mayoría de las acciones toman lugar en dirección horizontal. Una consideración adicional es que mientras más ancha es una pantalla, contiene mayor visión periférica, lo que parece ser importante en crear una sensación de inmersión visual en la escena.

Una consideración muy importante en el vídeo es **la sincronización de la imagen con el sonido**. Una manera de grabar el sonido en una cinta de vídeo es a través de codificación óptica. La decodificación y reproducción del sonido requiere un mecanismo separado del de proyección de imágenes. Por esto en los filmes de 35 mm,

el sonido es grabado 21 cuadros antes de su correspondiente imagen. En un filme de 16 mm el sonido es grabado 26 cuadros antes.

Otro tipo de grabación de sonido en el filme es en una cinta magnética. En una cinta de 70 mm estándar el sonido es grabado 28 cuadros después que la correspondiente imagen. En un film de 35 mm solamente 23 cuadros en atraso. La sincronización del sonido y la imagen también es un problema cuando el vídeo y el sonido están en formato digital.⁷

La esperanza de los profesionales en vídeo es que algún día estos vídeos puedan ser producidos sin filme, es decir, puramente en formato digital. Actualmente el filme puede capturar mayor resolución y mejor calidad de imagen que las cámaras digitales. El filme continuará siendo el medio predominante del vídeo hasta que las cámaras puedan lograr resoluciones comparables (a precios comparables). Mientras tanto, se han desarrollado sistemas para tomar las imágenes del filme y transferirlas a un formato digital para su edición e incorporación de efectos y para transferirlos luego a un filme convencional o presentarlo digitalmente.

2.1.1.2 Televisión

El concepto de enviar imágenes en movimiento (vídeo) a través de un cable eléctrico data de los años 1870. Las primeras ideas trataban de sistemas muy parecidos a una

máquina de fax actual que podían enviar una imagen descompuesta en grupos de puntos, pero cada punto en la imagen debería ser comunicado simultáneamente. La idea rápidamente desarrolló la noción de enviar los puntos de cada imagen de una manera consecutiva y reconstruir la imagen después de ser recibida.

La primera patente completa de un sistema de televisión fue dada a Paul Nipkow en Alemania en 1884. Este artefacto usaba un tambor rotativo para escanear la imagen, tanto para enviar y para recibir. Los sistemas mecánicos dominaron la investigación en esta área por muchos años. En 1926 J. L. Baird, un investigador en Inglaterra, dio la primera demostración de verdadera televisión. Su sistema tenía una resolución de 30 líneas y refrescaba la pantalla aproximadamente a 10 cuadros por segundo. Era bastante ruda, pero probó la viabilidad de la idea y estimuló futura investigación.

Los sistemas mecánicos carecían de sensibilidad, haciendo difícil extenderlos a resoluciones más altas. Es aceptado por la mayoría de investigadores que una imagen de vídeo de buena calidad requiere al menos de 100.000, y preferentemente 200.000, elementos o puntos, asumiendo una pantalla de aproximadamente 12 pulgadas que es vista a una distancia de 5 a 8 pies. Este número puede ser calculado del poder de resolución del ojo humano. Para una imagen cuadrada, 200.000 elementos requieren aproximadamente 447 elementos escaneados por línea. Esto está muy por encima de la resolución alcanzable con dispositivos mecánicos.

⁷ Burger, Jeff. Desktop Multimedia Bible. Addison-Wesley. USA. 1993. pp 423 - 469

La idea de un sistema completamente eléctrico fue propuesta por un por un ingeniero eléctrico escocés, A. Campbell Switson, en 1908. Su idea fue la de usar rayos magnéticamente deflectados en tubos de rayos catódicos (CRTs) para escanear la imagen. La idea era muy avanzada para la tecnología de su época, pero fue implementada por V. K. Zorykin en una un dispositivo llamado "*iconoscopio*", patentado en 1923. Basado en este desarrollo, una televisión totalmente electrónica fue mostrada por Radio Corporation of America (RCA) en 1932. Usaba inicialmente 120 líneas de barrido, que rápidamente aumentaron a 343.

La Electric and Musical Industries (EMI) del Reino Unido comenzó la investigación de la televisión en 1931 bajo la dirección de Issac Shoenberg. Su equipo desarrolló un sistema completo y práctico en 1935 y lanzó la primer señal de televisión pública. Ellos propusieron una señal que usaba 405 líneas de barrido que se refrescaban a 25 cuadros por segundo. Para reducir el efecto del parpadeo que puede ocurrir a esta tasa de cuadros por segundo, las líneas eran entrelazadas. La pantalla era dividida en líneas pares e impares. Todas las líneas impares de la pantalla eran refrescadas cada 1/50 de segundo, entonces todas las líneas pares eran refrescadas. El efecto de esta red es una imagen nueva mostrada 25 veces por segundo. La tasa 50 refrescamientos por segundo fue escogida para igualar a la frecuencia de la alimentación eléctrica que en el Reino Unido es de 50 Hz. Si otra tasa de refrescamiento se utilizara, distorsiones indeseables en la imagen podrían ocurrir debido a interferencia

electromagnética. El estándar de la EMI formó las bases de la televisión británica hasta 1964.

En los Estados Unidos las transmisiones regulares de televisión comenzaron en 1941. Los Estados Unidos estandarizaron una señal que incluía 534 líneas por cuadro, refrescada entrelazadamente 60 veces por segundo, resultando en una tasa de 30 cuadros por segundo. La verdadera tasa de refrescamiento es de 59.54 veces por segundo, pero este valor exacto no es importante para la mayoría de los usuarios. El refrescamiento de 60 veces por segundo se basó en la frecuencia de la alimentación eléctrica en Norteamérica (60 Hz). Mientras tanto, las demás naciones Europeas aparte de Inglaterra estandarizaron su señal a 625 líneas a 25 cuadros por segundo. Las demás naciones del mundo que iniciaron su servicio de televisión después de 1950 escogieron ya sea el estándar estadounidense o el europeo dependiendo de la frecuencia de su alimentación eléctrica.

La idea de color en la televisión existe casi desde el comienzo de la investigación en este campo, pero el color era un problema más difícil. La retina humana tiene tres tipos de receptores de color (conos), los cuales responden a la radiación incidente según una curva característica. Hay un cuarto tipo de célula fotorreceptora presente en la retina, pero solo se utiliza cuando hay poca luz y a pesar de que es muy importante para la visión no desempeña ningún rol en la reproducción del color de la imagen.

Debido a que hay exactamente tres tipos de receptores de color en los ojos, tres componentes numéricos son necesarios y suficientes para describir un color. Todos los colores son percibidos como una combinación de los llamados "*colores primarios*": rojo, verde y azul. Pero, los colores producidos por sistemas reflectivos como la fotografía, impresos y dibujos no son solo función de los colorantes sino también de la iluminación ambiental.

Usando este concepto, el National Television Standards Committee (NTSC) definió la transmisión de la señales de vídeo en formato que incluye la luminancia (o brillo) y dos valores de crominancia (o tono), más que en un formato que represente la componente de los 3 colores. Otros estándares de televisión usados en el mundo son el PAL (Phase Alternation by Line) y el SECAM (Systeme Electronique Couleur Avec Memoire), están basados en los mismos componentes.⁸

Los componentes rojo, verde y azul (RGB) que se obtienen de los sensores de las cámaras están estrechamente relacionados entre sí, esto significa que tienen mucha información en común⁹. Para ahorrar ancho de banda analógico se obtiene la diferencia de las componentes de dos de los tres colores con la intensidad y el resultado serían estas tres componentes:

⁸ Burger, Jeff. Desktop Multimedia Bible. Addison-Wesley. USA. 1993. pp 367 - 385

- Luminancia: Y
- Crominancia Roja: $Cr = Y - \text{Rojo}$
- Crominancia Azul; $Cb = Y - \text{Azul}$

Esta representación permite una retro-compatibilidad con los sistemas de Televisión blanco y negro, que usan solamente la componente de Luminancia (Y) para construir las imágenes. La elección del rojo y del azul como componentes tiene como razón que Cr es un tono muy parecido al de la piel humana.

La investigación actual en televisión se centra en la televisión de alta definición (HDTV)¹⁰. El énfasis en la HDTV es el de proveer imágenes de mayor calidad duplicando la resolución tanto en dirección horizontal como vertical. Esto requiere la transmisión de cuatro veces más información por cuadro. En adición, hay presión para modificar el aspecto de radio de la imagen para aumentar su ancho. Algunos aspectos de radio han sido propuestos, entre los más comunes está el de 16 a 9 (1.78 a 1).

2.1.1.3 Formatos Análogos Actuales

Los formatos de vídeo analógico que son usados en el mundo fueron definidos por cuerpos de estandarización de televisión. Esta tabla muestra las características de transmisión y resolución de los diferentes formatos de vídeo:

⁹ Curso de Multimedia. Sitio Web: <http://www.cs.sfu.ca/CC/365/li/material/notes/contents.html>

¹⁰ IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation, 1997. IBM. pp 5

Descripción	NTSC	PAL	SECAM
<i>Vídeo Resolution</i> <i>(líneas x columnas)</i>	525 x 720	625 x 720	625 x 720
<i>Cuadros por Segundo</i>	29.97	25	25
<i>Países en que es Usado</i>	EEUU, Japón, Latinoamérica	Europa, Asia y Mayor parte del Mundo.	Francia y Rusia.
<i>Resolución Efectiva</i>	640 x 480	768 x 576	768 x 576

Tabla 1. Formatos Estándar de Vídeo Analógico (Fuente: IBM Networked Solution over ATM)

Las señales de vídeo contienen una porción de "blanqueo" que es usada para la sincronización, pero no es mostrada en la pantalla. La resolución efectiva es mediada después de extraer toda la señal de vídeo no activa, usada para la sincronización. Esta sección no activa en la señal de vídeo es llamada Intervalo Vertical de Blanqueo (VBI por sus siglas en inglés) y consiste en 24 líneas (12 por cada semi-cuadro). El VBI puede ser usado para transmitir datos auxiliares como texto, pruebas de vídeo, hora del día, entre otros.

La señal de vídeo en banda base es transmitida separadamente de la señal de audio. Por esto al menos tres cables se necesitan para conectar un VCR a una cámara o un

televisor: un cable para vídeo, otro para el audio izquierdo y otro para el audio derecho.

Hay varias formas de guardar y transmitir el vídeo en banda base:

- Vídeo Compuesto (Composite)

En este caso, solo una señal es usada para guardar y transmitir la luminancia y la crominancia. Este tiene la ventaja de que requiere menor ancho de banda y un solo cable, pero debido a la interferencia, la calidad del vídeo es reducida. Es la señal que generalmente se usa para conectar los VCR.

- S-Vídeo

Las señales de luminancia y crominancia son transmitidas por separado, ofreciendo una mayor calidad de vídeo y mejores detalles. Se usa generalmente en equipos de alto rendimiento como cámaras Hi8.

- Componentes de Vídeo - RGB (Component Vídeo)

Es la manera más sofisticada de transmitir señales de vídeo. Hay tres señales con los tres diferentes componentes que son enviados por separado y una máxima resolución es lograda. Se requieren tres cables. Se usa solamente en equipo profesional.

Las señales de TV son moduladas. Esto significa que la banda base de audio y vídeo es modulada por frecuencia y es transmitida a frecuencias específicas de acuerdo a un canal de TV asociado. El audio en televisión es portado como una transmisión de FM tanto en NTSC como en PAL.

2.1.1.4 Formatos Digitales de Audio y Vídeo

2.1.1.4.1 Video

La digitalización del vídeo es el proceso de convertir la información de la luminancia y la crominancia presente en la señal analógica en un formato digital. No hay compresión en este proceso.

El anterior Comité Consultativo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), ahora llamado International Telecommunications Union - Radiocomunicaciones (ITU-R), desarrolla varias recomendaciones para la transmisión y almacenamiento de señales de vídeo. El formato estándar de vídeo digital (Standard Digital Video Format) fue definido en el artículo CCIR-601 y es también llamado formato D-1¹¹. Este formato fue desarrollado para vídeo digital en cinta y determina como una señal de vídeo debe ser digitalizada.

¹¹ Página Web: <http://www.hut.fi/~iisakkil/videoformats.html#dseries>

El proceso de codificación se representa en la siguiente ilustración y muestra una señal D-1 que es creada a partir de una entrada de vídeo analógico. La compresión de vídeo de alta calidad siempre empiezan con señal digital codificada D-1.



Figura 20. Codificación del vídeo de analógico a digital o D1

La palabra pixel se deriva de elemento de la imagen (picture element) y es usado para representar las características de color de cada elemento de la imagen. Los pixeles puede llevar mayor o menor detalle dependiendo del perfil escogido:

- Perfil 4:2:2 determina que cada pixel usa 8 bits para representar la luminancia (Y), 4 bits para la Crominancia Roja (Cr) y 4 bits para la Cronimancia Azul (Cb). Esto da un total de 16 bits por pixel.
- Perfil 4:2:0 reserva 8 bits para la Y, 2 bits para Cr y 2 bits para Cb. En este caso cada pixel contiene 12 bits.

El estándar CCIR-601 define el formato D-1 de la siguiente manera:

- 720 pixeles/línea x 480 líneas/cuadro x 29.97 cuadros/segundo para NTSC
- 720 pixeles/línea x 576 líneas/cuadro x 25 cuadros/segundo para PAL

Solamente las líneas activas son consideradas. Las líneas inactivas no son digitalizadas.

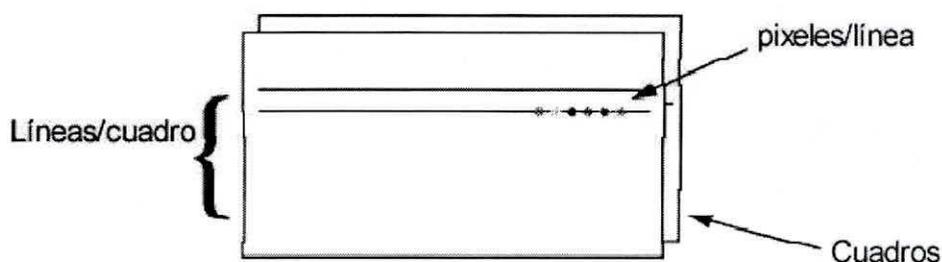


Figura 21. División de un Video

En ambos casos la cantidad de ancho de banda que se necesita para transmitir en D-1 es aproximadamente 166 Mbps (para un perfil 4:2:2) o 124 Mbps (para un perfil 4:2:0).

Esto significa que el almacenamiento de un video digital D-1 requeriría 74.6 GB/hora. Estos valores muestran la importancia de la compresión para hacer la transmisión y almacenamiento del video digital posible en términos prácticos.

Para poder almacenar una cantidad razonable de vídeo en un CD-ROM de 650 MB, la resolución de vídeo debe ser reducido a un cuarto del tamaño del D-1, a un formato con calidad de VHS llamado SIF (Source Input Format). Las imágenes SIF pueden ser fácilmente derivadas de un cuadro D-1 usando filtrado y sub-muestreo. La tasa de bits resultante para los estándares de televisión son:

- 360 píxeles/línea x 240 líneas/cuadro x 29.97 cuadros/segundo para NTSC
- 360 píxeles/línea x 288 líneas/cuadro x 25 cuadros/segundo para PAL

El ancho de banda para transmitir señales de vídeo de televisión usando el formato SIF cae a aproximadamente 31 Mbps.

En la práctica, los codificadores solamente usan múltiplos de 16 bits como la mínima unidad de codificación, también llamada macrobloque. Debido a que la resolución horizontal de 360 píxeles en una imagen SIF no es divisible para 16, se eliminan 4 píxeles a la izquierda y 4 píxeles a la derecha. A esto se deben las especificaciones para formatos de vídeo digital consideren a lo que llaman "*area significativa de píxeles*". Estos valores son 704 píxeles/línea para D-1 y 352 píxeles/línea para el formato SIF.

Otros formatos de vídeo han sido definidos para que sean compatibles con los monitores de las computadoras. Comenzando con monitor VGA, que tiene una matriz de 640x480 píxeles, el formato CIF (Common Intermediate Format) fue

definido como un cuarto de esta resolución VGA o 320x240. La siguiente división del formato CIF es en un factor de cuatro, así obtenemos el QCIF, que significa Quarter-CIF (cuarta parte del CIF) y es usadas en aplicaciones con una calidad de vídeo inferior.

Formatos de resoluciones más altas también han sido creados a partir del formato VGA. Son los llamados Super-VGA o SVGA. En la figura se muestra una comparación entre estos formatos:

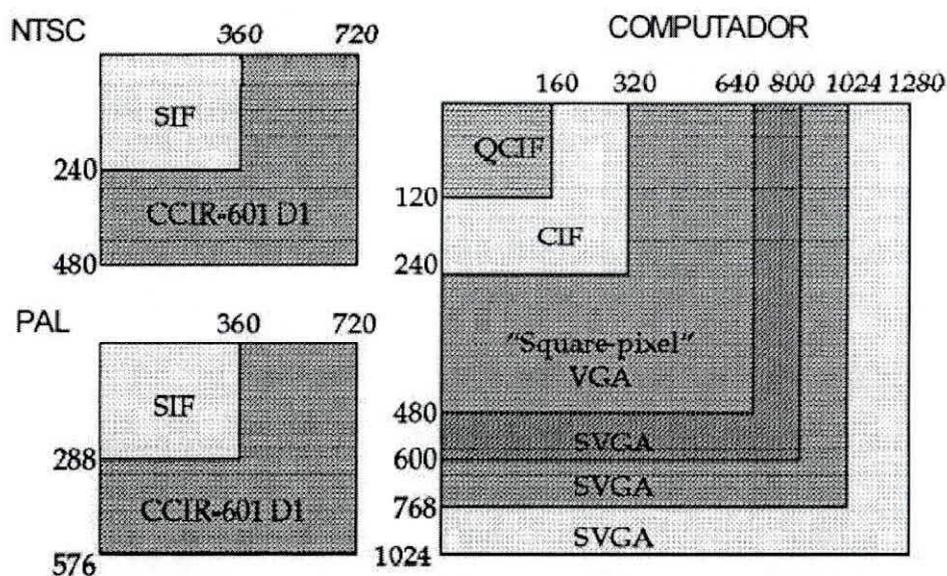


Figura 22. Formatos de Video Digital

2.1.1.4.2 Audio

El audio es digitalizado a una frecuencia de muestreo usando un tamaño de muestra seleccionado. Se pueden alcanzar varios niveles de calidad basándose en el número de muestras por segundo y el número de bits usados para representar cada muestra.

La regla básica para la digitalización del audio está basada en el teorema de Nyquist, el cual determina que la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos el doble de la más alta frecuencia de la señal analógica.

Aquí están algunos ejemplos de sistemas y su correspondiente rango de frecuencias:

- La percepción humana: 20 Hz a 22 KHz
- Transmisión FM; 70 Hz a 15 KHz
- Sistema Telefónico: 1 KHz a 3.5 KHz

Por esto las grabaciones en CD usan muestreos de 44.1 KHz, aproximadamente el doble de la máxima frecuencia a la que responde el oído humano. En telefonía digital, la fidelidad del audio no es tan importante, las señales son muestreadas a 8 KHz. Algunos de los formatos de codificación más usados están listados en la siguiente tabla:

Calidad	Muestras/seg	Bits/muestra	Ancho de banda
<i>Telefonía</i>	8000	8	64 kbps
<i>Audio Digital CD</i>	44100	16 x 2 canales	1.4 mbps
<i>HDTV, DAT</i>	48000	18 x 6 canales	5.1 mbps

Tabla 2. Algunos Formatos de Codificación de Audio (Fuente: IBM Video Network over ATM)

2.1.1.5 Compresión

En años recientes, ha habido un avance significativo en los algoritmos y las arquitecturas para el procesamiento de las señales de audio y vídeo. Uno de los más prometedores prospectos de este progreso es la que tecnología de compresión actual permite que la multimedia, audio y vídeo, se conviertan en otro tipo de dato más. Esto usualmente implica que la información multimedia puede ser codificada digitalmente y así puede ser manipulada, guardada y transmitida junto con otra información digital.

La compresión es un proceso que intenta entregar una representación digital compacta de una señal a la vez que minimiza su tasa de transferencia de datos.

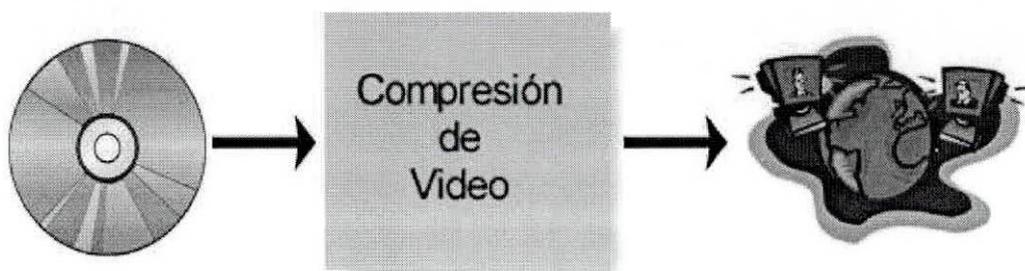


Figura 23. Compresión del Video Digital

Hay muchas aplicaciones que se beneficiarían cuando el audio y el vídeo estén disponibles en un formato comprimido. Sin compresión, la mayoría de estas aplicaciones no sería posible. La creación de estándares para la codificación de los datos entre sistemas y aplicaciones también es algo esencial para promover la interoperabilidad.

Dos importantes esfuerzos de estandarización comenzaron en los años ochenta. Uno es el estándar de para videoconferencia conocido como H.261. El otro vino con el nombre de MPEG (Moving Pictures Experts Group - Grupo de Expertos en Vídeo) de la ISO/IEC para definir un algoritmo de codificación de vídeo para aplicaciones de almacenamiento en medios digitales¹².

A continuación se explican algunos de los más importantes estándares en la compresión de vídeo

2.1.1.5.1 MPEG-1, MPEG-2 y MPEG4

Cuando el comité MPEG comenzó la tarea de especificar una sintaxis para la compresión de vídeo digital, el objetivo era poder enviar vídeo en un disco compacto, tomando en cuenta una tasa de transferencia tan baja como 1.416 Mbps. Sabiendo

que era imposible representar una resolución CCIR 601 (formato D-1) a tasas de datos bajas, el comité del MPEG dio las especificaciones para la resolución de "un cuarto" (formato SIF) como el formato estándar de entrada. Cuando es decodificado, la señal de vídeo SIF es expandida para llenar toda la pantalla de televisión, resultado en una calidad de imagen similar a un vídeo VHS. Además, la codificación de audio fue añadida y el ámbito comprendía la gran mayoría de aplicaciones, desde sistemas multimedia a Vídeo bajo Demanda. Las actividades del JPEG (Joint Photographic Experts Group - Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía) jugaron un papel muy importante en la definición del MPEG.

El primer esfuerzo del MPEG llevó a la consecución del estándar MPEG-1¹³ que fue publicado en 1993 como ISO/IEC 11172. Estaba dividido en tres partes: compresión de audio, compresión de vídeo y un nivel de multiplexación del sistema para aplicaciones que necesitan que el audio y el vídeo se ejecuten con una sincronización precisa. MPEG-1 es usado en variedad de aplicaciones. Tecnologías como CD-I y Vídeo-CD usan MPEG-1 como el algoritmo de compresión para el vídeo y el audio. MPEG-1 fue diseñado para soportar codificación de vídeo hasta 1.5 Mbps con calidad VHS, codificación de audio a 192 kbps/canal (calidad CD estéreo) y está optimizado para señales de vídeo no entrelazadas.

¹² IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation, 1997. IBM. pp 10-15

¹³ Página Web sobre formato MPEG-1: http://www.cs.ucsb.edu/~aduncan/MPEG/MPEG-1_Picts.html

Los fabricantes de equipo para la transmisión de televisión pronto notaron el potencial de la tecnología MPEG para incrementar la eficiencia en los canales transmisiones mediante satélites y redes de TVcable, pero la industria de la difusión televisiva no está limitada hoy en día al ancho de banda de los discos compactos y la resolución VHS ha sido superada. En consecuencia, el comité MPEG desarrolló un segundo estándar, especialmente diseñado para representar vídeo de resolución CCIR-601 (formato D-1) a tasas de datos de 4.0 a 15.0 Mbps.

El segundo esfuerzo del MPEG comenzó en 1990. El principal objetivo era diseñar un estándar de compresión capaz de proveer diferentes calidades dependiendo de la tasa de datos, desde calidad de televisión, a la de un estudio. Este trabajo condujo al estándar MPEG-2¹⁴, que se basa en el MPEG-1 pero es más sofisticado y optimizado para cuadro entrelazados. El estándar MPEG-2 es capaz de codificar las señales de vídeo de un rango de TV estándar a HDTV.

2.1.1.5.1.1 Especificaciones

Cada uno de los dos estándares MPEG-1 y MPEG-2 está dividido en tres secciones: de sistema, de vídeo y de audio. El flujo del sistema controla que los flujos de audio y vídeo se combinen y formen un solo flujo para ser almacenado o transmitido. También provee un mecanismo para la sincronización de audio y vídeo en los decodificadores MPEG.

2.1.1.5.1.2 Estructura del Flujo MPEG-1

En su forma más general un flujo de MPEG-1 esta formado por dos capas. La capa del sistema que contiene información para sincronizar y demultiplexar los flujos de audio y de vídeo. Además, cuenta con una capa de compresión que incluye el vídeo y audio comprimidos.

El demultiplexador del sistema extrae la información de tiempo del flujo de MPEG y la envía a los otros componentes del sistema. El demultiplexador del sistema también demultiplexa los flujos de audio y vídeo y envía cada uno a su decodificador respectivo. El decodificador del vídeo descomprime el flujo de vídeo mientras que el decodificador de audio descomprime el flujo de audio.

2.1.1.5.1.3 Estructura del Flujo MPEG-2

MPEG-2 define dos clases de flujos del sistema: de programa y de transporte. Ambos son flujos multiplexados que consisten de los flujos elementales de vídeo y audio y ambos están subdivididos en paquetes para transmisión.

- Flujo de Programa

El Flujo de Programa es un único flujo resultante de la combinación de uno o más flujos elementales, que comparten un mismo tiempo base. El flujo de programa MPEG-2 es similar al del estándar MPEG1. El flujo de programa esta diseñado para

¹⁴ Página Web sobre MPEG2: http://www.cs.ucsb.edu/~aduncan/MPEG/MPEG-2_Picts.html

ser usado en ambientes relativamente libre de errores como aplicaciones multimedia. Los paquetes en un flujo de programa pueden ser de cualquier longitud.

- Flujo de Transporte

El Flujo de Transporte es un flujo único, resultado de la combinación de dos o más programas en los que un programa es la colección de flujos elementales con un tiempo base común. El flujo de transporte está diseñado para ser usado en aplicaciones de transmisión. Los paquetes del flujo de transporte son de tamaño fijo de 188 bytes. La siguiente figura ilustra como los flujos de transporte son formados:

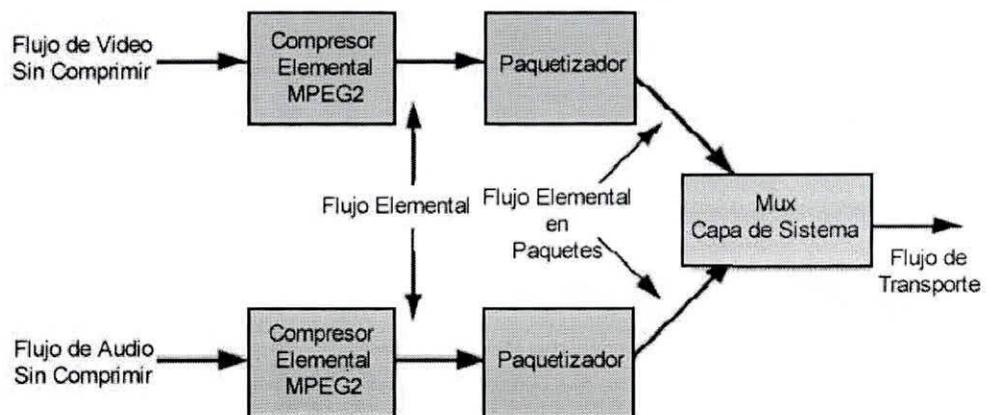


Figura 24. Diagrama de bloques simplificado de un flujo de transporte MPEG2

2.1.1.5.1.4 Flujo de Vídeo

El estándar MPEG-1 y MPEG-2 define una jerarquía en las estructuras de datos dentro del flujo de vídeo como se expone a continuación

- Secuencia de Vídeo

Consiste en un encabezado de secuencia, uno o más grupos de imágenes y un código de fin de secuencia.

- Grupo de Imágenes (GOP - Group of Pictures)

Es una serie de una o más imágenes que se colocan para brindar un acceso aleatorio dentro de la secuencia.

- Imagen (Picture)

La unidad primaria de codificación de una secuencia de vídeo. Una imagen consiste en tres matrices rectangulares que representan un valor de luminancia (Y) y dos de crominancias (CbCr). La matriz Y tiene un número par de filas y columnas. Las matrices Cb y Cr son de la mitad del tamaño de la matriz Y en cada dirección (horizontal y vertical).

- Rebanada (Slice)

Está formada por uno o más macrobloques (ver siguiente punto) consecutivos. El orden de los macrobloques dentro de una rebanada se toma de izquierda a derecha y de arriba abajo (Ver Figura 25). Las rebanadas son importantes para el manejo de errores. Si el flujo de bits contiene un error, el decodificador puede saltar al comienzo de la siguiente rebanada. Teniendo mas rebanadas en el flujo de bits permite una mejor cancelación de errores pero se usan bits que podrían ser usados para mejorar la calidad de la imagen.

- Macrobloque (Macroblock)

La unidad básica de codificación en el algoritmo MPEG. Es un segmento de 16x16 píxeles en un cuadro. Debido a que cada componente de crominancia tiene la mitad de resolución vertical y horizontal que el componente de luminancia, un macrobloque consiste en cuatro bloques Y, un bloque Cr y un bloque Cb.

- Bloque

Es la unidad más pequeña de codificación en el algoritmo MPEG. Consiste en un grupo de 8x8 píxeles y puede ser de tres tipos: luminancia (Y), crominancia Roja (Cr) o crominancia Azul (Cb). El bloque es la unidad básica de codificación interna del cuadro.

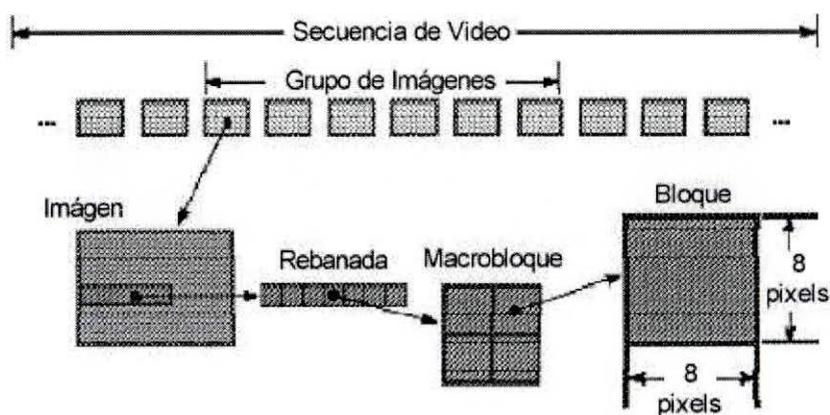


Figura 25. Secuencia de Video MPEG2

2.1.1.5.1.5 Redundancia de Información

Mucha de la información en una imagen dentro de una secuencia de vídeo es similar a la información en la anterior o siguiente imagen. Los estándares MPEG-1 y MPEG-2 toman ventaja de esta redundancia para representar algunas imágenes en función de sus diferencias con una imagen de referencia.

Los tipos de redundancia que son explotados en el MPEG-2 son:

- Redundancia Espacial

Grandes áreas con información similar dentro de un cuadro o imagen. En la figura 26 se muestra un ejemplo de un gran rectángulo que aparece en un cuadro específico. Esta área puede ser comprimida independientemente de cualquier otro cuadro.

- Redundancia Temporal

Información similar en diferentes cuadros o imágenes. En la figura 26 se muestra que la posición de la una profesora cambia de un cuadro a otro, pero la su forma permanece igual. Este tipo de información también puede ser usada para compresión.

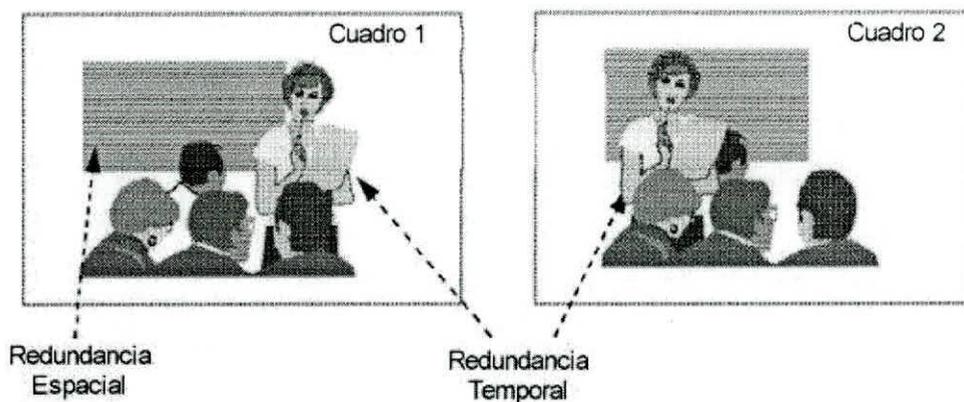


Figura 26. Redundancia Espacial y Temporal

MPEG-2 utiliza la Transformada Discreta del Coseno (DCT - Discrete Cosine Transform)¹⁵ y codifica usando entropía para las redundancias espaciales (dentro del mismo cuadro) y la compensación del movimiento y estimación del movimiento para las redundancias temporales (entre varios cuadros).

2.1.1.5.1.6 Tipos de Imágenes

El estándar MPEG específicamente define tres tipos de imágenes:

1. Intra-Imágenes (I-pictures)
2. Imágenes Predecidas (P-pictures)
3. Imágenes Bidireccionales (B-pictures)

Estos tres tipos de imágenes se combinan para formar un grupo de imágenes (GOP) como se muestra en la figura 27:

¹⁵ IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation, 1997. IBM. p 15

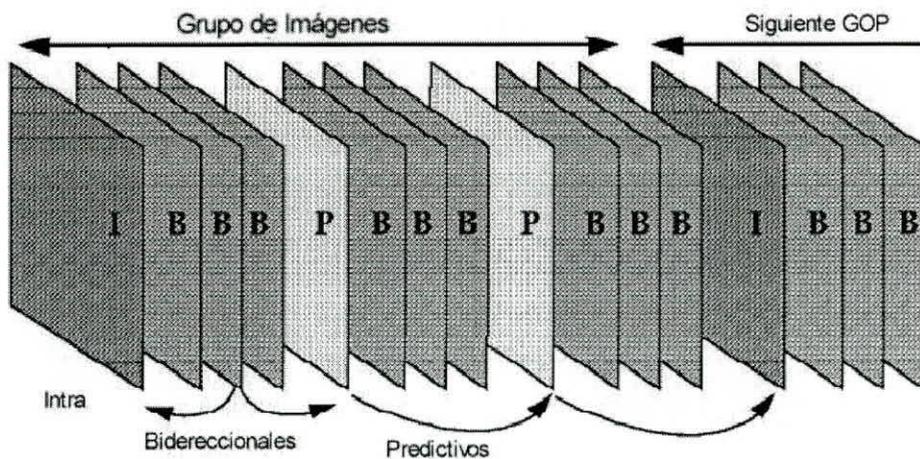


Figura 27. Grupo de Imágenes (GOP)

- Intra-Imágenes

Las Intra-Imágenes o I-pictures, son codificadas usando solo la información presente en el cuadro mismo y no depende de otro cuadro para que la imagen sea reconstruída. Explota solamente la redundancia espacial para comprimir la información dentro de cada cuadro y provee una compresión moderada. Típicamente usa 2 bits por pixel codificado.

- Imágenes Predecidas

Las Imágenes Predecidas o P-pictures, están codificadas con respecto a la Imágen I o P anterior y explota la redundancia espacial y temporal para comprimir el cuadro de vídeo. Un cuadro ancla debe ser referenciado para lograr reconstruir la

imagen, y la referencia está siempre hecha a cuadros anteriores. Esta técnica se llama predicción adelantada (forward prediction). Tal como las Intra-Imágenes, las Imágenes Predecidas pueden también servir como referencia para la predicción de Imágenes Bidireccionales y futuras Imágenes Predecidas. Más aún, las Imágenes Predecidas puede usar compensación de movimiento para proveer mucha más compresión que la lograda con las Intra-Imágenes.

- Imágenes Bidireccionales

Las Imágenes Bidireccionales, o B-pictures, son imágenes que usan referencia a imágenes pasadas y futuras. Esta técnica es llamada predicción bidireccional. Las Imágenes Bidireccionales proveen la mayor compresión. No obstante requiere mayor tiempo de cómputo.

Como un ejemplo la siguiente figura muestra como las imágenes pueden ser “escaneadas” buscando bloques similares en cuadros diferentes. El espacio de búsqueda define la extensión de la búsqueda para hallar bloques similares. Mientras mayor sea el espacio de búsqueda mayores son las posibilidades de encontrar un bloque similar, pero así también aumentan el tiempo de procesamiento y la memoria requerida

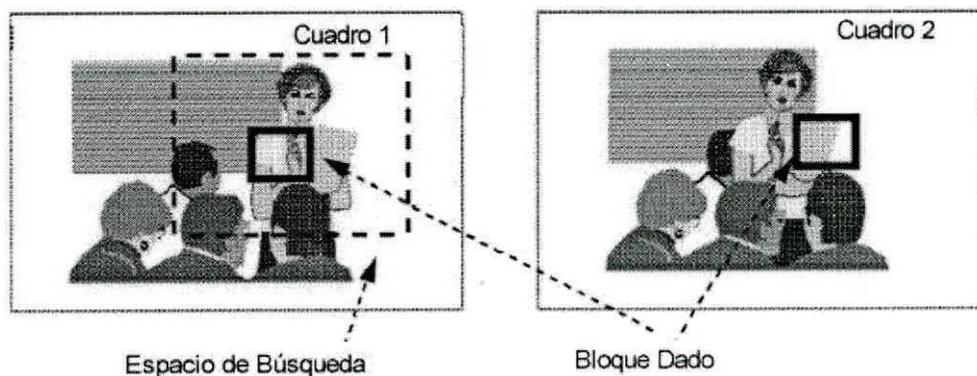


Figura 28. Espacio de Búsqueda

Las Imágenes Predecidas (P) solo pueden buscar bloques en cuadros pasados mientras que las Imágenes Bidireccionales buscan en cuadros pasados y futuros.

2.1.1.5.1.7 Sincronización

El estándar MPEG provee un mecanismo temporizador que asegura la sincronización del audio y del vídeo.

El estándar MPEG-1 define dos parámetros usados por el decodificador: el reloj de referencia del sistema (SCR - system clock reference) y el sellado del tiempo de presentación (PTS - presentation timestamp).

El estándar MPEG-2 añade un reloj de referencia del programa (PCR - program clock reference) y también provee el SCR y el PCR con una resolución de 27 MHz.

- Reloj de Referencia del Sistema

Un SCR es una instantánea de reloj del sistema codificador. Los SCR usados por los decodificadores de audio y vídeo deben tener aproximadamente el mismo valor. Para mantener los valores en concordancia, los SCR son insertados dentro del flujo MPEG cada 0.7 segundos (mínimo) por el codificador MPEG, luego son extraídos por el sistema decodificador y enviados a los decodificadores de audio y vídeo. Estos decodificadores refrescan sus relojes internos usando el valor del SCR enviado por el decodificador del sistema.

- Sellado de Tiempo de Presentación

Los PTS son muestras del reloj del sistema codificador que están asociadas con alguna unidad de presentación de audio o vídeo. Una unidad de presentación es una imagen de vídeo decodificada o una secuencia de audio decodificada. El codificador inserta los PTS dentro del flujo MPEG cada 0.7 segundos (mínimo). El PTS representa el momento en que una imagen de vídeo debe ser mostrada o comienza la reproducción de una secuencia de audio. El decodificador de vídeo puede eliminar o repetir una imagen para asegurarse que el PTS concuerda con el valor actual del SCR cuando una imagen con PTS es mostrada. Si el PTS tiene un menor valor, que el SCR actual, el decodificador de vídeo desecha la imagen. Si el PTS es mayor que el SCR actual, el decodificador repite de nuevo la imagen.

- Reloj de Referencia del Programa

Los PCR son usados solo en MPEG-2. Los PCR son usados por el flujo de transporte de la misma manera que los SCR son usados en el flujo del sistema MPEG-1. Debido a que cada programa puede tener su propio tiempo base, un flujo de transporte que contiene múltiples programas tiene un campo PCR separado para cada programa.

2.1.1.5.1.8 Vídeo Entrelazado

El estándar MPEG-2 soporta dos tipos de métodos de barrido: uno es el barrido progresivo y el otro es el barrido entrelazado. El barrido entrelazado “escanea” las líneas impares de los cuadros como un campo (campo impar), y las líneas pares en otro campo (campo par). El barrido progresivo escanea las líneas consecutivas en orden secuencial.

Una secuencia de vídeo entrelazado usa una de dos estructuras de imágenes: estructuras de cuadro o estructuras de campo. En las estructuras de cuadro, las líneas de dos campos (par e impar) se alternan y los dos campos son codificados juntos como un cuadro. Un encabezamiento de imagen es usado por dos campos. En la estructura de campo, los dos campos de un cuadro pueden ser codificados independientemente el uno del otro, y el campo impar es seguido por un campo par. Cada uno de los dos campos tiene su encabezamiento.

La secuencia de vídeo entrelazado puede cambiar entre estructuras de cuadro o de campo en una base cuadro por cuadro. En cambio, cada imagen en una secuencia de vídeo progresivo es una imagen de cuadro.

2.1.1.5.1.9 Perfiles y Niveles

MPEG-2 está diseñado para soportar un gran rango de aplicaciones y servicios de tasa de datos, resolución y calidad variables. El estándar MPEG-2 define cuatro perfiles y cuatro niveles para asegurar la interoperabilidad entre estas aplicaciones.

Nivel	Max. Resolución x fps	Píxeles/seg.	Max. Tasa de Datos	Calidad
Bajo	352 x 288 x 30	3.05 M	4 Mbps	SIF, VHS
Principal	720 x 576 x 30	10.40 M	15 Mbps	CCIR-601, estudio de TV
Alto – 1440	1550 x 1152 x 30	47.00 M	60 Mbps	4xCCIR-601, HDTV
Alto	1920 x 1152 x 30	62.70 M	80 Mbps	SMPTE 240, sistema de producción de vídeo.

Tabla 3. Niveles del Formato MPEG2(Fuente: Página Web:

Perfil	Comentario
Simple	Codifica Imágenes I y P. Usa macrobloques 4:2:0
Principal	Codifica Imágenes I, P y B. Usa macrobloques 4:2:0
Principal +	Equivalente a Principal, con Escalabilidad Espacial y SNR
Siguiente	Equivalente a Principal +, con macrobloques 4:2:2

Tabla 4. Perfiles del Formato MPEG2

2.1.1.5.1.10 Comparación entre MPEG-1 y MPEG-2

Cada uno de estos algoritmos (MPEG-1 y MPEG-2) tienen como nicho diferentes tasas de transferencia de datos. Con MPEG2 a tasas mucho mayores que el MPEG1.

La diferencia esencial entre el vídeo MPEG-2 y el MPEG-1 es la incorporación de la predicción del movimiento basado en campos. La figura 29 muestra los nichos de cada uno de los mecanismos de compresión:

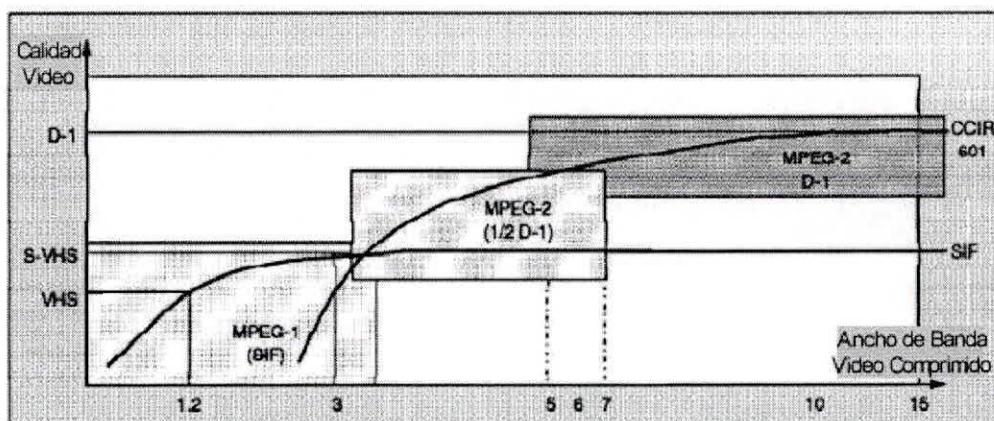


Figura 29. Ancho de Banda vs. Calidad de Vídeo para estándar MPEG 1 y 2.

La curva del CCIR-601 corresponde a comprimir el vídeo a la resolución completa de la entrada (formato D-1: 720 x 576 para PAL). A medida que la tasa de datos se reduce para esta curva, la calidad del vídeo de salida gradualmente se reduce hasta que en algún lugar bajo los 5 Mbps cae en forma rápida.

Al contrario la curva que representa el formato SIF es incapaz de proveer una calidad igual a tasas de datos más altas, pero cuando la tasa cae bajo los 3.5 Mbps, tiene un mejor rendimiento que la curva de CCIR-601. El SIF es un formato de resolución reducida (360 x 288 para PAL).

A pesar de que MPEG-1 puede correr a altas tasas de datos y a una resolución completa de CCIR-601, este siempre procesa cuadros y no campos. Esto limita sustancialmente la calidad que se puede obtener a tasa de datos altas (sobre 5 Mbps) y empujó el desarrollo del MPEG-2 destinado a proveer mayor capacidad y mejor calidad en la imagen. El MPEG-2 necesita correr a altas tasas de datos y con una entrada de vídeo entrelazada. Cuando MPEG-2 corre a una menor tasa de bits y con una resolución reducida (SIF), el gran costo adicional y la complejidad del un codificador MPEG-2 es desperdiciada, debido a que no produce una mejor calidad de vídeo de salida que un codificador MPEG-1 SIF.

La figura 29 muestra las mejores elecciones:

- Bajo 3.5 Mbps - MPEG-1 a una resolución SIF
- Sobre 5 Mbps - MPEG-2 a una resolución CCIR-601

2.1.1.5.1.11 Compresión de Audio

El audio es una parte integral de cualquier vídeo o aplicación multimedia y puede consumir una porción considerable del ancho de banda total.

Asumiendo que el audio digital es codificado según las normas de la industria, la tasa de datos para una calidad de CD estéreo está cerca de los 1.4 Mbps y un segmento de audio estéreo de 10 minutos requiere aproximadamente 105 Mb de almacenamiento. Esto indica que el almacenamiento y transmisión eficientes del audio necesitan alguna forma de compresión. Uno de las principales técnicas para comprimir audio de alta fidelidad es el estándar MPEG para audio.

El algoritmo MPEG para la compresión de audio es parte del estándar MPEG-1 que esta dirigido no solo a la compresión de vídeo y audio sino también a su sincronización. Se puede aplicar a flujos que combinen audio y vídeo o solamente a flujos de audio. Esta técnica puede logra calidad de CD a 128 kbps por canal de audio (compresión 5.5:1) o hasta 32 kbps para un solo canal. A este formato se lo conoce en la industria como MPEG de capa 3 o MP3.

Actualmente, en la ITU, un estándar de videoconferencia llamado H.324 esta siendo desarrollado para tasas de datos menores que 64 kbps. Un método de codificación de habla, llamado G.723 ha sido propuesto como parte del estándar H.324. El modo de 6.3 kbps del G.723 provee una calidad de habla equivalente al modo de 32 kbps del estándar G.726¹⁶.

Con MPEG, el audio es comprimido suprimiendo los silencios, parecidos entre los dos canales estéreo y la reducción de la fidelidad del audio.

Modelos psico-acústicos son usados para detectar patrones de sonido que están normalmente enmascarados por otros sonidos. Estos son eliminados durante la compresión.

La compresión de audio define un cierta tasa de bits para el material comprimido. Típicamente son 92, 192, 256 y 384 kbps. Tasas de 256 kbps y superiores proveen calidad de CD.

El estándar MPEG-2 de compresión de audio es una extensión del de MPEG-1 con las siguientes características añadidas:

¹⁶ Página Web sobre el formato G.723: <http://www-d.connect.ti.com/dsp/tpcat/tpcodec.nsf/>

- Entrada multicanal

MPEG-2 soporta hasta 5 canales de audio de alta fidelidad más un canal de mejora de baja frecuencia. Esto se ajusta para la compresión de audio en HDTV o películas digitales.

- Menores tasas de bits.

Las tasas de bits al comprimirse bajan hasta 8 kbps.

- Soporte para Audio en varios idiomas

Son soportados hasta 8 canales de comentarios.

- Tasas de Muestreo Adicionales

Además de las tasas de muestreo originales de 32, 44.1 y 48 KHz, MPEG-2 da cabido a tasas de muestreo de 16, 22.05 y 24 KHz.

Los decodificadores de audio MPEG-2 pueden descomprimir flujos de audio MPEG-1 y los decodificadores MPEG-1 pueden descomprimir los dos canales principales de flujos de audio MPEG-2.

2.1.1.5.1.9 MPEG-4

El estándar MPEG-4, todavía en desarrollo, provee un conjunto de tecnologías para satisfacer las necesidades los autores, proveedores de servicio y usuarios finales¹⁷:

- Para los autores, MPEG4 permitirá la producción de contenido que será reusable, tendrá mayor flexibilidad de la que es posible hoy en día con tecnologías individuales tales como la televisión digital, los gráficos animados, páginas WWW y sus extensiones. También será posible un mejor manejo y protección de los derechos de copia.
- Para los proveedores de servicio Internet, el MPEG4 ofrece información transparente que puede ser interpretada y traducida en mensajes nativos apropiados para cada tipo de red. La única salvedad es el parámetro de QoS, para el cual MPEG4 proveerá un valor genérico dependiendo del contenido que se transmite. El mapeo exacto de este parámetro a las redes existentes está fuera del alcance del MPEG4 y debe ser definido por los proveedores de equipo de red. La comunicación de la información de la QoS de fin a fin, permitirá una mejora del transporte en redes heterogéneas.
- Para los usuarios finales, el MPEG4 permitirá mayores niveles de interacción con el contenido, dentro de los límites definidos por el autor, evitando el riesgo de formatos y ejecutantes propietarios.

¹⁷ Página Web sobre MPEG4: <http://drogo.cselst.stet.it/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>

MPEG4 logra estos objetivos proveyendo formas estandarizadas de:

1. Representar unidades de contenido visual o audiovisual, llamados Objetos AudioVisuales (AVO - Audio/Visual Objects). En su forma más básica se los llama AVO primitivo.
2. Colocar juntos esos objetos para crear objetos audiovisuales compuestos que forman escenas audiovisuales.
3. Multiplexar y sincronizar los datos asociados con los AVO, de tal manera que puedan ser transportados a través de los canales de la red provistos de una QoS apropiada para la naturaleza específica del AVO.
4. Interactuar con la escena audiovisual generada en el receptor.

Las escenas audiovisuales son compuestas por algunos AVO organizados en de una manera jerárquica. En las hojas de esta jerarquía encontramos los AVO primitivos tales como:

- fondo fijo bidimensional
- La figura de la persona hablando (sin el fondo)
- La voz asociada con la persona

MPEG4 estandariza el número de estos AVO primitivos, capaz de representar tipos de contenido natural y sintético, los cuales pueden ser bi o tridimensionales. Además de los AVO mencionados MPEG4 define la representación codificada de objetos como:

- Texto y Gráficos
- "Cabezas Parlantes" y el texto asociado para ser usado por el receptor y luego sintetizado en habla y la cabeza en movimiento.
- Cuerpos humanos en movimiento

En su forma codificada, estos objetos son representados tan eficientemente como sea posible. Esto significa que los bits usados para codificar estos objetos no son más de los necesarios para soportar las funciones deseadas.

La figura 30 muestra como una escena audiovisual en MPEG4 esta compuesta de objetos individuales. Esta figura contiene AVOs compuestos que agrupan varios AVOs elementales. Un ejemplo de esto es la correspondencia del objeto visual de la persona que habla con su correspondiente voz en una sola capa para formar un nuevo AVO compuesto, conteniendo el componente auditivo y el visual de la persona hablando. Estas agrupaciones permiten a los autores construir escenas más complejas y permitir a los usuarios manipular estos objetos.

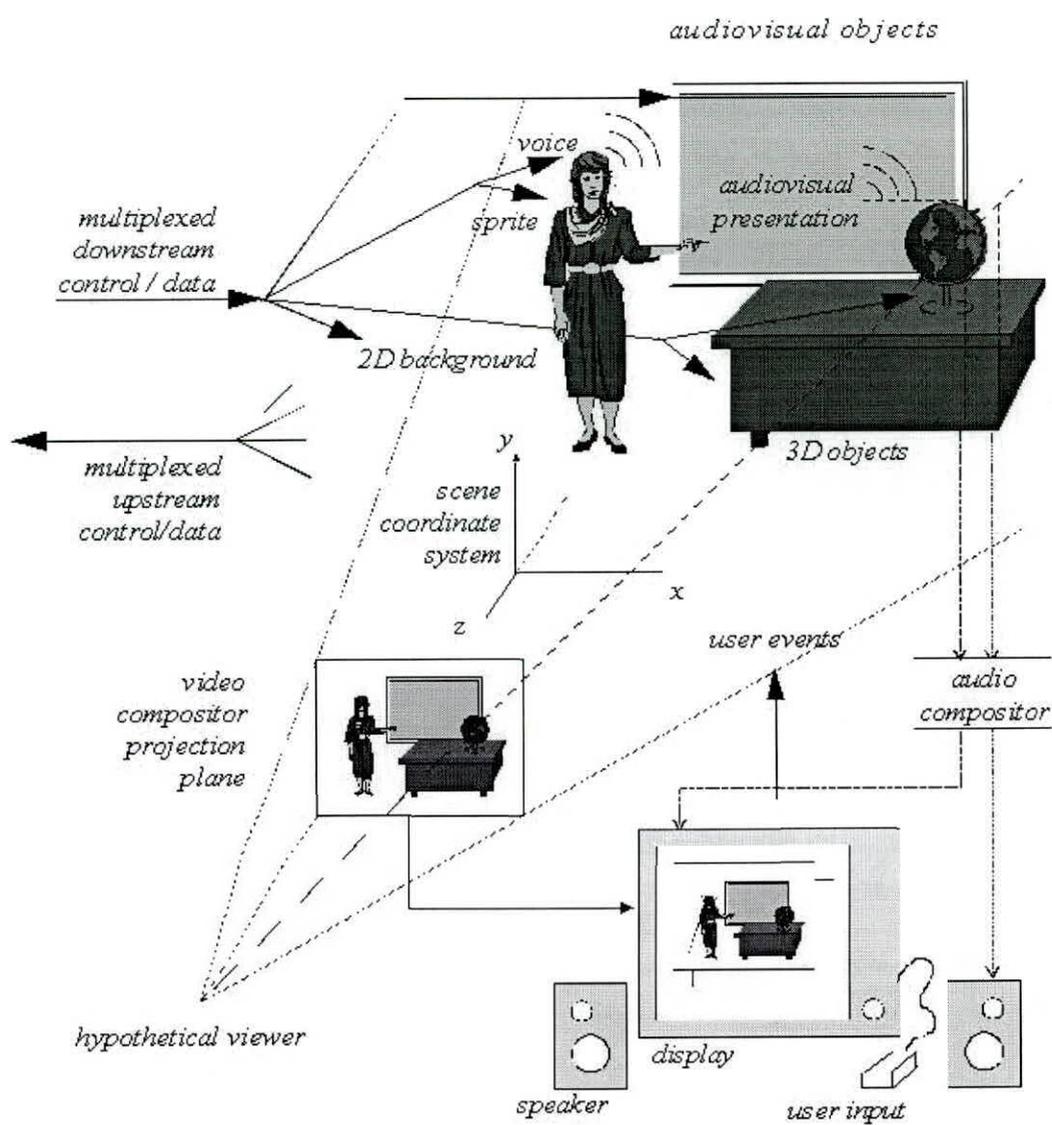


Figura 30. Un ejemplo de una escena audiovisual MPEG4

MPEG4 provee maneras estandarizadas de componer una escena, permitiendo por ejemplo:

- Colorear AVOs en cualquier parte en un sistema dado de coordenadas
- Agrupar AVOs primitivos para formar AVOs compuestos
- Aplicar flujos de datos a los AVOs para modificar sus atributos (ej: una textura en movimiento perteneciente a un objeto, animar una cabeza moviéndose enviando parámetros de animación).
- Cambiar, interactivamente, el punto de vista y escucha del usuario a cualquier lugar de la escena.

La composición de la escena toma muchos conceptos del VRML en términos de estructura y funcionalidad de los objetos.

2.1.1.5.2 Estándares H.261 y H.263

2.1.1.5.2.1 H.261

El H.261 es un estándar de codificación de vídeo publicado por la ITU en 1990¹⁸. Este fue diseñado para tasas de datos que fueran múltiplos de 64 Kbit/s, y por eso es llamado “p x 64 Kbit/s” (p significa cualquier número entero que puede ir en un rango de 1 a 30). Estas tasas de datos son aplicables a líneas ISDN, para las cuales fue diseñado este método de compresión. El H.261 es actualmente el estándar de compresión de vídeo más utilizado internacionalmente para videoconferencia en

¹⁸ Página Web sobre H.261: <http://www.ee.ethz.ch/~rmprince/h261.html>

líneas ISDN. El estándar describe los métodos para la codificación y decodificación de vídeo en servicios multimedia.

El codificador opera solo en cuadros no entrelazados. Las imágenes son codificadas por la luminancia y dos componentes de crominancia (Y, Cb, CR). Las matrices Cb y Cr son un cuarto el tamaño de la matriz Y. El H.261 soporta dos resoluciones de imagen, QCIF, que consiste en 144x176 pixeles y, opcionalmente, CIF que consiste en 288x352 pixeles.

Formato del Vídeo	Píxeles de Luminancia	Líneas de Luminancia	Tasa de Datos sin Comprimir			
			10 cuadros/s		30 cuadros/s	
			B y N	Color	B y N	Color
QCIF	176	144	2.0	3.0	6.1	9.1
CIF	352	288	8.1	12.2	24.3	36.5

Tabla 5. Formatos del Codificador H.261

Los principales elementos de que se conforma el codificador son:

- **Predicción:** El H.261 define dos tipos de codificación, codificación interna donde los bloques de 8x8 píxeles son codificados solamente con referencia a si mismos y no son enviados directamente al proceso de transformación del bloque. Por otra parte la codificación externa comprime el cuadro con respecto a otro cuadro de referencia. El error de predicción es calculado entre una región de 16x16 píxeles

(macrobloque) y el correspondiente macrobloque recuperado en el cuadro anterior. El error de predicción de los bloques transmitidos es entonces enviado al proceso de transformación del bloque. El H.261 soporta compensación de movimiento como una opción del codificador. En la compensación de movimiento, una área en el cuadro anterior es buscado para determinar el mejor macrobloque de referencia. Ambos, la predicción del error y los vectores de movimiento, que especifican el valor y direcciones de desplazamiento entre el macrobloque codificado y la referencia escogida son enviados. Ni el área de búsqueda ni como se calculan los vectores de movimiento están sujetos a la estandarización. De todas maneras, tanto los componentes horizontales como verticales del vector deben tener valores enteros en el rango de +15 a -15.

- Transformación de Bloque: En la transformación de bloque, los cuadros codificados internamente como también los errores de predicción son unidos para formar un bloque de 8x8. Cada bloque es procesado por una función de dos dimensiones de la Transformada Discreta del Coseno por Avance (FDCT - Forward Discrete Cosine Transform)¹⁹.
- Cuantización: El propósito de este paso es lograr compresión futura por medio de la representación de los coeficientes DCT sin la gran precisión que es necesaria para lograr la calidad deseada.

¹⁹ Página Web sobre H.263: <http://www.ee.ethz.ch/~rmprince/h263.html>

- Codificación de Entropía: Aquí se logra una compresión extra por medio de la asignación de palabras de codificación más cortas a eventos frecuentes y palabras de codificación más largas a eventos menos frecuentes.

- Multiplexamiento: La multiplexación de vídeo estructura la compresión de datos en un flujo de bits jerárquico que puede ser interpretado universalmente. La jerarquía tiene cuatro capas:
 - Capa de Imágen: Corresponde a un cuadro
 - Grupo de Bloques: Corresponde a 1/12 de CIF o a 1/3 de QCIF
 - Macrobloques: Corresponde a 16x16 píxeles de luminancia y dos matrices 8x8 para los componentes de crominancia.
 - Bloques: corresponde a 8x8 píxeles

A pesar de que el H.261, es uno de los métodos de compresión más utilizados para videoconferencia, tiene sus limitaciones y no puede ser escalable a otro tipo de requerimientos. Es por esto que este estándar está siendo poco a poco abandonado a favor de uno nuevo, el H.263

2.1.1.5.2.2 H.263

El H.263 es un estándar provisional de la ITU-T, publicado en 1995²⁰. Fue diseñado originalmente para trabajar con bajas tasa de bits, pero últimamente esta limitación fue removida. Este estándar puede ser usado en amplio rango de tasa de datos. Se espera que el H.263 reemplace al H.261 en muchas aplicaciones.

El H.263 es uno de los mejores métodos disponibles hoy en día en lo que a eficiencia de compresión de vídeo se refiere. El sistema de codificación del H.262 es similar al usado por el H.261 sin embargo este implementa mejoras y cambios al desempeño y a la recuperación de errores.

Formato del Vídeo	Píxeles de Luminancia	Líneas de Luminancia	Tasa de Datos sin Comprimir			
			10 cuadros/s		30 cuadros/s	
			B y N	Color	B y N	Color
SQCIF	128	96	1.0	1.5	3.0	4.4
QCIF	176	144	2.0	3.0	6.1	9.1
CIF	352	288	8.1	12.2	24.3	36.5
4CIF	704	576	32.4	48.7	97.3	146.0
16CIF	1408	1152	129.9	194.6	389.3	583.9

Tabla 6. Formatos del Codificador H.263

²⁰ Página Web sobre H.263: <http://www.ee.ethz.ch/~rmprince/h263.html>

Las diferencias entre los algoritmos de codificación H.261 y H.263

- En el H.263 se usa una precisión de píxeles reducida a la mitad con respecto al H.261 que usa precisión completa.
- Algunas partes de la estructura jerárquica del flujo de datos del H.263 son ahora opcionales, de tal manera que el codificador puede ser configurado para menores tasas de datos o una mejor recuperación de errores.
- Hay cuatro opciones negociables incluidas en el H.263 para mejorar el desempeño: Vectores de Movimiento no Restringidos, Codificación Aritmética Basada en Sintaxis, Predicción Avanzada y predicción pasada y futura similar a lo que en MPEG se llama cuadros P y B. Cuando se usan las opciones avanzadas en H.263 se puede obtener la misma calidad que el H.261 utilizando la mitad del ancho de banda.
- El H.263 soporta cinco resoluciones. Además del QCIF y del CIF que soporta el H.261, están el SQCIF, 4CIF y 16CIF. El SQCIF es aproximadamente la mitad de la resolución del QCIF. El 4CIF y el 16CIF son respectivamente 4 y 16 veces la resolución del CIF. Soportar el 4CIF y 16CIF significa que el codificador puede competir con otros codificadores de vídeo de alta tasa de datos como los MPEG.

Las cuatro opciones negociables incluidas para mejorar el desempeño se describen a continuación:

1. Modo de Vector de Movimiento no Restringido

En este modo se permite que los vectores de movimiento apunten fuera del cuadro. Los pixeles del borde son usados para predecir los pixeles "no existentes". Con este modo se obtiene una ganancia significativa si hay movimiento en el borde de las imágenes, especialmente para formatos de cuadro pequeños. Adicionalmente, este modo incluye una extensión del rango de los vectores de movimiento de tal manera que vectores más largos pueden ser usados. Esto es especialmente útil en caso de movimientos de cámara.

2. Modo de Predicción Avanzada

Esta opción permite que bloques sobrepuestos de compensación de movimiento sean usados por los cuadros P. Cuatro vectores de 8x8 en vez de uno de 16x16 son usados por algunos de los macrobloques en el cuadro y se permite que los vectores de movimiento apunten fuera del cuadro como en el modo anterior. El codificador tiene que decidir cual tipo de vectores usar. Cuatro vectores usan más bits, pero dan una mejor predicción. El uso de este modo generalmente entrega una mejora considerable, especialmente en la apreciación subjetiva porque reduce los pequeños cuadrados que deforman la imagen.

3. Modo de Codificación Aritmética basada en Sintaxis

En este modo la codificación aritmética es usada en vez de la codificación VLC. El SNR y los cuadros reconstruidos siguen siendo los mismos, pero generalmente menos bits son producidos. Esta ganancia depende de la secuencia, la tasa de datos y otras opciones usadas, con un promedio de aproximadamente 10%.

4. Modo de Cuadros PB

Un cuadro PB consiste en dos imágenes que se codifican como una sola unidad. El nombre PB proviene del nombre de los tipos de cuadro en MPEG donde hay cuadros P y cuadros B. Así un cuadro PB consiste en un cuadro P que es predicho a partir del último cuadro P decodificado y un cuadro B que es predicho de ambos, el último cuadro P y el cuadro P que está siendo decodificado. Este último cuadro llamado cuadro B, debido a que partes de él son bidireccionalmente predichas del pasado y del futuro cuadro P. Para secuencias relativamente sencillas, los cuadros por segundo pueden ser duplicados sin incrementar mucho la tasa de datos. Para secuencias con mucho movimiento, los cuadros PB no funcionan tan bien como los cuadros B del MPEG. La ventaja sobre MPEG es que existe mucho menos sobrecarga para secuencias a baja tasa de bits que son las que se tienen de aplicaciones de teleconferencia.

Estas opciones son negociables, esto significa que el decodificador indica al codificador cuales de estas opciones tiene la capacidad de decodificar. Si el

codificador tiene estas opciones, este puede encenderlas y por cada una de las opciones usadas la calidad del vídeo decodificado aumentará.

2.1.1.6 Vídeo sobre ATM

Debido a que la arquitectura ATM fue diseñada para hacer posible la transmisión de información multimedia en tiempo real, ya sea sobre una LAN o sobre una WAN, es lógico pensar que esta red brindará muchas más facilidades y funcionalidad que cualquier otra para la transmisión de video.

Gracias a que ATM implementa la Calidad de Servicio (QoS – Quality of Service), el usuario puede reservar un ancho de banda determinado para la transmisión del vídeo sobre la red, sin que este afecte a los demás tráficos presentes en ella (datos, audio, videoconferencia, entre otros).

ATM también ofrece varios servicios de transporte, que se utilizan dependiendo de la naturaleza del vídeo y de los mecanismos de compresión utilizados. Estos servicios, en el mundo ATM, se denominan capas de adaptación (AAL - ATM Adaptation Layer) y son responsables de volver transparente el comportamiento de la red a las aplicaciones. Esta se subdivide en dos sub-capas: La de Segmentación y Reconstrucción (SAR - Segmentation and Reassembly) y la Convergencia de Subcapas (CS - Convergence Sublayers). La SAR es responsable por la

segmentación de las Unidades de Datos de los Protocolos (PDU - Protocol Data Units) en celdas ATM y la reconstrucción de las celdas ATM en PDU.

Hay cuatro tipos de capas de adaptación actualmente definidas para redes ATM: AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5. Cada una está diseñada para soportar tráfico de servicios específicos y tienen diferente funcionalidad. La selección de una capa de adaptación apropiada para el transporte de vídeo sobre ATM necesita tomar en cuenta los requerimientos específicos del flujo de datos que genere el codificador de vídeo (H.261, H.263, MPEG, etc), como remoción del "jitter", detección y/o corrección de errores, minimización de la demora de fin a fin para aplicaciones de tiempo real y el soporte de tasa de bits constante (CBR - Constant Bit Rate) y tasa de bits variable (VBR - Variable Bit Rate).

2.1.1.6.1 Transporte sobre AAL1

La AAL1 fue diseñada para soportar emulación de circuitos sobre redes ATM. Es ideal para el transporte de tráfico de CBR debido a que provee una demora constante a través de la red usando mecanismos anti-jittering en el punto de destino. AAL1 también ofrece la opción de Corrección Adelantada de Errores (FEC - Forward Error Correction) que puede ocultar a las aplicaciones los efectos de la pérdida de celdas en la red.

Como se observa en la figura 31 el paquete del flujo de transporte MPEG2 se transforma limpiamente en 4 celdas AAL1. Una de las mayores ventajas del AAL1

sobre el AAL5 es que fue diseñado para aplicaciones en tiempo real. La mayor desventaja del AAL1 es que solo soporta CBR. Las futuras aplicaciones de vídeo probablemente tomarán ventaja de una transmisión de tasa de datos variable. La AAL1 también necesitará ser soportada en las terminales finales además de la funcionalidad AAL5.

El AAL1 es el medio a escoger para compresores como el H.261 o el H.263 que producen un flujo de datos que es múltiplo de 64kbps.

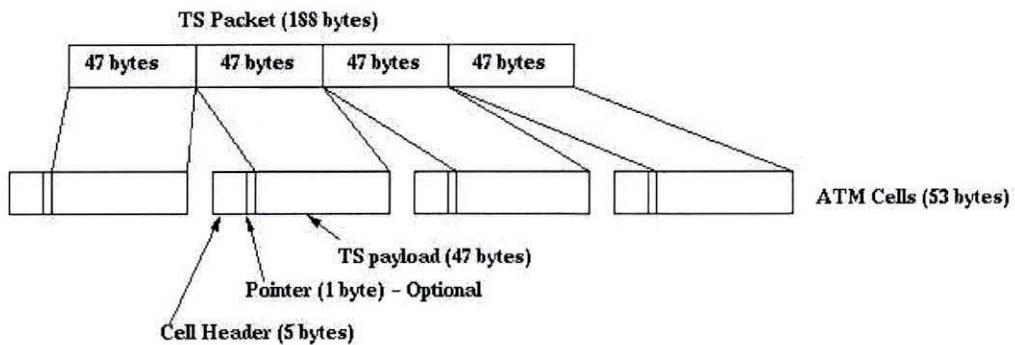


Figura 31. Formato del Paquete para AAL1

2.1.1.6.2 Transporte sobre AAL5

La AAL5 fue diseñada para transportar tráfico de datos y no elementos en tiempo real. Los errores en la transmisión de datos pueden ser detectados pero no corregidos. Actualmente la AAL5 es la capa de adaptación más comúnmente usada en la industria.

La figura 32 muestra como se transforma el paquete del flujo del transporte de MPEG2 dentro de los PDU del AAL5. Dos paquetes de vídeo son transformados exactamente a 8 celdas ATM. Una de las mayores desventajas de usar la AAL5 es su falta de un mecanismo para la sincronización ya que no fue diseñada para aplicaciones en tiempo real. Por otra parte una de sus mayores ventajas es la económica, debido a que las aplicaciones de vídeo requieren capacidad de señalización, la AAL5 estará implementada en el equipo ATM. Hay dos grandes categorías de vídeo que puede ser transmitido sobre ATM usando AAL5: vídeo que está siendo transmitido sobre redes heterogeneas como por ejemplo vídeo enviado en paquetes IP sobre el ATM y que pueden estar codificados en formatos propietarios (AVI, QuicTime, etc). La AAL5 no garantiza una QoS para esta clase de vídeo. La segunda clase de vídeo puede ser de tasa de datos variable (VBR) que es nativa de la red ATM. Este vídeo puede beneficiarse de las garantías en cuanto a QoS. Este vídeo puede estar codificado en cualquiera de los estándares MPEG.

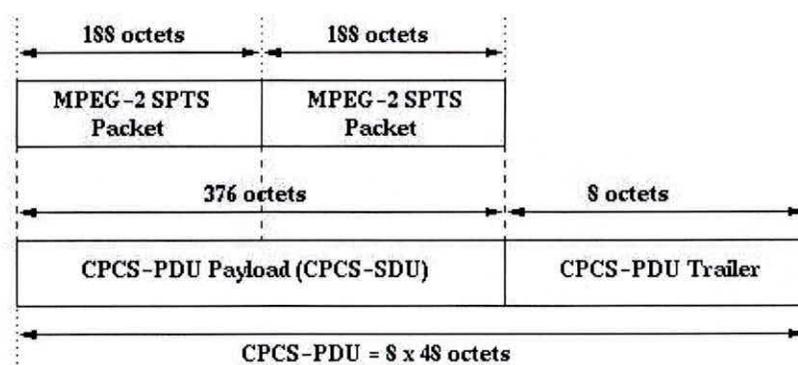


Figura 32. Formato del Paquete para AAL5

2.1.1.7 Streaming

Streaming es un término usado por archivos de multimedios, que a diferencia de los archivos convencionales que deben descargarse por completo, comienzan a ser reproducidos mientras se están transmitiendo al cliente. Esta tecnología es importante por el tiempo que ahorra. Aún segmentos cortos de vídeo de 30 segundos, pueden tomar 20 minutos o más en descargarse en un modem normal de 28.8 Kbps. Un vídeo de 30 minutos tomaría horas.

Estos archivos son enviados en un flujo, y el cliente crea un buffer donde almacena los primeros segundos de audio y de vídeo y empieza a reproducir. Este buffer existe para asegurarse de que la reproducción no sea detenida por congestiones pequeñas en la red. Se usa como un colchón para amortiguar las variaciones de velocidad en la red.

Mediante el streaming se logra que tome lo mismo esperar a ver un vídeo de 30 segundos que uno de 30 minutos.

Las principales tecnologías de transmisión de vídeo sobre IP son: Windows Media Technologies, Real Media y QuickTime. Este último no lo analizamos debido a que hasta la presente fecha no se cuenta con el módulo servidor de este programa para máquinas Intel o Sun, por lo que se hace muy difícil su implantación en la Escuela, donde predominan estos tipos de servidores.

2.1.2 Multidifusión (Multicasting)

Multidifusión o multicasting es un término técnico que significa que se puede enviar un paquete de información a múltiples máquinas al mismo tiempo. En un ambiente de unidifusión (unicast) un nodo tiene la posibilidad de enviar información solamente a un nodo a la vez. En un ambiente de multidifusión, un nodo puede eficientemente enviar un solo paquete de información a múltiples nodos destinatarios en una sola operación.

Un nodo de multidifusión realiza una sola llamada sobre el servicio de transporte y envía solo una copia del mensaje y esta a su vez es recibida por cada nodo destino de la transmisión de multidifusión. El número de nodos de destino puede ser 0, todos o un número intermedio. Enviar mensajes de unidifusión (un solo nodo) y difusión (todos los nodos en la red) son casos especiales de la transmisión de multidifusión

En una red de multidifusión, se puede enviar un solo paquete de información de una computadora y distribuirlo a muchas otras computadoras, en vez de tener que enviar un paquete a cada una. Debido a que 5, 10 o 100 máquinas pueden recibir el mismo paquete, se produce un gran ahorro en la cantidad de ancho de banda utilizado. Además, cuando se usa transmisión de multidifusión no se necesita saber la dirección de cada uno de los receptores, en cambio, simplemente se lo "transmite" a cualquiera que lo desee recibir.

2.1.2.1 Multidifusión IP (IP Multicast)

Multidifusión IP o IP Multicast es una extensión de IP. El estándar recomendado por la IETF en el RFC 1112²¹ define esas extensiones al IP. La Multidifusión IP es un protocolo para transmitir datagramas IP de una fuente a un destino en una LAN o en una WAN. Grupos de receptores participan en sesiones de multidifusión a lo largo de la red. Con Multidifusión IP, las aplicaciones envían una copia de la información a una dirección de grupo. Esta dirección IP pertenece a la clase D.

Las direcciones de clase D son las que abarcan desde 224.0.0.0 a la 239.255.255.255. Cada dirección puede ser considerada un canal por el cual pueden ser identificados grupos de máquinas o hosts que desean recibir la misma información. En las direcciones de la clase D el valor de sus cuatro bits más significativos es 1110 seguidos por un ID-multidifusión de 28 bits. Hay que notar que los últimos 28 bits de una dirección de clase D contienen el ID del grupo de multidifusión y no poseen estructura tal como la tienen la dirección de la clase A, B o C.

La dirección 224.0.0.0 esta reservada y no es asignada a ningún grupo. La 224.0.0.1 está asignada a un grupo permanente conformado por todos los host IP (incluidos los ruteadores).

²¹ Deering, Smith. Documento RFC 1112 (<http://rfc.roxen.com/rfc/rfc1112.html>)

Un grupo de hosts consiste en un conjunto de computadores que escuchan en una dirección de Multidifusión IP particular. Los miembros de un grupo de host pueden pertenecer a diferentes redes. La membresía a los grupos es dinámica y los computadores pueden unirse o dejar los grupos. Una dirección IP de un grupo de host es dinámicamente unida a un conjunto de interfaces de la red local en un conjunto de redes IP.

Dentro del conjunto de direcciones de multidifusión existen rangos regulados por la IANA. La IANA reserva el bloque de direcciones de multidifusión que van desde 224.0.0.1 a 224.0.0.255 para protocolos de ruteo y otros protocolos de bajo nivel para mantenimiento y búsqueda de topología. El rango medio, desde 224.0.1.0 a 238.255.255.255 es usado por las aplicaciones de multidifusión de usuario final, ya sea en Intranets o en Internet. El rango superior de las direcciones clase D, desde 239.0.0.0 a 239.255.255.255, esta designada para administración local o aplicaciones de multidifusión específicas de una red.²²

2.1.2.1.1 MBone

Aun cuando la especificación de la Multidifusión IP fue publicada en 1989, su uso ha sido limitado. Pocos ruteadores que soporten la multidifusión están disponibles en Internet, aunque esto esta cambiando lentamente. Generalmente estos ruteadores se ponen a disposición de grupos de investigadores que prueban los protocolos y

aplicaciones de multidifusión. De estos pocos ruteadores nace el llamado Backbone de Multidifusión de Internet (MBone - Multicasting Backbone on Internet). El Mbone puede rutear paquetes de multidifusión sin molestar o alterar a otro tráfico de Internet y ha existido por aproximadamente 6 años.

El Mbone es un experimento cooperativo entre investigadores de varios continentes. Es un conjunto interconectado de subredes y ruteadores que son capaces de dirigir tráfico de multidifusión. El propósito de esta red virtual existente como una capa adicional a la de Internet es la de "puentear" los ruteadores que no soportan la multidifusión en la Internet usando túneles. El protocolo DVMRP ha sido usado para construir el MBone por túneles entre dos máquinas que soporten dicho protocolo. Los puntos finales de los túneles son ingresados manualmente en tablas de ruteo administradas en el MBone.

En resumen, el Mbone está constituido por túneles a través de las redes que no soportan multidifusión. Los túneles permiten al tráfico de multidifusión atravesar los componentes que no están preparados para este tráfico en Internet. El Mbone usualmente usa túneles encapsulados entre dos islas de multidifusión en Internet para transmitir información de entre dos o más máquinas. Una paquete IP que se encapsula se caracteriza por que la dirección fuente y la dirección de destino son las direcciones IP de los puntos finales del túnel entre ruteadores de multidifusión.

²² Golcalves, Marcus. Niles Kitty. IP Multicasting. McGraw-Hill. USA. 1999. pp. 102 - 125

Debido a que el Mbone y el Internet tienen diferentes topologías, los ruteadores ejecutan un protocolo extra para decidir como hacer el envío de los paquetes de multidifusión. La mayoría de los ruteadores multicasting usan el protocolo DVMRP. Algunas porciones del Mbone se ejecutan ya sea con MOSPF o los protocolos de ruteo PIM.

Actualmente la IEEET, NASA, y grupos de investigación a nivel mundial usan el Mbone para la investigación y prueba de los servicios y protocolos de multidifusión como por ejemplo la multidifusión de grabaciones multimedia de reuniones y eventos en vivo a través de Internet y la videoconferencia de escritorio. Presentaciones de conciertos en vivo han sido multidifundidas por el Mbone. El número de sitios que participan en el Mbone crece rápidamente (Ver Anexo A). Debido a que el Mbone es un esfuerzo experimental y voluntario, hasta el momento tiene limitaciones en cuanto a su uso comercial.²³

2.1.2.2 Multidifusión sobre ATM

Hasta el momento la implementación de multidifusión sobre ATM ha estado en período de pruebas, sin ninguna solución completa a las dificultades técnicas que presenta lograr comunicación muchos a muchos en un medio que fue diseñado para comunicaciones uno a uno o en el mejor de los casos uno a muchos.

La multidifusión sobre IP se facilita porque el medio físico subyacente hace que un mensaje pueda llegar simultáneamente a todos los receptores posibles y solo aquellos a que les interese lo tomarán, en cambio en ATM un Canal Virtual (VC - Virtual Channel) tiene que ser explícitamente creado entre el emisor y el receptor.

Para convertir la dirección IP clase D del grupo de multidifusión a una o varias direcciones ATM se utiliza un Servidor de Resolución de Direcciones de Multidifusión (MARS -Multicast Address Resolution Server). Este se encarga además de llevar la información de los grupos y de la duplicación de paquetes²⁴.

Pero la manera física en que se produce la multidifusión sigue siendo un campo de investigación, se han desarrollado varios métodos para lograr una comunicación muchos a muchos sobre ATM, todos con ventajas y desventajas, de las cuales las principales son:

2.1.2.2.1 Malla de VC (VC Mesh)

Consiste en crear un VC uno a muchos entre cada uno de los nodos de que reciben o transmiten tráfico de multidifusión.

²³ Kumar, Vinay: Mbone: Interactive Multimedia on the Internet. NewRiders. USA 1995. pp 120 - 153

²⁴ Página Web sobre Multidifusión sobre ATM

(<http://margo.student.utwente.nl/simon/finished/thesis/thesis1/node9.html>)

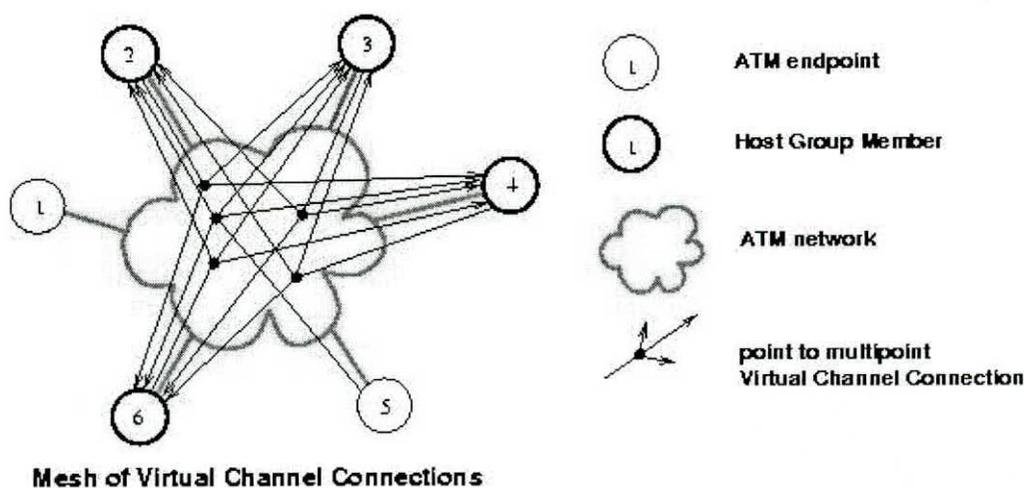


Figura 33. Malla de VC (Método de Multidifusion sobre ATM)

Ventajas:

- No hay un punto concentrado donde se pueda producir falla o congestión.
- Conexión directa de VC uno a muchos del emisor hasta todos los miembros del grupo.
- No hay paquetes reflejados, el host que envía no es una hoja o nodo terminal de las conexiones uno a muchos que origina.
- No hay problema si existen más de dos nodos emisores al mismo tiempo, porque cada emisor tiene su propia cola FIFO en las hojas de sus conexiones uno a muchos.

Desventajas:

- Uso intensivo de las tablas de conexión en las estaciones finales y en los switches ATM.

- Cuando un host del grupo cambia, todos los miembros deben iniciar mensajes de añadir/eliminar. Esto puede tomar algún tiempo cuando el grupo es grande y puede resultar en una sobrecarga del protocolo en el plano de control de la red.
- El número de conexiones a través del switch ATM es muy alta, una conexión uno a muchos desde cada emisor a todos los miembros del grupo.

2.1.2.2.2 Servidor de Multidifusión (MCS)

El método de Servidor de Multidifusión (MCS - Multicast Server) consiste en que los miembros del grupo de multidifusión creen una conexión desde o hacia un servidor de multidifusión. Este servidor se encarga de recibir la información del emisor y enviársela a todos los receptores. Un servidor puede controlar uno o más grupos de multidifusión, así mismo puede haber varios servidores de respaldo.

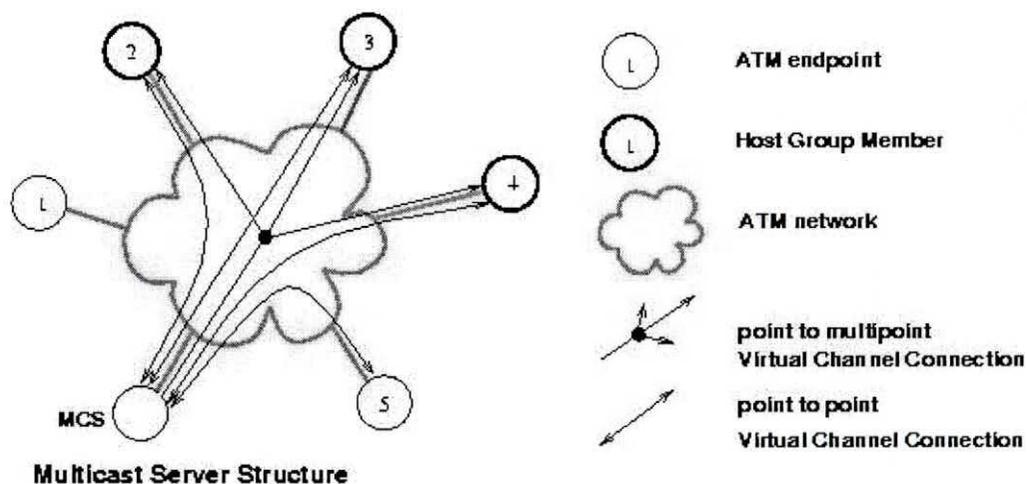


Figura 34. Servidor de Multidifusión (Multidifusión sobre ATM)

Ventajas:

- Cada host solo necesita una o dos tablas de conexión (dos en el caso de que el host envíe y reciba información hacia y desde el grupo de multidifusión).
- Es muy fácil cambiar las membresías al grupo de un host, solo el MCS necesita ser informado para añadirlo o removerlo del árbol de multidifusión.
- Bajo consumo de recursos en los switches del lado del cliente, pero el switch conectado al MCS tiene que procesar todas las conexiones temporales desde y hacia el MCS.

Desventajas:

- El MCS forma un cuello de botella y puede presentar una falla en la transmisión de multidifusión si ocurre un error en este enlace. Cuando existen servidores de respaldo, este problema no es serio.
- Ruteo menos eficiente desde el emisor a los receptores; los paquetes deben recorrer una gran distancia desde y hacia el MCS.
- Los paquetes AAL5 deben ser reensamblados por una capa superior antes de que puedan ser enviados a los hosts de los grupos. Esto crea un gran retardo y usa los recursos del MCS.
- Dificultad en manejar simultáneamente a dos o más emisores, debido a que el estándar AAL5 no tiene método de ordenamiento de paquetes. Los terminales receptores esperan todas las partes de un paquete en secuencia y seguidos en el

VC. Esto puede causar retardos en el MCS cuando múltiples host envían información al mismo tiempo y requiere grandes buffers para los paquetes AAL5 en el MCS.

- El MCS envía paquetes a todos los miembros, lo cual puede incluir al emisor. El host que envía debe filtrar su propia transmisión de regreso.

La elección entre el método del MCS y el de VC Mesh no es clara. En algunas situaciones puede ser benéfico el método MCS, por ejemplo cuando los miembros del grupo cambian frecuentemente. El método VC Mesh puede ser mejor cuando el grupo es pequeño y estable o el retardo del reensamblaje y retransmisión de los paquetes AAL5 es inaceptable.

2.1.3 Videoconferencia

Al sistema que nos permite llevar a cabo el encuentro de varias personas ubicadas en sitios distantes, y establecer una conversación como lo harían si todas se encontraran reunidas en una sala de juntas se le llama sistema de "video conferencia"..

Como sucede con todas las tecnologías nuevas, los términos que se emplean no se encuentran perfectamente definidos. La palabra "Teleconferencia" esta formada por el prefijo "tele" que significa distancia, y la palabra "conferencia" que se refiere a encuentro, de tal manera que combinadas se refieren a un encuentro a distancia. En

los Estados Unidos la palabra teleconferencia es usada como un término genérico para referirse a cualquier encuentro a distancia por medio de la tecnología de comunicaciones; de tal forma que frecuentemente es adicionada la palabra video a "teleconferencia" o a "conferencia" para especificar exactamente a que tipo de encuentro se esta haciendo mención. De igual forma se suele emplear el término "audio conferencia" para hacer mención de una conferencia realizada mediante señales de audio.

El término "videoconferencia" ha sido utilizado en los Estados Unidos para describir la transmisión de video en una sola dirección usualmente mediante satélites y con una respuesta en audio a través de líneas telefónicas para proveer una liga interactiva con la organización.

En Europa la palabra teleconferencia se refiere específicamente a las conferencias o llamadas telefónicas, y la palabra "videoconferencia" es usada para describir la comunicación en dos sentidos de audio y video. Esta comunicación en dos sentidos de señales de audio y de video es lo que nosotros llamaremos "videoconferencia".

Durante el desarrollo de esta tesis, se utilizará el término "videoconferencia" para describir la comunicación en doble sentido ó interactiva entre dos puntos separados geográficamente utilizando audio y video.

El interés en la comunicación utilizando video ha crecido con la disponibilidad de la televisión comercial iniciada en 1940. Los adultos de hoy han crecido utilizando al televisor como un medio de información y de entretenimiento, se han acostumbrado a tener un acceso visual a los eventos mundiales más relevantes en el momento en que estos ocurren. Nos hemos convertido rápidamente en comunicadores visuales. Es así, que desde la invención del teléfono, los usuarios han tenido la idea de que el video podría eventualmente ser incorporado a éste.

En las series de televisión como "Viaje a las Estrellas" y "Los Supersonicos" de los 60's y 70's usaban el videoteléfono rutinariamente sugiriendo que podríamos esperar uno para nuestro uso cualquier día.

AT&T presentó en 1964 en la feria del comercio mundial de Nueva York²⁵ un prototipo de videoteléfono el cual requería de líneas de comunicación bastante costosas para transmitir video en movimiento, con costos de cerca de mil dólares por minuto. El dilema fue la cantidad y tipo de información requerida para desplegar las imágenes de video. Las señales de video incluyen frecuencias mucho más altas que las que la red telefónica podía soportar (particularmente las de los años 60's). El único método posible para transmitir la señal de video a través de largas distancias fue a través de satélite. La industria del satélite estaba en su infancia entonces, y el costo del equipo terrestre combinado con la renta de tiempo de satélite excedía con mucho

²⁵ Página sobre Videoconferencia (<http://www.video.ipn.mx/tesis/cap11.html#1.1>)

los beneficios que podrían obtenerse al tener pequeños grupos de personas comunicados utilizando este medio.

A través de los años 70's se realizaron progresos substanciales en muchas áreas claves, los diferentes proveedores de redes telefónicas empezaron una transición hacia métodos de transmisión digitales. La industria de las computadoras también avanzó enormemente en el poder y velocidad de procesamiento de datos y se descubrieron y mejoraron significativamente los métodos de muestreo y conversión de señales analógicas (como las de audio y video) en bits digitales.

El procesamiento de señales digitales también ofreció ciertas ventajas, primeramente en las áreas de calidad y análisis de la señal; el almacenamiento y transmisión todavía presenta obstáculos significativos. En efecto, una representación digital de una señal analógica requiere de mayor capacidad de almacenamiento y transmisión que la original. Por ejemplo, los métodos de video digital comunes de fines de los años 70 y principios de los 80 requirieron de relaciones de transferencia de 90 megabits por segundo. La señal estándar de video era digitalizada empleando el método común PCM (Modulación por codificación de pulsos) de 8 bits, con 780 pixeles por línea, 480 líneas activas por cuadro de las 525 para NTSC y con 30 cuadros por segundo.

La necesidad de una compresión confiable de datos digitales fue crítica. Los datos de video digital son un candidato natural para comprimir, debido a que existen muchas redundancias inherentes en la señal analógica original; redundancias que resultan de las especificaciones originales para la transmisión de video y las cuales fueron

requeridas para que los primeros televisores pudieran recibir y desplegar apropiadamente la imagen.

Una buena porción de la señal de video analógica esta dedicada a la sincronización y temporización del monitor de televisión. Ciertos métodos de compresión de datos fueron descubiertos, los cuales eliminaron enteramente esta porción redundante de información en la señal, con lo cual se obtuvo una reducción de la cantidad de datos utilizados de un 50% aproximadamente, osea, 45 mbps, una razón de compresión de 2:1. Las redes telefónicas en su transición a digitales, han utilizado diferentes relaciones de transferencia, la primera fue 56 Kbps necesaria para una llamada telefónica (utilizando métodos de muestreo actuales), enseguida grupos de canales de 56 Kbps fueron reunidos para formar un canal de información más grande el cual corría a 1.5 mbps (comúnmente llamado canal T1). Varios grupos de canales T1 fueron reunidos para conformar un canal que corría a 45 mbps (ó un "T3"). Así usando video comprimido a 45 mbps fue finalmente posible, pero todavía extremadamente caro, transmitir video en movimiento a través de la red telefónica pública. Estaba claro que era necesario el comprimir aún más el video digital para llegar a hacer uso de un canal T1 (con una razón de compresión de 60:1), el cual se requería para poder iniciar el mercado. Entonces a principios de los 80's algunos métodos de compresión hicieron su debut²⁶, estos métodos fueron más allá de la eliminación de la temporización y sincronización de la señal, realizando un análisis del contenido de la imagen para eliminar redundancias. Esta nueva generación de

²⁶ Página sobre videoconferencia (<http://www.man.ac.uk/MVC//SIMA/video1/toc.html>)

video codecs (COdificador/DECodificador), no sólo tomó ventajas de la redundancias, si no también del sistema de la visión humana. La razón de imágenes presentadas en el video en Norte América es de 30 cuadros por segundo, sin embargo, esto excede los requerimientos del sistema visual humano para percibir movimiento. la mayoría de las películas cinematográficas muestran una secuencia de 24 cuadros por segundo. La percepción del movimiento continuo puede ser obtenida entre 15 y 20 cuadros por segundo, por tanto una reducción de 30 cuadros a 15 cuadros por segundo por sí misma logra un porcentaje de compresión del 50 %. Una relación de 4:1 se logra obtener de esta manera, pero todavía no se alcanza el objetivo de lograr una razón de compresión de 60:1. Los codecs de principios de los 80's utilizaron una tecnología conocida como codificación de la Transformada Discreta del Coseno (abreviado DCT por su nombre en inglés). Usando esta tecnología las imágenes de video pueden ser analizadas para encontrar redundancia espacial y temporal. La redundancia espacial es aquella que puede ser encontrada dentro de un cuadro sencillo de video --áreas de la imagen que se parecen bastante que pueden ser representadas con una misma secuencia. La redundancia temporal es aquella que puede ser encontrada de un cuadro de la imagen a otro --áreas de la imagen que no cambian en cuadros sucesivos. Combinando todos los métodos mencionados anteriormente, se logró obtener una razón de compresión de 60:1.

El primer codec fue introducido al mercado por la compañía Compression Labs Inc. (CLI) y fue conocido como el VTS 1.5, el VTS significaba Video Teleconference System, y el 1.5 hacia referencia a 1.5 mbps -- ó T-1. En menos de un año CLI

mejoró el VTS 1.5 para obtener una razón de compresión de 117:1 (768 Kbps), y renombró el producto a VTS 1.5E. La corporación británica GEC y la corporación japonesa NEC entraron al mercado lanzando codecs que operaban con un T-1 (y debajo de un T-1 si la imagen no tenía mucho movimiento). Ninguno de estos codecs fueron baratos, el VTS 1.5E era vendido en un promedio de \$180,000 dólares, sin incluir el equipo de video y audio necesarios para completar el sistema de conferencia, el cual era adquirido por un costo aproximado de \$70,000 dólares, tampoco incluía costos de acceso a redes de transmisión, el costo de utilización de un T-1 era de aproximadamente \$1000 dólares la hora.

A mediados de los 80's se observó un mejoramiento dramático en la tecnología empleada en los codecs de manera similar, se observó una baja substancial en los costos de las medios de transmisión. CLI introdujo el sistema de video denominado Rembrandt los cuales utilizaron ya una razón de compresión de 235:1 (384 Kbps). Entonces una nueva compañía, Picture Tel (originalmente PicTel Communications), introdujo un nuevo codec que utilizaba una relación de compresión de 1600:1 (56 Kbps). PictureTel fue el pionero en la utilización de un nuevo método de codificación denominado Cuantificación jerárquica de vectores (abreviado HVQ por su nombre en inglés). CLI lanzó poco después el codec denominado Rembrandt 56 el cual también operó a 56 Kbps utilizando una nueva técnica denominada compensación del movimiento. Al mismo tiempo los proveedores de redes de comunicaciones empleaban nuevas tecnologías que abarataban el costo del acceso a las redes de comunicaciones. El precio de los codecs cayeron casi tan rápido como aumentaron

los porcentajes de compresión. En 1990 los codecs existentes en el mercado eran vendidos en aproximadamente \$30,000 dólares, reduciendo su costo en más del 80 %, además de la reducción en el precio se produjo una reducción en el tamaño. El VTS 1.5E medía cerca de 5 pies de alto y cubría un área de 2 y medio pies cuadrados y pesaba algunos cientos de libras. El Rembrandt 56 media cerca de 19 pulgadas cuadradas por 25 pulgadas de fondo y pesó cerca de 75 libras.

El utilizar razones de compresión tan grandes tiene como desventaja la degradación en la calidad y en la definición de la imagen. Una imagen de buena calidad puede obtenerse utilizando razones de compresión de 235:1 (384 kbps) ó mayores.

Los codecs para videoconferencia pueden ser encontrados hoy en un costo que oscila entre los \$5,000 y los \$60,000 dólares. La razón de compresión mayor empleada es de 1600:1 (56 Kbps), ya que no existe una justificación para emplear rangos de compresión aún mayores, puesto que utilizando 56 Kbps, el costo del uso de la red telefónica es aproximado el de una llamada telefónica. El emplear un canal T-1 completo cuesta aproximadamente \$50 dólares por hora. Esto ha permitido que los fabricantes de codecs se empleen en mejorar la calidad de la imagen obtenida utilizando 384 kbps ó mayores velocidades de transferencia de datos. Algunos métodos de codificación producen imágenes de muy buena calidad a 768 Kbps y T-1 que es difícil distinguirla de la imagen original sin compresión. Algunos paquetes de equipo de audio y video creados específicamente para aplicaciones de videoconferencia pueden adquirirse entre \$15,000 y \$42,000. Un sistema completo para videoconferencia tiene un costo que oscila entre los \$40,000 y \$100,000 dólares.

En la actualidad, la interoperabilidad de los equipos, es decir que los equipos de videoconferencia de un fabricante puedan comunicarse con los equipos de otro fabricante, exige que todos estos se rijan a un estándar. Este estándar es fijado por la ITU (International Telecommunication Union). Este organismo se encarga de investigar y aprobar nuevos métodos de compresión y de transmisión.

Desde el comienzo de las primeras aplicaciones de videoconferencia, el mercado ha estado dominado por un estándar conocido como H.320. Recientemente han surgido estándares adicionales para Videoconferencia: H.323, H.321, H.324 y H.310.²⁷

El estándar H.320 define protocolos para el transporte de tráfico de videoconferencia sobre ISDN a niveles de calidad apropiados para reuniones de grupos de trabajo o educación a distancia. Cada uno de los diferentes estándares de videoconferencia están orientados a un tipo de red de comunicación o diferentes calidades:

- H.320 - Videoconferencia sobre ISDN: Calidad de Reunión de Grupo de Trabajo
- H.321 - Videoconferencia sobre IP/Ethernet: Calidad de "Mejor Esfuerzo"
- H.324 - Videoconferencia sobre redes Telefónicas (POTS): Baja Calidad
- H.310 - Videoconferencia con MPEG-2 sobre ATM: Calidad de TV y mayor

²⁷ Página Web sobre Estándares de Videoconferencia (<http://www.fvc.com/whitepapers/>)

El resultado es un grupo de estándares para videoconferencia que definen completamente el espectro de calidad desde bajo hasta alto nivel. Cada uno de estos nuevos estándares juega un papel importante para poder establecer videoconferencias a cualquier nivel de calidad de transmisión de vídeo requerida.

2.1.3.1 Videoconferencia sobre ISDN: H.320

El estándar H.320, que define la implementación de videoconferencia sobre ISDN, ha venido siendo utilizado desde hace una década. ISDN permite el transporte de videoconferencia en amplio rango de niveles de calidad: desde calidad baja, suficiente para uso personal hasta alta calidad necesaria para aplicaciones en negocios o educación a distancia.

El ISDN es capaz de proveer alta calidad de videoconferencia principalmente debido a que su naturaleza sincrónica permite el transporte de vídeo con muy poco retardo y variación de este retardo. Las características de transporte del ISDN proveen la sensibilidad crítica demandada por el tráfico de videoconferencia para el retardo y asegura un envío a tiempo de la información de vídeo. El ISDN es capaz de implementar videoconferencia en una gran variedad de tasas de transmisión, desde 64 Kbps hasta 2Mbps. A velocidades de 128 Kbps y mayor ISDN provee una calidad aceptable de transmisión para videoconferencia. Los sistemas de videoconferencia basados en ISDN a 384 Kbps se pueden considerar como el punto de partida para la videoconferencia con calidad de negocio.

- **64 Kbps:** Uso recreacional donde movimientos saltados, baja resolución y retardos considerables entre la voz y el vídeo son aceptables.
- **128 Kbps:** Conferencia básica dentro de una organización para reuniones rápidas y de bajo nivel donde el movimiento saltado y un retardo perceptible entre voz y vídeo es aceptable.
- **384 Kbps:** Umbral para la "Calidad de Negocio", apropiado para uso en organizaciones y educación a distancia, donde el vídeo y voz están sincronizados y el movimiento es fluido.
- **512 Kbps:** Alta Calidad de Negocio, apropiado para reuniones entre organizaciones o educación a distancia a alta resolución, movimiento extremadamente fluido y la diferencia entre voz e imagen es indetectable.
- **768 Kbps y superior:** Calidad Máxima, apropiado para presentaciones públicas, y aplicaciones de telemedicina.

Para brindar tasas de datos mayores a 128 Kbps, se necesita conectar juntas dos o más conexiones de Tasa Básica ISDN (BRI - Basic Rate ISDN). Estas líneas BRI deben

unirse para formar un solo canal de comunicación usando un dispositivo llamado IMUX.

La videoconferencia basada en ISDN es soportada por la gran mayoría de empresas productoras de equipo de videoconferencia como PictureTel, Nortel, VTEL, Zydacron, VCON, VideoServer y muchas otras. El estándar H.320 asegura compatibilidad entre estos vendedores de manera que llamadas para videoconferencia pueden ser establecidas entre ellos de una manera rutinaria.

2.1.3.2 Videoconferencia sobre ATM: H.321

Para permitir niveles de calidad del H.320 de una manera menos complicada y costosa, se desarrolló el estándar H.321. El H.321 describe los protocolos para implementar videoconferencia sobre ATM en vez de sobre ISDN y es totalmente compatible con el estándar H.320 existente.

El estándar H.321 basado en ATM implementa videoconferencia de la misma manera que sobre ISDN, con los mismos incrementos en velocidad de transmisión (128 Kbps, 384 Kbps, 768 Kbps, etc). La diferencia clave es que la videoconferencia basada en ATM es más fácil y menos costosa de implementar a altas velocidades necesarias para lograr videoconferencia de buena calidad. Tal como ISDN, ATM contempla un método para implementar la Calidad de Servicio (QoS - Quality of Service). Esto es

esencial para el transporte de tráfico de videoconferencia, resultando un bajo retardo e imágenes de vídeo muy claras.

2.1.3.3 Videoconferencia sobre IP: H.323

Recientemente se ha completado el trabajo para lograr el estándar H.323. El H.323 está diseñado para facilitar la videoconferencia en redes basadas en paquetes como Ethernet, Token Ring y FDDI, usando transporte TCP/IP. El H.323 a diferencia del H.320 y el H.321, no están diseñados para tomar ventaja de la capacidad de QoS inherente del ISDN o del ATM, para calidades altas de videoconferencia. En la práctica H.323 es independiente de la capa de transporte permitiendo la implementación por sobre cualquier arquitectura de transporte de red incluyendo ATM.

La videoconferencia basada en estándares sobre redes IP/Ethernet es ahora una realidad. La principal diferencia en la manera en que la videoconferencia es implementada en el ámbito de Ethernet, es que Ethernet no tiene una arquitectura de QoS sobre la cual se pueda transportar el vídeo.

El resultado de este comportamiento de la red es el aumento del retardo y de su variación, resultando en una degradación de la calidad.

La videoconferencia sobre Ethernet usando la tecnología de hoy no puede ser clasificada como de calidad de negocio porque no tiene la calidad requerida para reemplazar una reunión personal.

2.1.3.4 Videoconferencia sobre Líneas Telefónicas: H.324

El estándar H.324 para videoconferencia define una metodología para el transporte de videoconferencia a través de Viejo Sistema Telefónico (POTS - Plain Old Telephone System). Específicamente, el H.324 describe las terminales para comunicaciones multimedia a una baja tasa de bits, utilizando modems V.34 operando sobre POTS. Los terminales H.324 pueden transportar voz, datos o vídeo en tiempo real o una combinación de ellos incluyendo videotelefonía.

El H.324 está diseñado para optimizar la calidad de videoconferencia sobre enlaces de baja velocidad asociados con el sistema POTS, típicamente operando a velocidad de modems: 28.8 Kbps - 56 Kbps. Las bajas tasas de transmisión y la naturaleza impredecible del medio de transmisión restringe la videoconferencia basada en POTS solamente unos cuantos cuadros por segundo.

Se espera que el H.324 tenga aceptación en el futuro debido a que ciertas videoconferencias no requieren de alta calidad y debido a la virtual omnipresencia de las líneas telefónicas

Como se menciona, la videoconferencia basada en H.324 raramente se aproxima a los niveles de calidad necesarios para su uso en educación a distancia y está restringido al uso en el hogar y para propósitos recreacionales, al menos hasta que aumente la capacidad de envío y recepción de los modems.

2.1.3.5 Videoconferencia de Alta Calidad sobre ATM: H.310

Mientras que el H.320 y el H.321 pueden proveer alta calidad de videoconferencia especialmente cuando se usan tasas de datos de 768 Kbps y superiores, existe una clara necesidad de videoconferencia que provea un nivel de calidad que sea prácticamente como "estar ahí". El estándar H.310 define la metodología para implementar videoconferencia basada en MPEG-2 sobre ATM a tasas de datos de entre 8 a 16 Mbps. La videoconferencia basada en H.310 también permite la recreación de la interactividad.

La principal dificultad técnica con la implementación de MPEG-2 sobre ATM es la eliminación de la latencia. La latencia no es realmente una barrera para comprender la calidad de MPEG-2 en una aplicación de vídeo bajo demanda, pero hay muchas dificultades para reducir la latencia de MPEG-2 lo suficiente para permitir la interactividad de dos vías de comunicación requeridas para videoconferencia.

2.2 Sistema de Distribución de Vídeos bajo Demanda

2.2.1 Definición

Un sistema de vídeo bajo demanda (VoD - Vídeo on Demand) en un servicio asimétrico que transfiere información de vídeo codificado y comprimido digitalmente, almacenada en un servidor de vídeo a un cliente. En el cliente el flujo de información es descomprimido, decodificado y presentado en un monitor, ya sea en formato digital o analógico.

De forma más general el VoD es un servicio de vídeo donde el usuario final tiene un nivel de control predeterminado en la selección del material presentado así como también en el intervalo de tiempo que es presentado. Las conexiones de vídeo son establecidas bajo demanda mediante señales del usuario transmitidas a través de la red. Una de las implicaciones de este servicio es que las transmisiones serán predominantemente punto a punto desde el proveedor de vídeos al usuario individual. Otras características adicionales de control que involucran señalización por parte del usuario, tales como "rebobinar", "parar", "pausar" y "adelantar" pueden estar disponibles en un sistema de VoD.

2.2.2 Utilización

Dentro de nuestra Escuela, un sistema de VoD puede permitir la implementación de múltiples aplicaciones que no solo beneficiarían al desarrollo de la educación a

distancia sino a todas las actividades de la ESPOL en su conjunto. Las principales aplicaciones serían:

- Clases y Explicaciones Disponibles en la Red

La aplicación inmediata a la Educación a Distancia es la utilización de vídeos para el proceso de enseñanza aprendizaje, en un primer paso complementando o reforzando las explicaciones y conceptos impartidos durante las horas de clase presencial y en un futuro como el soporte pedagógico para aquellos estudiantes que por motivos de ubicación geográfica o diferencia horaria no puedan estar presentes en el aula de clase.

- Materiales de Soporte a Cursos Tradicionales

Al tener a disposición de los alumnos archivos de audio y video grabados y accesibles a través de Internet, los cursos tradicionales (no a distancia) podrán beneficiarse colocando materiales de soporte a sus clases.

- Educación Poblacional

La ESPOL podrá poner a disposición de cualquier persona, programas educativos elaborados en la Institución y que pueden ser observados a través de Internet.

- Archivo de Seminarios y Conferencias

Cada conferencia o seminario que se dicte en la Escuela podrá ser grabado y almacenado en servidor de VoD. Estos seminarios y conferencias, después de ser editados y complementados con materiales de apoyo, puedan ser puestos posteriormente a disposición del estudiantado que no pudo asistir, o también pueden ser canjeados o vendidos a otras universidades del país o del extranjero.

- Vídeos en el Sitio Web de la ESPOL

Estos vídeos pueden hablar acerca de la Escuela, y mostrar al mundo la imagen de una universidad que se mantiene al día en el desarrollo tecnológico.

- Manuales de Procedimientos y Capacitación en Vídeo para el área Administrativa

El tiempo de entrenamiento de personal nuevo puede ser disminuido mediante la utilización de vídeos que sinteticen los pasos o procedimientos que se lleva a cabo en un determinado puesto dentro del área administrativa de la Escuela.

- Informes de Rector

Se puede tener almacenado los últimos informes del rectorado o demás miembros de la dirección de la Escuela para que puedan ser vistos por toda la comunidad politécnica.

- Archivo de Vida Universitaria y Noticias

La ESPOL podrá contar con un repositorio de todos sus eventos, los cuales al estar almacenados en formato digital, pueden ser fácilmente reproducibles y copiados en CD's para la promoción de la escuela.

2.2.3 Alternativas Actuales

En la actualidad los servicios de VoD han dejado su etapa de experimentación para convertirse en una tecnología útil. Varios fabricantes de hardware y de software se dedican a la comercialización de soluciones para implantar VoD en una institución y a través de Internet. Las siguientes son las alternativas más viables para la situación actual de la ESPOL:

2.2.3.1 VoD sobre IP

VoD sobre IP es la transmisión de información de vídeo sobre las capas de comunicación TCP/IP o UDP/IP. Esta transmisión es del tipo "mejor esfuerzo", lo cual significa que la calidad del vídeo y del sonido dependerá de la cantidad y tipo de tráfico existente en ese momento en la red. Este sistema no garantiza que toda la información transmitida sea recibida por el cliente.

La principal ventaja de estos sistemas es la ubicuidad del protocolo IP, que se encuentra tanto en redes privadas como en el Internet. Así la transmisión puede

llevarse a cabo no solamente dentro de la institución sino que puede llegar a cualquier parte del mundo que tenga conectividad con Internet.

En el mercado actualmente existe un “boom” en cuanto a tecnologías para transmitir videos vía IP. Varias compañías de hardware y software han empleado vastos recursos en desarrollar esta área de la tecnología. De todas estas alternativas analizaremos dos, las cuales en estos momentos dominan el mercado:

2.2.3.1.1 Windows Media Technologies

2.2.3.1.1.1 Descripción

Las Tecnologías de Medios de Microsoft (Windows Media Technologies) son aplicaciones que permiten crear, distribuir y reproducir archivos multimedia enviados por flujos (streaming) a través de la red.

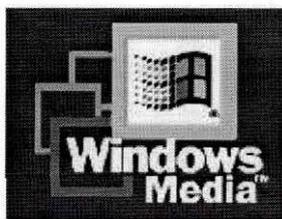


Figura 35. Logo de Windows Media Technologies

Las aplicaciones de Windows Media Technologies para VoD permiten el almacenamiento de archivos multimedia en un servidor. Estos archivos pueden ser

accedidos desde cualquier máquina de manera muy similar a la que se haría si fuera un página Web.

La transmisión bajo demanda es una conexión activa entre el cliente y el servidor en la cual el cliente puede seleccionar el contenido que desea ver. El contenido es transportado desde el servidor al cliente en un flujo ASF (Active Streaming Format).²⁸ Si el archivo está indexado el cliente puede empezar, parar, rebobinar, adelantar o pausar el flujo.

El Windows Media Technologies permite producir y distribuir vídeo a través de diferentes anchos de banda, desde 28 kbps para conexiones telefónicas en Internet hasta 3 Mbps para conexiones en una Intranet de alta velocidad. La calidad del vídeo transmitido estará relacionada con la cantidad de ancho de banda que se utilice.

Los componentes de creación de Windows Media Technologies incluyen herramientas para la elaboración de contenido bajo demanda y para conversión de otros tipos de formato aparte del de Windows Media Technologies como son: WAV, AVI y MP3.

El Codificador del Windows Media Technologies (Windows Media Encoder) puede crear archivos ASF a partir de vídeos y sonidos almacenados o grabados en vivo.

²⁸ Sitio Web sobre ASF (<http://www.microsoft.com/asf/>)

Este programa puede enviar esta información a una máquina con el servidor del Windows Media (Windows Media Server) para ser posteriormente distribuido.

El Servidor puede almacenar los archivos ASF para que sean accedidos desde la máquina del cliente a través de una transmisión de unidifusión. El servidor puede manejar un número finito de conexiones dependiendo del ancho de banda requerido por cada conexión.

En el lado del cliente existe un programa, el Windows Media Player, que se encarga de decodificar el flujo ASF y presentar el vídeo y el audio en tiempo real a medida que va llegando la información. En el cliente está la responsabilidad de realizar el “buffering” para evitar que el vídeo sea cortado y para la sincronización de vídeo y de audio.

2.2.3.1.1.2 Requerimientos

Dado que existen tres componentes básicos en el Windows Media Technologies, cada uno de estos sistemas tiene sus especificaciones:

- **Windows Media Server y Administrador**

Componente	Mínimo	Recomendado
Procesador	Intel Pentium 90 MHz	Intel Pentium II 266 MHz o superior
Memoria	32 MB RAM para administración; 64 MB RAM para el servidor.	128 MB RAM
Interfaz de Red (NIC)	Tarjeta Ethernet; TCP/IP	Tarjeta Ethernet, (TCP/IP)
Espacio en Disco	21 MB (6 MB para archivos del sistema, 15 MB para la instalación);	21 MB (6 MB para archivos del sistema and 15 MB para la instalación); 500 MB o más para almacenar contenidos
Software	Microsoft Internet Explorer 4.0 o posterior; Microsoft Windows 95 con DCOM95 o Microsoft Windows NT Server o Microsoft Windows NT Workstation 4.0 con SP4.	Microsoft Internet Explorer 5.0 o posterior; Microsoft Windows NT versión 4.0 con Service Pack 4 (SP4) o posterior.

Tabla 7. Requerimientos del Windows Media Server²⁹

²⁹ Tomado del sitio Web de Windows Media (<http://www.microsoft.com/windowsmedia>)

- **Windows Media Tools**

Componentes	Mínimo	Recomendado
Procesador	Intel Pentium 90 MHz	Intel Pentium II 266 MHz o superior
Memoria	32 MB RAM	64 MB RAM
Software	Windows 95 (codificación en tiempo real solamente de audio)	Microsoft Windows 98 o Microsoft Windows NT Server versión 4.0 con Service Pack 5 (para codificación en tiempo real y escalable de audio y vídeo hasta 320 x 240 a 15 cuadros por segundo).
Tarjeta de Sonido	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.
Tarjeta Capturadora de Vídeo	Una tarjeta de captura de vídeo que soporte Vídeo para Windows	Una tarjeta de captura de vídeo que soporte Vídeo para Windows

Tabla 8. *Requerimientos del Windows Media Tools*³⁰

³⁰ Tomado del sitio Web de Windows Media (<http://www.microsoft.com/windowsmedia>)

- **Windows Media Player**

Componentes	Mínimo	Recomendado
Procesador	Intel Pentium 90 MHz	Intel Pentium 120 MHz o superior
Memoria	16 MB RAM	64 MB RAM
Software	Windows 95, 98 o NT	Microsoft Windows 95, 98 o NT (Service Pack 3) Internet Explorer 4.0 o superior
Acceso a la Red	Modem 28.8Kbps	Modem de 56Kbps o superior
Tarjeta de Sonido	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.
Tarjeta de Vídeo	16 colores	256 colores con soporte para DirectX

Tabla 9. Requerimientos del Windows Media Player³¹

2.2.3.1.1.3 Ventajas

- Alta calidad de codecs de compresión de audio y vídeo
- Fácil puesta en marcha
- Capacidad de multidifusión.
- Integración transparente en ambientes Windows
- El cliente viene generalmente preinstalado en todas las máquinas que poseen el sistema operativo Windows.

- Altamente escalable, puede utilizar más de un procesador y estar distribuido en un cluster de servidores.
- Costo mínimo (solamente el sistema operativo)
- Facilidad en la administración del servidor (wizards)
- Uso de codecs no propietarios
- Uso de formato de transferencia no propietario
- El cliente se puede embeber en los exploradores de Internet (Explorer y Netscape)
- No se necesitan licencias para los clientes

2.2.3.1.1.4 Desventajas

- Solamente funciona en ambientes Windows
- No soporta el estándar SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language), que facilita la inserción de diapositivas y eventos dentro del flujo de vídeo.
- Funcionalidad limitada cuando esta embebido en Netscape Navigator
- No soporta protocolo RTSP (Reservation Time Streaming Protocol) usado dentro del Mbone (ver sección 2.1.2.1.1).

³¹ Tomado del sitio Web de Windows Media (<http://www.microsoft.com/windowsmedia>)

2.2.3.1.2 Real Media

2.2.3.1.2.1 Descripción

Real Media es una arquitectura de “streaming” desarrollada por RealNetworks. En estos momentos se encuentra en la versión G2 que es una mejora sobre la primera generación llamada Real Video.



Figura 36. Logotipo de Real Media

RealSystem G2 ofrece “streaming real” desde un servidor Real o un “streaming http” desde un servidor Web cualquiera, a esta ultima técnica se la conoce también como “descarga progresiva”. Hay una gran ventaja de rendimiento y escalabilidad cuando se utiliza un servidor Real, aunque no es completamente necesario, pero para una instalación a mediana o gran escala es indispensable el servidor Real Systema G2 que es ofrecido únicamente por RealNetworks.

Los usuarios pueden ver los vídeos codificados con el RealSystem G2 con el RealPlayer, una aplicación cliente gratuita que se puede descargar desde Internet o puede venir incluida en los exploradores de Internet. Hay una versión mejorada del cliente, pero esta no es gratuita. El cliente también puede ser embebido dentro de las páginas Web.

RealSystem G2 soporta SMIL ("Synchronized Multimedia Intergration Language"). Este lenguaje permite que el RealSystem G2 sincronice medios y acciones dentro de una página Web además de mostrar el vídeo y audio. Por ejemplo SMIL puede controlar la carga de diferentes vídeos a momentos dados, cambiar la página en el navegador, hacer transiciones, y más.

Cuando se usa con el RealServer, el RealSystem G2 ofrece una gran escalabilidad a través de diferentes características. La característica del "SureStream" permite crear hasta seis versiones del mismo vídeo codificadas específicamente para diferentes anchos de banda.

Durante la ejecución, el RealPlayer y el RealServer se comunican continuamente y pueden frecuentemente cambiar entre varias versiones del vídeo para entregar la mayor calidad que la conexión del usuario pueda soportar en un tiempo dado. Este características permite al flujo adaptarse a condiciones cambiantes de la red.

Además la característica de "SureStream" permite al RealPlayer descartar cuadros y/o degradar la calidad de la imagen para mantener una ejecución en tiempo real sobre conexiones lentas. En casos extremos, el RealPlayer, puede omitir el vídeo y solamente ejecutar el audio.

2.2.3.1.1.2 Requerimientos

Así como el Windows Media Technologies, Real Media también se divide en tres componentes, los requerimientos de cada uno se redactan a continuación:

- **Real Server G2**

Componente	Mínimo	Recomendado
Procesador	Intel Pentium 120 MHz	Intel Pentium II o superior
Memoria	16 MB RAM	32 MB RAM
Interfaz de Red (NIC)	Tarjeta Ethernet; TCP/IP	Tarjeta Ethernet, (TCP/IP)
Espacio en Disco	21 MB (6 MB para archivos del sistema, 15 MB para la instalación);	21 MB (6 MB para archivos del sistema y 15 MB instalación); 500 MB o más para contenidos
Software	Dec Alpha Unix 4.0 FreeBSD 3.0 HP/UX 11.0 Linux 2.2 (libc6) SCO Open Server SGI IRIX 6.2 SunOS 5.5.1 (Solaris 2.5.1) SunOS 5.6 Windows 95, 98 o NT	Dec Alpha Unix 4.0 FreeBSD 3.0 HP/UX 11.0 Linux 2.2 (libc6) SCO Open Server SGI IRIX 6.2 SunOS 5.5.1 (Solaris 2.5.1) SunOS 5.6 Windows 95, 98 o NT

Tabla 10. Requerimientos del Real Server³²

³² Tomado del Sitio Web de Real Media (<http://www.realnetworks.com/products/servers/sysreqs.html>)

- **Real Producer**

Componentes	Mínimo	Recomendado
Procesador	Cualquier Pentium	Cualquier Pentium
Memoria	16 MB RAM	32 MB RAM
Software	Windows 95/98/NT 4.x Mac OS 7.x	Windows 95/98/NT 4.x Mac OS 8.x
Tarjeta de Sonido	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.
Tarjeta Capturadora de Vídeo	Una tarjeta de captura de vídeo que soporte Vídeo para Windows	Una tarjeta de captura de vídeo que soporte Vídeo para Windows

Tabla 11. Requerimientos del Real Producer³³

³³ Tomado del sitio Web de Real Media
(<http://www.realnetworks.com/products/producerplus/docs.html>)

- **RealPlayer**

Componentes	Mínimo	Recomendado
Procesador	Intel Pentium 90 MHz	Intel Pentium 120 MHz o superior
Memoria	16 MB RAM	32 MB RAM
Software	Windows 95, 98 o NT	Microsoft Windows 95, 98 o NT (Service Pack 3) Internet Explorer 4.0 o superior
Acceso a la Red	Modem 28.8Kbps	Modem de 56Kbps o superior
Tarjeta de Sonido	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.	Cualquier tarjeta de sonido compatible con Creative Labs Sound Blaster 16.
Tarjeta de Vídeo	16 colores	256 colores

Tabla 12. Requerimientos del Real Player³⁴

2.2.3.1.2.3 Ventajas

- Plataforma más conocida y probada, además de una gran base instalada
- Ejecuta también sobre sistemas UNIX
- Provee más herramientas de creación y edición de vídeos
- Soporta programación en SMIL
- Soporta el protocolo RTSP
- Soporta multidifusión

2.2.3.1.2.4 Desventajas

- Costo elevado
- Administración complicada
- La calidad de compresión de audio y vídeo es inferior a la de Windows Media Technologies
- Formato y codecs propietarios
- Se necesita licencias según el número de clientes, aunque estos estén en Internet

2.2.3.2 VoD Sobre ATM

La habilidad de las redes ATM para combinar la transmisión de voz, vídeo y datos sobre una sola conexión hace que se espere que sea el método estándar para el envío de vídeo en el futuro. El Forum de ATM esta actualmente desarrollando estándares para regular lo concerniente a la transmisión de vídeo.

El estándar de facto para el formato de compresión que se ha impuesto para la transmisión de vídeo sobre ATM es el MPEG2, desgraciadamente todavía no hay un estándar para la forma en que este flujo de vídeo es transmitido, dando lugar a que haya gran cantidad de vendedores con productos incompatibles entre sí, a pesar de que todos usen codificación MPEG2.

³⁴ Tomado del sitio Web de Real Media
(<http://www.realnetworks.com/products/playerplus/sysreqs.html>)

2.2.3.2.1 MPEG2 sobre ATM

2.2.3.2.1.1 Descripción

El modelo de transmisión de vídeo MPEG2 sobre ATM es el siguiente: las secuencias de vídeo son codificadas de acuerdo al estándar MPEG2 y el flujo de bits es convertido en paquetes dentro del Flujo de Transporte (TS) que son transferidos a la Capa de Adaptación ATM (AAL). El AAL segmenta el paquete TS en celdas que son transportadas sobre la red ATM y son recibidas en su destino donde son reensambladas en paquetes TS y enviadas a la capa de Sistema de MPEG2. Esta capa reconstruye el flujo de bits y lo decodifica, luego lo ejecuta para el usuario.³⁵

La capa AAL se usa para transmitir video no es estándar, pudiéndose usar la AAL1 o la AAL5 dependiendo del fabricante del equipo, esto provoca que los productos no sean compatibles entre sí.

La calidad que se alcanza al enviar vídeo MPEG2 sobre ATM es llamada frecuentemente “calidad de distribución” porque iguala a la alcanzada por los sistemas de distribución analógicos (radio frecuencia, cable coaxial, etc.) utilizados por estaciones de televisión o circuitos cerrados.

³⁵ Video on Demand Specification 1.1. ATM Forum. af-saa-0049.001. 1997

Generalmente el equipo se conforma por los siguientes componentes:

- **Servidor de Vídeo**

Es el que se encarga de comunicarse con el cliente y atender a sus solicitudes. Es el componente central del sistema. Se convierte en un mediador entre el cliente y los videos almacenados.

- **Repositorio de Vídeos**

Es la máquina o dispositivo que sirve de almacenar los vídeos ya codificados y listos para ser distribuidos. Recibe peticiones del servidor por uno o más vídeos almacenados.

- **Cliente**

Es una máquina con una tarjeta decodificadora de MPEG2 y el software capaz de comunicarse con el Servidor de Vídeo y capaz de reproducir interactivamente el flujo de vídeo del que es alimentado por el servidor. El cliente es responsable por la petición, presentación y el control de reproducción del vídeo.

2.2.3.2.1.2 V-Cache de First Virtual Company

2.2.3.2.1.2.1 Descripción

Analizamos este equipo ya que es una buena muestra de la gran cantidad de equipos de MPEG2 sobre ATM en el mercado y además es compatible con equipos ya existentes en la Escuela.

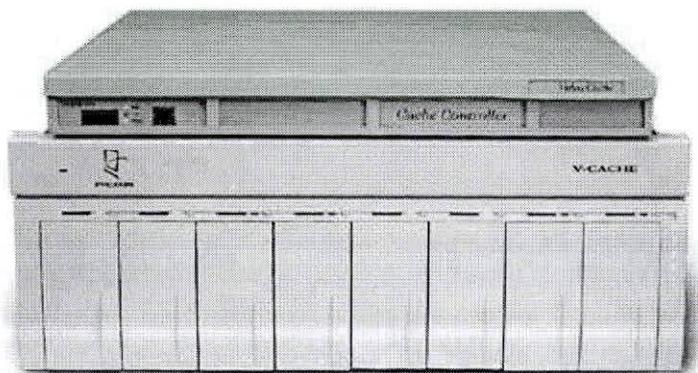


Figura 37. V-Cache de First Virtual Company

El V-Cache es un servidor de vídeos diseñado para transmitir flujos MPEG1 y MPEG2 sobre backbones ATM. El V-Cache se conecta directamente al backbone ATM mediante una interfaz de 155 Mbps. Usando el QoS de ATM, el V-Cache puede enviar más de 100 flujos individuales de MPEG-1 o MPEG-2 sobre ATM.³⁶

La capacidad de estos dispositivos varía según el modelo y cuantos discos tenga instalados pudiéndose llegar hasta a atender a 2000 clientes y almacenar 4000 horas de vídeo.

El precio de este equipo fluctúa dependiendo de la cantidad de horas de vídeo que puede almacenar y va desde unos 9.000 dólares para 3 horas de grabación hasta 80.000 dólares para 100 horas.

2.2.3.2.1.2.2 Requerimientos

- Backbone ATM
- Un puerto de 155 Mbps libre

2.2.3.2.1.2.3 Ventajas

- Alta calidad de vídeo y audio
- Utilización de QoS de ATM
- Soporta Multidifusión
- Utiliza estándares de vídeo (MPEG1 y MPEG2)

2.2.3.2.1.2.4 Desventajas

- Costo muy elevado
- No hay interoperabilidad con otros equipos
- Se requiere una licencia para cada máquina que recibe el flujo
- No es accesible a través de Internet.

³⁶ Sitio Web del V-Cache (<http://www.fvc.com/products/vcache.html>)

2.2.4 Comparación y Elección

Para poder seleccionar la solución que más se adapta a las necesidades de la ESPOL compararemos calidad, escalabilidad y costo de las diferentes alternativas que nos da el mercado. Primero compararemos la transmisión de vídeo sobre IP con la transmisión de vídeo sobre ATM.

Las principales ventajas de la transmisión de vídeo bajo demanda sobre IP sobre su análogo sobre ATM son:

- Los flujos de vídeo pueden ser accesibles a través de Internet y por ende si se quiere desde fuera de la Institución.
- El precio de una solución sobre IP es mucho menor al de una solución sobre ATM
- Se puede utilizar los recursos existentes de la Universidad como servidores e infraestructura de red.

Por otra parte las principales ventajas de la solución sobre ATM son:

- Calidad de vídeo muy superior a cualquier solución sobre IP
- No se degrada con la utilización del ancho de banda ya que utiliza el QoS de la red ATM

Dado que nuestro principal objetivo es el de implementar un sistema que sirva de soporte para la implementación de la Educación a Distancia es necesario que el

contenido de vídeo sea accesible desde fuera de la institución, o sea desde la casa del estudiante o cualquier otro lugar. En nuestro país no existe la tecnología necesaria para poder conectarse a una red ATM a través del sistema telefónico, a diferencia del popular acceso PPP que permite enlazar la máquina del estudiante a la red IP a través de una conexión telefónica.

Con este antecedente podemos llegar a la conclusión que el sistema que encaja mejor para resolver nuestro problema es la de transmisión de vídeo sobre IP, a pesar de que se puedan alcanzar una mayor calidad de vídeo y uso más eficiente del ancho de banda con la tecnología ATM.

Ahora nos queda comparar las diferentes tecnologías de transmisión de vídeo sobre IP. Haciendo las pruebas necesarias llegamos a la conclusión de que el Windows Media Technologies y el Real Media poseen una calidad de compresión, envío del vídeo y escalabilidad muy parecidas. Para hacer nuestra elección debemos basarnos en la variable que diferencia a los dos sistemas: el costo.

Para un sistema de un solo servidor y 200 usuarios simultáneos estos serían los costos de las dos tecnologías:

	Windows Media Technologies	Real Media sobre Windows NT	Real Media sobre Solaris
Hardware			
Servidor	Intel Pentium III-500, 256 MB RAM, disco duro SCSI	Intel Pentium III-500, 256 MB RAM, disco duro SCSI	Procesador Sun Ultra Sparc 10, 267 Mhz, 128 MB RAM, disco duro SCSI
Costo del Servidor	\$4000	\$4000	\$5700
Flujos Simultaneos a 56Kbps ³⁷	600	600	800
Software			
Sistema Operativo	Microsoft Windows NT Server 4.0	Microsoft Windows NT Server 4.0	Sun Solaris 2.7
Costo Sistema Operativo	\$800	\$800	Incluido con el servidor
Servidor de Streaming	Microsoft Windows Media Services 4.0	RealNetworks RealServer G2 Enterprise	RealNetworks RealServer G2 Enterprise
Costo de la Licencia del Servidor	\$0	\$11,195 para 200 usuarios	\$11,195 para 200 usuarios
Software Cliente	Microsoft Windows Media Player 6.0	RealNetworks RealPlayer G2	RealNetworks RealPlayer G2
Costo Software Cliente	\$0	\$0	\$0
Costo Total	\$4.800	\$15.995	\$16.895

Tabla 13. Comparación de Costos entre el Windows Media Technologies y el Real Media³⁸

³⁷ Según pruebas realizadas por Approach Inc. (<http://www.approach.com>)

³⁸ Los costos son promedios tomados a Diciembre de 1999. Documentación de soporte (<http://www.microsoft.com/Windows/windowsmedia/en/compare/WMTCostCompare.asp>)

Del cuadro se desprende que para un sistema como el que la ESPOL necesita (de 1 a 3 servidores) la elección lógica sería el Windows Media Technologies.

En resumen la solución más viable para la implementación de un sistema de vídeo bajo demanda para el desarrollo de la Educación a Distancia en la ESPOL es la utilización de un sistema de transmisión de vídeo sobre IP, más concretamente el Microsoft Windows Media Technologies.

2.3 Sistema de Distribución de Vídeos en Vivo

2.3.1 Definición

Un sistema de distribución de vídeo en vivo es un servicio asimétrico que transfiere información de vídeo codificado y comprimido digitalmente, esta información es tomada en tiempo real del ambiente por un equipo que puede o no ser el servidor y es transmitida a uno o más clientes que no tienen control sobre el flujo de vídeo que reciben.

Dado que todos los usuarios reciben la misma información al mismo tiempo y no tienen control sobre la reproducción del vídeo, la transmisión puede ser realizada utilizando multidifusión (multicasting) ahorrando de esta manera recursos y ancho de banda.

2.3.2 Utilización

Dentro de nuestra Escuela, un sistema de distribución de vídeo en vivo puede permitir la implementación de múltiples aplicaciones que no solo beneficiarían al desarrollo de la educación a distancia sino a la ESPOL en todo su conjunto. Las principales aplicaciones serían:

- Transmisión de Clases en Vivo

Mediante un sistema de distribución de vídeo en vivo se puede transmitir el vídeo de una clase para que personas que se encuentren en otras localidades lo puedan observar y puedan participar de una manera asincrónica.

- Transmisión de un Evento o Programa

La ESPOL como institución puede transmitir en línea eventos o programas especiales, así como también mensajes que el Rector u otras autoridades quisieran difundir dentro de la Universidad. Estos eventos y programas pueden ser transmitidos no solo dentro de la institución sino ser accesibles desde cualquier lugar del planeta.

- Monitoreo

A través de este sistema se puede crear un sistema de monitoreo en vídeo que no dependa de cableado coaxial, sino que utilice la red de la Universidad, se pudiera controlar espacios y lugares remotos desde un centro de control principal.

- Programas Especiales Adquiridos de Terceros

La ESPOL podrá transmitir dentro de su campus programas educativos que fueren adquiridos a terceros y sean recibidos a través de una señal de televisión ya sea por cable o satélite. Un ejemplo sería comprar los derechos para transmitir alguna serie del canal educativo Discovery Channel o de la BBC.

2.3.3 Alternativas Actuales

De la misma manera que el VoD la tecnología de transmisión de vídeo en vivo esta emergiendo con gran fuerza dentro del ámbito de las tecnologías de información como una forma eficaz de difundir eventos de manera sincrónica acercando la tecnología del Web a la tecnología de difusión de la televisión.

Dado que la transmisión de vídeo bajo demanda y vídeo en vivo son similares, muchos proveedores de software y hardware ofrecen ambas tecnologías dentro de un mismo producto, aunque otros prefieren dividirlo en paquetes diferentes. A continuación se describen las principales alternativas disponibles al momento:

2.3.3.1 Vídeo en Vivo sobre IP

Los sistemas de transmisión de vídeo en vivo sobre IP hacen uso principalmente del protocolo UDP/IP para enviar los paquetes del cliente al servidor ya que UDP tiene

menos sobrecarga que TCP/IP y se comporta mejor para comunicaciones en tiempo real.³⁹

Otra característica que aprovechan los sistemas de vídeo en vivo sobre IP es la capacidad que tienen estos para soportar la multidifusión, basta que el servidor emita un solo paquete de datos de vídeo para que el resto de computadoras dentro de la red puedan recibir la misma información. Con este sistema se logra que el servidor pueda atender a un número ilimitado de usuarios y se preserve el ancho de banda ya que no se crean varias conexiones sino solamente un solo paquete es transmitido.

Si se quiere utilizar multidifusión se debe estar seguro de que la red en que se encuentre permita trasladar los paquetes de multidifusión de una red a otra (ruteadores multidifusores), por ejemplo las conexiones PPP no permiten acceder a este tipo de servicio, por lo cual la multidifusión en el mejor de los casos estaría limitada a la red física de la ESPOL.

Una característica común en los programas que permiten el envío de flujos de vídeo en tiempo real es que el codificador debe ser una máquina más potente que la usualmente utilizada para la codificación de vídeos grabados ya que necesita codificar y comprimir en tiempo real la información que llega desde el exterior y enviarla al

³⁹ Página sobre UDP y TCP (<http://www.niit.pref.nara.jp/~hidena-s/inet.html>)

servidor. Generalmente estos programas requieren máquinas con más de un procesador.

2.3.3.1.1 Windows Media Technologies

Este producto ya fue descrito en la sección 2.2.3.1.1. Este software además de proveer capacidad para hacer el “streaming” de vídeos almacenados en un servidor, brinda la posibilidad de tomar éste flujo de vídeo directamente de una máquina que lo este codificando en tiempo real y de ahí transmitirla por la red.

El programa que realiza esta función se denomina Real Time Encoder que se encarga de capturar el vídeo y el sonido, codificarlo y transmitirlo a un servidor de Windows Media Technologies. De ahí en adelante el proceso que sigue el flujo de vídeo es el mismo que en el caso de vídeo bajo demanda.

La principal ventaja del Windows Media Technologies es su capacidad de utilizar la multidifusión sin conexión, o sea que los usuarios no tienen que comunicarse con el servidor para lograr ver un vídeo transmitido, esto genera una menor utilización de la red y menor carga para el servidor.

2.3.3.1.2 Real Media

Real Media es otro producto que a más de brindar facilidades para el VoD (descrito en la sección 2.2.3.1.2) permite proporcionar contenido en vivo a manera de “streaming”. Al igual que Windows Media Technologies utiliza un codificador

ubicado en alguna máquina diferente al servidor para capturar el vídeo, codificarlo y enviarlo al servidor.

El Real Media tiene la desventaja de que sus transmisiones en multidifusión requieren que el cliente tenga un contacto con el servidor lo cual aumenta el consumo de ancho de banda.

2.3.3.2 Vídeo en Vivo sobre ATM

2.3.3.2.1 Descripción

Al igual que sobre la red IP existen productos destinados a transmitir vídeo en vivo sobre las redes ATM. Sobre ATM generalmente se codifica el vídeo en formato MPEG-1 o MPEG-2; para realizar esta codificación y compresión en tiempo real se requiere hardware dedicado que convierta la señal de vídeo análoga a flujos del tipo MPEG.

Debido a este requerimiento de hardware las soluciones sobre ATM son generalmente más costosas que sus contrapartes sobre IP, pero a cambio brindan una calidad inalcanzable por estas.

El mercado de distribución de vídeo en vivo sobre ATM es muy grande, pudiéndose encontrar gran variedad de fabricantes que ofrecen sus soluciones. De esta gran

cantidad de fabricantes vamos a tomar una muestra que ejemplifica los equipos que se pueden utilizar.

2.3.3.2.2 V-Caster de First Virtual Company

2.3.3.2.2.1 Descripción

Analizamos este equipo ya que es una buena muestra de la gran cantidad de equipos de MPEG2 sobre ATM en el mercado y además es compatible con equipos ya existentes en la ESPOL.

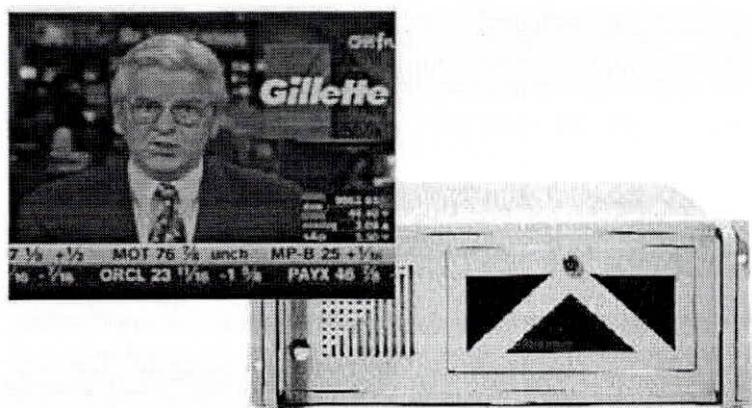


Figura 38. V-Caster de FVC

El V-Caster es un dispositivo que captura vídeo desde una entrada análoga y lo convierte ya sea a formato MPEG1 o MPEG2 y lo transmite sobre la red ATM utilizando QoS. Puede utilizar tanto una interfaz de 25 Mbps UTP o 155 Mbps sobre Fibra Optica. El V-Caster es capaz de enviar seis flujos diferentes de MPEG1 o tres flujos diferentes de MPEG2.

El V-Caster utiliza la multidifusión sobre ATM pero este protocolo debe estar implementado en los switch ATM, actualmente en los switches de la ESPOLE este protocolo no está habilitado.

El precio de este equipo fluctúa dependiendo del formato (solamente MPEG1 o MPEG2) y el número de flujos que es capaz de manejar (de 1 a 6 para el MPEG1 y de 1 a 3 para MPEG2) desde \$10.000 hasta \$100.000.

2.3.3.2.2 Requerimientos

- Backbone ATM
- Un puerto de 155 o 25 Mbps libre

2.3.3.2.3 Ventajas

- Altísima calidad de vídeo y audio
- Utilización de QoS de ATM
- Soporta Multidifusión
- Utiliza estándares de vídeo (MPEG1 y MPEG2)

2.3.3.2.4 Desventajas

- Costo muy elevado
- No hay interoperabilidad con otros equipos
- Se requiere una licencia para cada máquina que recibe el flujo
- No es accesible a través de Internet.

2.3.4 Comparación y Elección

Para los usos que se pretende dar al sistema de distribución de vídeo en vivo las soluciones sobre ATM brindan una mayor calidad y confiabilidad en la transmisión. Estas transmisiones se realizarían sobre el backbone ATM sin menguar los recursos de la red gracias al QoS. Lamentablemente el costo de estas soluciones las hacen poco accesibles para que la Universidad implemente estos sistemas a gran escala.

Descartada la alternativa de vídeo sobre ATM, nos queda la de vídeo sobre la red IP de la Universidad, que aunque no brinde la misma calidad y sea más difícil de operar que su contraparte sobre ATM, brinda un servicio aceptable, pudiendo usar las capacidades de multidifusión de la red IP de la Universidad que no requeriría más que la implementación de túneles habilitados por software para que el sistema funcione sobre este protocolo.

Al igual que en los sistemas de vídeo bajo demanda los dos productos principales difieren muy poco en cuanto a calidad y escalabilidad, pero si difieren en cuanto a precio. El análisis de cuánto costaría implementar cada uno de estos sistemas está detallado en la sección 2.2.4. El producto que presenta el menor costo a una calidad aceptable es el Windows Media Technologies, que al ser el mismo paquete que se eligió para el sistema de distribución de vídeo bajo demanda, nos ahorra la necesidad de un servidor diferente y unifica la interfaz para manejar estos dos sistemas.

En resumen, a pesar de que la solución ATM ofrece una mejor calidad de transmisión y una mayor confiabilidad, su precio la hace inaccesible en este momento para la Escuela, debiéndonos en la necesidad de implementar un sistema menos costoso que nos provea con una calidad aceptable. El producto elegido dentro de esta tesis es el Microsoft Windows Media Technologies, que unifica tanto vídeo bajo demanda como vídeo en vivo.

2.4 Sistema Punto a Punto de Videoconferencia

2.4.1 Definición

Un sistema punto a punto de videoconferencia consiste en un enlace audiovisual entre dos puntos geográficamente separados. En él hay un intercambio de audio, vídeo y datos en tiempo real tal cual lo habría en una conferencia normal.

Otra definición sería: la videoconferencia punto a punto es un sistema interactivo, simétrico en tiempo real que permite el envío/recepción tanto de audio como de vídeo de dos grupos de personas ubicadas en lugares diferentes por medio de un enlace de comunicación.

2.4.2 Utilización

Dentro de nuestra Escuela, un sistema punto a punto de videoconferencia tendría múltiples aplicaciones que tendría su principal impacto en el programa de educación a distancia que se desea implantar. Algunas de estas aplicaciones serían:

- Clases o Seminarios dictados por Profesores Extranjeros

Profesores de otras Universidades que tuvieran facilidades de videoconferencia podrían dictar cursos o seminarios en nuestra Escuela sin necesidad de ser trasladados desde su país al nuestro.

- Dictar Clases o Seminarios a otras Universidades

Los profesores de la ESPOL tendrían la capacidad de dictar sus cursos y seminarios no solo dentro de los límites del campus universitario, sino también tener un grupo de alumnos remotos en otra institución educativa con servicios de videoconferencia.

- Evitar Redundancia de Clases dentro de la Universidad

Un profesor o grupo de profesores en vez de dictar una cátedra similar en dos Facultades o Campus de la Escuela, pudiera dictar su clase en solo una de ellas y tener al otro grupo remoto, tanto dentro de los linderos del campus como en otro campus de la Universidad.

- Realización de Reuniones de Trabajo de Grupos Administrativos y Comisiones de la Escuela

Las juntas de directivos de la Escuela, así como también de los miembros de las comisiones se podrían realizar a través de una videoconferencia si es que la ubicación geográfica (en diferentes campus) impidiera que se reunieran.

- Oferta de Cursos Especializados a Empresas

Se podría ofertar a las empresas cursos de temas específicos para adiestrar a sus empleados y ejecutivos. Estos cursos serían una buena fuente de ingreso para la Escuela.

- Seguimiento de proyectos

Con un sistema de Videoconferencia se podría comunicar a los ingenieros y empleados que estén trabajando en un proyecto en el campo, que tuviera acceso a internet, con los supervisores o personal de fiscalización que esté en el campus universitario para poder llevar un control eficiente del proyecto, ahorrando la transportación de estos últimos al lugar donde se realiza el proyecto.

2.4.3 Alternativas Actuales

En el mercado de la videoconferencia punto a punto existe una gran cantidad de opciones, dependiendo del tipo de enlace de comunicación que se utilice. En esta

tesis se hará una revisión de los productos más representativos en cada una de estos medios.

2.4.3.1 Videoconferencia sobre IP normal

La videoconferencia sobre IP se lleva a cabo utilizando los protocolos de transmisión TCP/IP o UDP/IP y el conjunto de protocolos de videoconferencia H.323 para transmitir el audio y el vídeo de un sitio al otro y viceversa. La calidad de esta transmisión está condicionada al ancho de banda que este disponible en la red y puede ser interferida y hasta anulada por tráfico que en ese momento también este utilizando todo o parte del enlace entre los dos puntos.

El esquema que se sigue para la videoconferencia sobre IP es el de la mayoría de aplicaciones sobre IP, el de “mejor esfuerzo”, que no garantiza que la transmisión vaya a tener el ancho de banda necesario para lograr la calidad de transmisión que se desea.

Entre las principales aplicaciones de videoconferencia sobre IP encontramos las siguientes:

2.4.3.1.1 Netmeeting

2.4.3.1.1.1 Descripción

Microsoft NetMeeting es una herramienta de colaboración y videoconferencia que se destaca de las demás aplicaciones por su habilidad de permitir a los usuarios

compartir aplicaciones. Es la única herramienta gratis que provee audio, vídeo, transferencia de archivos, chat, compartición de documentos y un pizarrón. NetMeeting está disponible libremente o como parte del Microsoft Internet Explorer. Su mayor desventaja es que solo se ejecuta sobre plataformas Windows 9x/NT, esto es importante si se necesita realizar videoconferencias entre plataformas diferentes.

La mayor característica de NetMeeting es la compartición de aplicaciones. Virtualmente cualquier aplicación basada en Windows puede ser abierta y compartida con otras personas en una videoconferencia. El usuario que abre la aplicación puede escoger compartirla, lo que hace que la aplicación aparezca en la pantalla de la computadora de los demás usuarios que estén en la conferencia. Si el usuario originario no selecciona la opción de colaboración los demás usuarios solo podrán ver lo que ese usuario hace. Pero, si el usuario originario escoge el modo colaborativo y los demás usuarios también escogen colaborar, cualquiera de esos usuarios puede usar esa aplicación como si estuviera en la máquina de origen. Esta compartición de aplicaciones funciona aún cuando los demás usuarios no tengan instalada la aplicación en sus computadoras. Una vez que el documento en que se está trabajando es terminado el usuario inicial puede tomarlo de su disco duro y enviárselo a los demás participantes de la conferencia.

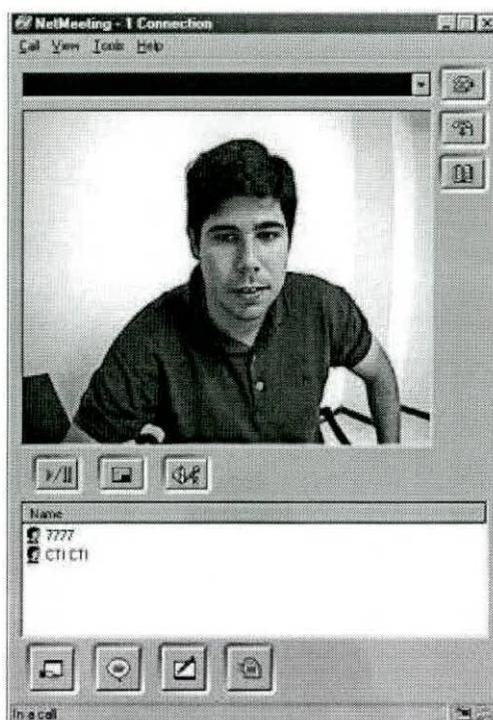


Figura 39. Interfaz de NetMeeting

La calidad del audio que es transmitido y recibido es buena, algunas veces es comparable a la que se alcanza con el teléfono, pero la mayoría de veces es de menor calidad que este. Esto se debe al hecho de que generalmente se esta enviando vídeo junto al audio. Netmeeting solo permite que dos personas intercambien la información en audio. El video en NetMeeting es claro (Ver figura 39). El rostro de una persona puede ser fácilmente distinguido en el otro extremo de la conferencia.

2.4.3.1.1.2 Requerimientos⁴⁰

- Microsoft Windows(R) 95 / 98
- 486/66 con 8 MB de RAM (mínimo)
- Pentium con 12 MB de RAM (recomendado)
- Microsoft Windows NT 4.0
- 486/66 con 16 MB de RAM (mínimo)
- Service Pack 3 para Windows NT 4.0 (para compartición de aplicaciones)

2.4.3.1.1.3 Ventajas

- Se puede obtener libremente en Internet
- Cumple con todas las especificaciones y protocolos del H.323
- Puede utilizar cualquier entrada de vídeo que se disponga (Camara QuickCam, tarjeta capturadora de video, entre otros)

2.4.3.1.1.4 Desventajas

- Calidad de audio pobre cuando también se utiliza vídeo
- No logra la calidad de vídeo de sistemas con hardware incluido

⁴⁰ Tomado del Sitio Web de NetMeeting (<http://www.windows.com/netmeeting/>)

2.4.3.1.2 Intel ProShare 500

2.4.3.1.2.1 Descripción

El Intel ProShare 500 es un sistema para videoconferencias personales que está constituido por una tarjeta codificadora/decodificadora, una cámara, y un auricular con micrófono. Este equipo puede realizar videoconferencias sobre ISDN a una velocidad máxima de 128Kbps y sobre IP a 384 Kbps, con lo cual logra enviar vídeo comprimido en H.261 en formato CIF a 15 cuadros por segundo. También, si está conectado a otro equipo Intel la compresión que usa es la H.263, lo cual proporciona una mejor calidad en la imagen.

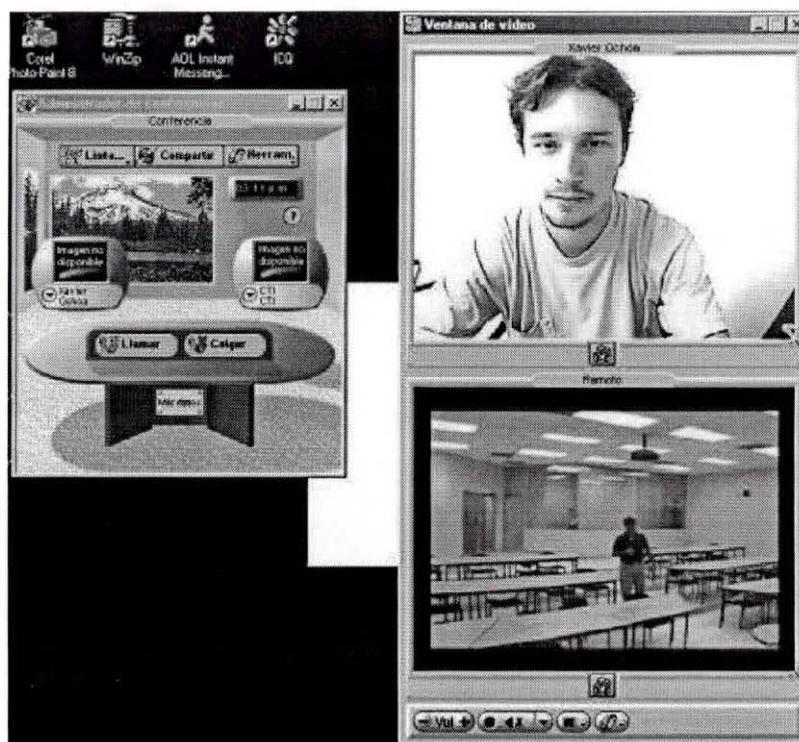


Figura 40. Interfaz del IntelProShare

La calidad de imagen y sonido que se consigue con el Intel ProShare lo hace uno de los productos líderes en este mercado, eso sumando a su precio accesible, \$700, hace que se haya popularizado como equipo de videoconferencia tanto sobre IP como ISDN.

2.4.3.1.2.2 Requerimientos⁴¹

- Intel Pentium 233 Mhz (para un desempeño óptimo 400Mhz o superior)
- 32 MB RAM con Microsoft Windows 95/98
- 80 MB de espacio libre en disco
- Un puerto PCI libre
- Monitor SVGA
- Una línea ISDN BRI 2B+D, 112 – 128 Kbps . (Para enlace ISDN)
- Interfaz TCP/IP para hacer llamadas sobre IP (Para enlace sobre IP)

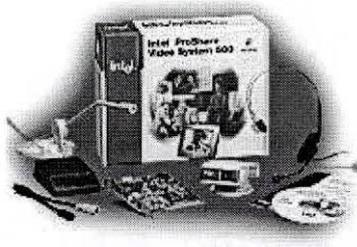


Figura 41. Componentes del Kit del Intel ProShare

2.4.3.1.2.3 Ventajas

- Provee capacidad de conexión sobre ISDN e IP

⁴¹ Tomado del Sitio Web del Intel ProShare (<http://www.picturetel.com/proshare>)

- Calidad de vídeo y audio óptimas
- Cumple todos los estándares H.320 y H.323

2.4.3.1.2.4 Desventajas

- Costo mayor a alternativas solo en software (NetMeeting)
- No se puede utilizar otras fuentes de vídeo.

2.4.3.2 Videoconferencia sobre ATM

La red ATM es el mejor medio para realizar videoconferencias. La red ATM proporciona Calidad de Servicio (QoS), lo que significa que se puede reservar un ancho de banda para la transmisión tanto de ida como de vuelta y así poder proporcionar una calidad estable durante toda la videoconferencia.

El ancho de banda que proporciona ATM permite que se pueden llevar a cabo varias videoconferencias de alta calidad al mismo tiempo sin interrumpirse entre sí o afectando a otras transmisiones en la red como el envío de archivos.

Dentro del mercado de la videoconferencia sobre ATM se pueden encontrar varios protocolos que caen en dos categorías: los que son compatibles con el estándar H.321 (o H.320 sobre ATM) y los que los que cumplen con el estándar H.310. Los primeros utilizan un método de compresión de vídeo H.261 o H.263, mientras que los

segundos utilizan compresión MPEG2. Además de estos dos grupos existen varios protocolos propietarios que solo pueden comunicar equipos del mismo fabricante.

A continuación se analizará dos productos del mercado que caen en una de estas dos categorías, H.321 y H.310.

2.4.3.2.1 BVS de Bay Networks

2.4.3.2.1.1 Descripción

El BVS (Business Video System) es en realidad un paquete que contiene varios productos de diferentes fabricantes. Contiene una tarjeta de red ATM, una tarjeta de videoconferencia sobre ISDN, los cables de interconexión y software para manejar estos dispositivos. Junto con la tarjeta codificadora de videoconferencia viene una cámara y un micrófono.

Debido a que no existe ninguna tarjeta codificadora de videoconferencia que transmita directamente sobre ATM, esta solución toma la salida de la tarjeta codificadora de videoconferencia sobre ISDN (protocolo H.320) y los convierte a protocolo H.321. La tarjeta con interfaz ATM transmite las celdas y a su vez recibe las celdas que envía la otra unidad codificadora, luego transforma este flujo H.321 a H.320 y se lo pasa de nuevo a la tarjeta decodificadora de videoconferencia para que sean presentados al usuario tanto el audio como el vídeo.

Como vemos los principales componentes de este sistema son:

- Tarjeta de Videoconferencia Zydacron OnWan 250

Esta es una tarjeta de videoconferencia sobre ISDN que posee un puerto MVIP (Multi Vendor Interface Protocol) que le permite comunicarse con la tarjeta de red ATM. Esta tarjeta codifica la entrada de vídeo de la cámara y la de audio del micrófono y los convierte al protocolo H.320 que es el que normalmente se usaría para transmitir sobre ISDN, pero al estar en uso la interfaz MVIP se lo transmite a la tarjeta VNIC.



Figura 42. Sistema Zydacron OnWan 250

Esta tarjeta es capaz de transmitir hasta una calidad máxima de 15 cuadros por segundo a una resolución CIF. Esta calidad es aceptable para una videoconferencia de bajo perfil.

- Tarjeta de Red ATM VNIC de FVC

Esta tarjeta se encarga de tomar el protocolo H.320 de la tarjeta de videoconferencia y transformarlo a H.321 que es el protocolo de transferencia sobre la red ATM.

Esta tarjeta también recibe la información de la red ATM y la convierte al protocolo H.320 para ser luego inyectado en la tarjeta decodificadora de videoconferencia.

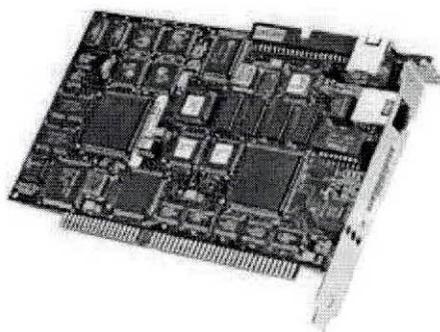


Figura 43. Tarjeta V-NIC de FVC

El costo de cada paquete en el mercado es de aproximadamente \$5000 por máquina.

Con este equipo se tiene la ventaja de que se puede realizar videoconferencias ya sea sobre la red ATM, así como también un enlace ISDN.

2.4.3.2.1.2 Requerimientos⁴²

- Red ATM con un puerto de 25Mbps disponible
- Computadora Pentium de 300 MHz o mayor
- 64 Mb de memoria RAM
- Dos puertos PCI disponibles.

2.4.3.2.1.3 Ventajas

- Alta calidad de vídeo y audio.
- Utiliza el QoS de la red ATM
- No interfiere con las demás transmisiones en la red.

2.4.3.2.1.4 Desventajas

- Su precio es elevado.
- No puede lograrse comunicación con nodos fuera de la red interna de la Escuela

2.4.3.2.2 *VaN de IBM*

2.4.3.2.2.1 Descripción

El VaN (Video Access Node) esta basado en un subconjunto de la especificación H.310 para transmisión de videoconferencia de alta calidad sobre redes ATM. El

⁴² Tomado del Sitio Web de FVC (<http://www.fvc.com/products/vnic>)

VaN puede enviar y recibir información audiovisual a otra terminal que cumpla con el protocolo H.310.

Físicamente el VaN es una computadora adaptada especialmente para la captura y recepción de vídeo y audio. Dependiendo de su configuración puede transmitir vídeo codificado MPEG2 desde 1.5 a 15 Mbps, lo cual hace que la calidad de la videoconferencia sea comparable a la que se obtiene del vídeo DVD.

El VaN también puede ser usado para la transmisión de vídeo bajo demanda sobre la red

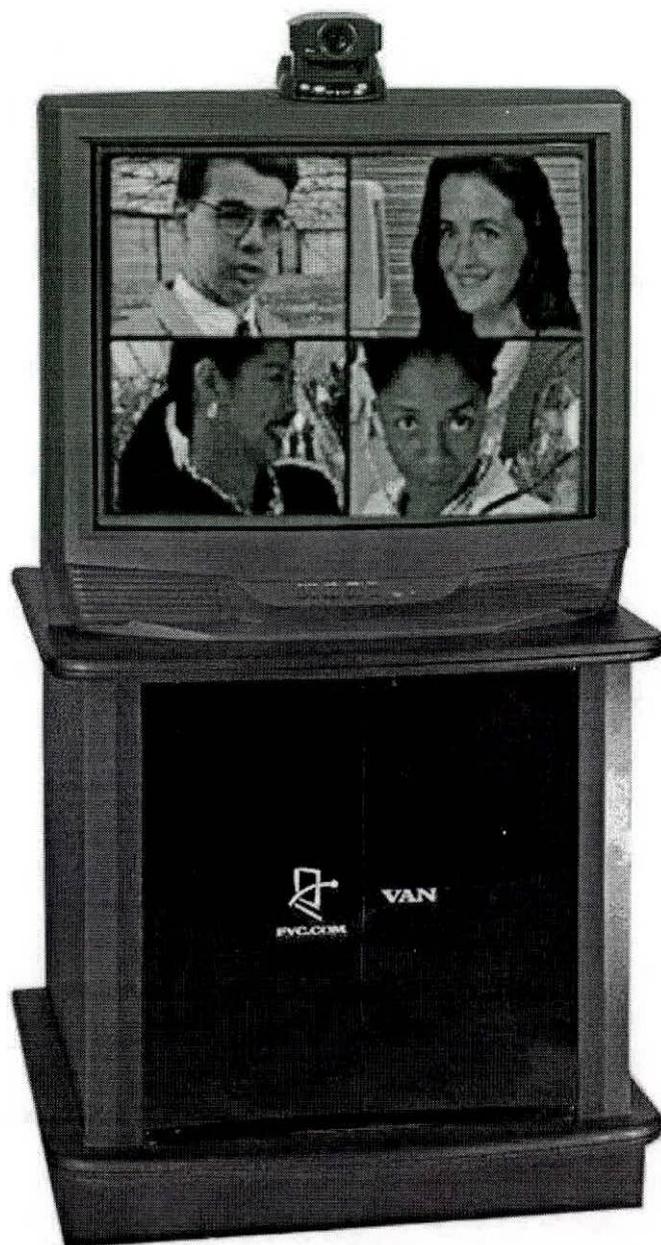


Figura 44. Video Access Node (VAN)

ATM con formato MPEG2. El costo de este equipo oscila entre los \$30.000 y los \$50.000 dependiendo de las opciones que se instalen.

2.4.3.2.2.2 Requerimientos

- Backbone ATM con un puerto de 25 o 155 Mbps disponible

2.4.3.2.2.3 Ventajas

- Excelente calidad de vídeo y audio (calidad de distribución)
- No interfiere con otras transmisiones en la red.
- Utiliza QoS de la red ATM

2.4.3.2.2.4 Desventajas

- Precio prohibitivo
- No se puede conectar con nodos externos a la red de la ESPOL

2.4.3.3 Videoconferencia sobre ISDN

La Red de Servicios Digitales Integrados (ISDN – Integrated Services Digital Network) fue el primer medio que se popularizó para llevar a cabo videoconferencias. Esto se debe a su relativo bajo costo y su capacidad de brindar un ancho de banda dedicado, tal cual lo hace una línea telefónica.

Para transmitir vídeo sobre ISDN se utiliza el protocolo H.320, del cual se derivan los protocolos H.321 para redes ATM, el H.323 para redes Ethernet y el H.324 para redes telefónicas (POTS).

El mercado de productos para videoconferencia sobre ISDN es el más nutrido, pudiéndose hallar gran variedad de equipos con diferentes propósitos y costos. Se puede hacer una gran división, desde sistemas de videoconferencia personales o de escritorio a sistemas de videoconferencia de auditorio o salón. Los primeros están dirigidos a videoconferencias de mediana calidad sobre un solo enlace ISDN, funcionan en la computadora de un cliente y su principal función son videoconferencias informales.

El segundo grupo son codecs para auditorio que son capaces de transmitir y recibir usando más ancho de banda y requieren varios canales ISDN dependiendo de la calidad de la videoconferencia. Estos equipos son independientes, es decir que no necesitan una computadora para operar, y tienen entradas para varias cámaras.

Como ejemplo del sistema de Escritorio podemos usar un equipo como el Intel ProShare 500 que ya fue descrito en la sección 2.4.3.1.2 y para el sistema de Auditorio el PictureTel Venue 2000, que ya ESPOL utiliza.

El PictureTel Venue2000 es un codec de videoconferencia diseñado para llevar a cabo videoconferencias de alta calidad sobre varios tipos de redes, principalmente sobre ISDN.

A diferencia de los codecs para videoconferencia personal, el PictureTel Venue2000 viene equipado con circuitos que realizan tareas especiales como la supresión de eco, reducción de ruido, aumento de la cantidad de cuadros por segundo, mayores tasas de datos, entre otras. Estos circuitos adicionales aumentan su costo, pero también mejoran significativamente la calidad de la videoconferencia.

El PictureTel Venue2000 puede transmitir en su versión estándar solamente hasta 128 Kbps, pero tiene una opción que le permite transmitir hasta 1920 Kbps. Esta alta tasa de datos puede ser usada con dos o más líneas ISDN o cuando se conecta a redes Ethernet o ATM mediante dispositivos especiales. La calidad alcanzada entonces con este tipo de sistemas permite una videoconferencia más natural justificándose claramente su precio.

Estos sistemas también pueden venir con accesorios, incluyendo monitor, cámaras, micrófonos detectores de voz, amplificación, mesa rodante, entre otros, que los hacen independientes y transportables.

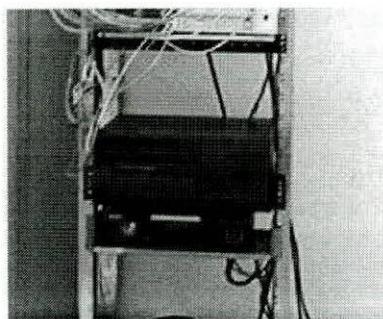


Figura 45. Codec PictureTel Venue2000 instalado en el Aula Virtual

El costo de estos sistemas fluctúa entre los \$30.000 y los \$60.000 dependiendo de las opciones y accesorios que se seleccione.

Esta solución ya sido adquirida por la Escuela y está en funcionamiento en el Aula Virtual, que maneja el Centro de Tecnologías de Información (CTI) en el área de Tecnologías.

2.4.4 Comparación y Elección

Analizando las anteriores soluciones y en base a las experiencias obtenidas tenemos:

Sistemas sobre IP

Ventajas:

- Bajo costo por nodo de videoconferencia.
- Se puede utilizar cualquier máquina multimedia y con una cámara para que sea un punto de videoconferencia.
- Omnipresencia de una conexión a la red IP, tanto dentro del campus, como fuera del él (conexión telefónica)

Desventajas:

- Baja calidad en el caso de Netmeeting.
- Esta sujeto a la disponibilidad de ancho de banda en la red.

Sistemas sobre ATM

Ventajas:

- Alta calidad de transmisión tanto de audio como de vídeo permiten hacer videoconferencia a niveles adecuados para la Educación a Distancia
- Ancho de banda dedicado permite obtener una calidad constante durante toda la transmisión.
- La ESPOL ya tiene una infraestructura ATM instalada.

Desventajas:

- Precios relativamente altos por nodo de videoconferencia.
- Necesidad de llevar la conexión ATM hasta el punto donde se encuentra la máquina.

Sistemas sobre ISDN

Ventajas:

- Base instalada de productos muy amplia y estándares bien definidos.
- La red ISDN se extiende a nivel internacional.

- Proporciona un ancho de banda dedicado.

Desventajas:

- La ESPOL no tiene una red interna ISDN
- La calidad de transmisión es menor a la de ATM
- El ISDN no se ha implementado todavía en nuestro país.

Comparando todas estas ventajas y desventajas, notamos que la solución sobre IP es la más económica, pero el software Netmeeting no cumple con las necesidades de la Educación a Distancia debido a que la calidad que puede brindar todavía es baja, quedándonos como alternativa viable y todavía relativamente económica, el Intel ProShare. Además este equipo ofrece un puerto ISDN que le permitirá realizar llamadas de buena calidad con puntos internacionales cuando la red ISDN sea una realidad en nuestro medio.

Otra solución viable para la de implementación de videoconferencia punto a punto interna es usar el backbone ATM presente en la Escuela. Esta sería la opción más clara, aunque no la más económica, así además de dar uso al ancho de banda interno con que cuenta la Escuela, se logrará videoconferencia de alta calidad.

Dentro del campo de ATM tenemos las soluciones basadas en el protocolo H.321 y las basadas en H.310. Si bien mayor calidad es brindada por los equipos que se basan

en el protocolo H.310, sus precios son prohibitivos para nuestra realidad. Además equipos existentes en el Aula Virtual utilizan el protocolo H.321, así que para reducir costos y aprovechar el equipo ya existente sería más conveniente seleccionar esta alternativa. En el caso concreto, para videoconferencia sobre ATM, elegiremos equipos BVS de Bay Networks o FVC.

La implementación de una u otra solución estará dictaminada por la disponibilidad de dinero para cubrir el costo de los equipos. Siendo la opción más económica el Intel ProShare 500, será el equipo con el cual realizaremos el prototipo, pero sin descartar la posibilidad de en un futuro implementar la videoconferencia sobre ATM utilizando el BVS para brindar una mayor calidad y aprovechar el backbone ATM de la Escuela.

2.5 Sistema Multipunto de Videoconferencia

2.5.1 Definición

Un sistema multipunto de videoconferencia se puede definir como aquel que permite al usuario conectarse con dos o más sitios simultáneamente y transmitir y recibir información multimedia como vídeo y audio.

Por su implementación y topología la videoconferencia multipunto se divide en tres grupos:

- Conexión “todos contra todos”

Consiste en tener un enlace entre cada par de sitios, de tal manera que si hay n sitios, cada nodo necesita $n-1$ conexiones. Esta además decir que este tipo de solución ha sido ampliamente descartada en el mercado.

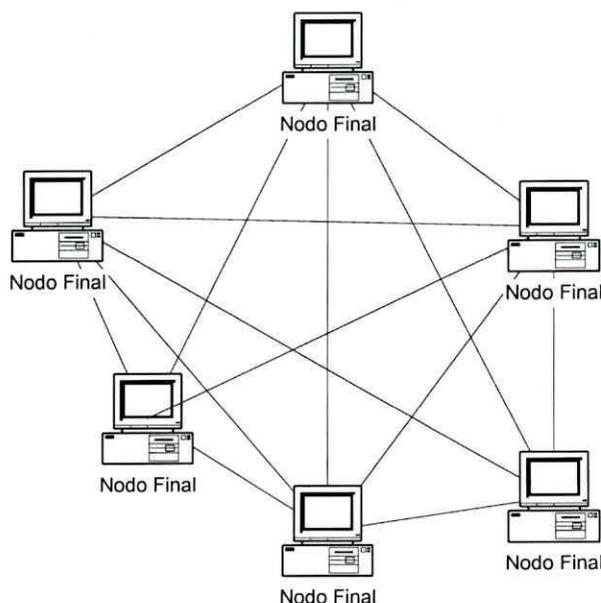


Figura 46. Conexión “todos contra todos”

- Multidifusión

En este sistema se envía una sola señal y todos los demás nodos la reciben, aquí cada nodo solo necesita una conexión a la red común. Este sistema ahorra ancho de banda en la red y es la solución “ideal” al problema de la videoconferencia multipunto.

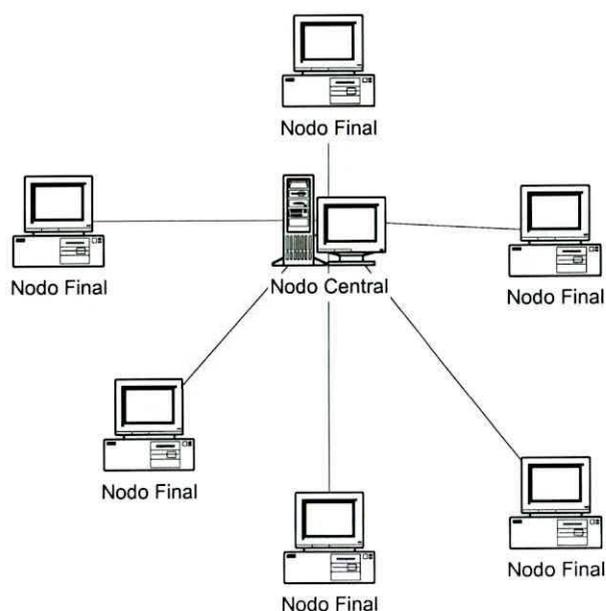


Figura 47. Utilización de Multidifusión

- **Nodo Central**

Esta es una solución práctica para la implementación de videoconferencia multipunto. En este sistema existe un nodo central que se encarga de recibir la transmisión de cada uno de los demás nodos y “reflejarla” a los otros sitios. Así si hay n equipos en videoconferencia, cada nodo final necesita una sola conexión, pero el nodo central necesita n conexiones.

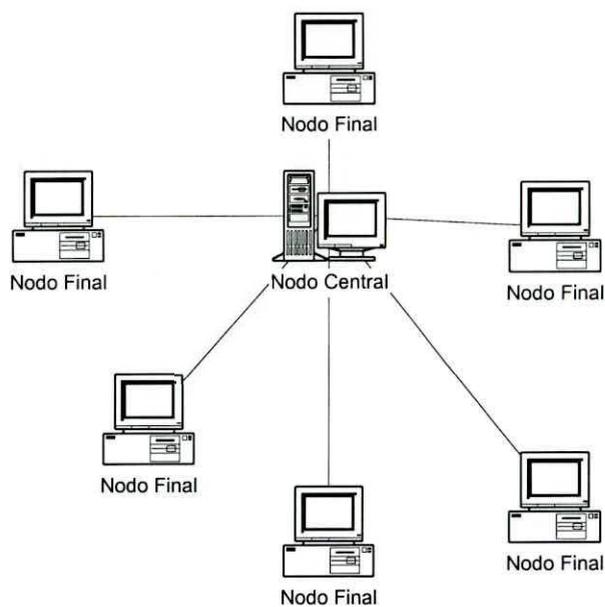


Figura 48. Paradigma del Nodo Central

2.5.2 Utilización

La utilización de este sistema es la misma que la del sistema punto a punto de videoconferencia, pero además tiene las siguientes aplicaciones:

- Reuniones de grupos de trabajo

Mediante un sistema de videoconferencia multipunto se puede llevar a cabo una sesión de un grupo de trabajo geográficamente disperso. Al poder verse y oírse los participantes pueden intercambiar libremente sus ideas.

- Clases en varios salones

Con este sistema un profesor puede dictar un curso en varias aulas, geográficamente distribuidas, simultáneamente e interactuar con los alumnos de cada una de ellas. Esto permitiría ahorrar recursos y evitar clases que se repiten en varias facultades o institutos.

2.5.3 Alternativas Actuales

La videoconferencia multipunto a diferencia de la videoconferencia punto a punto todavía no está ampliamente implementada y su utilización ha estado limitada a servicios entre empresas o universidades con los suficientes recursos para costear el equipo necesario o el alquiler de un nodo central.

Soluciones más económicas que utilizan la multidifusión se encuentran en etapa de investigación, pero en un futuro pueden ser el estándar en videoconferencias multipunto. Como hemos hecho con los demás sistemas, analizaremos las diferentes alternativas guiándonos por el tipo de red que utilizan para la comunicación. Así tenemos lo siguiente:

2.5.3.1 Videoconferencia Multipunto sobre IP

El protocolo IP generalmente está implementado sobre redes Ethernet, este tipo de red comparte un medio común para la transmisión y recepción de mensajes, esto lo hace la solución ideal para la Multidifusión que es una de las maneras más fáciles y eficiente de implementar un sistema de videoconferencia multipunto, pero debido a

que todavía los ruteadores, en su gran mayoría, no soportan la multidifusión, también existen soluciones con el paradigma del Nodo Central.

A continuación veremos un ejemplo de cada una de estas tecnologías:

2.5.3.1.1 Herramientas Mbone

2.5.3.1.1.1 Descripción

Las herramientas Mbone son un grupo de aplicaciones que se utilizan para transmitir vídeo, audio y datos utilizando la multidifusión sobre IP. Estas herramientas han sido desarrolladas por las Universidades y Centros que se encargan de la implementación y desarrollo del Mbone o Backbone Multicasting de Internet.

Estas herramientas, dependiendo de la aplicación, utilizan protocolos en desarrollo como el Protocolo de Reservación (RSVP – ReSerVation Protocol) para transmitir contenido multimedia a través de una arquitectura de “mejor esfuerzo” como lo es IP.

Las principales herramientas del Mbone son:

2.5.3.1.1.1.1 VIC

Esta es una aplicación que sirve exclusivamente para la transmisión de vídeo en multidifusión. Tiene la opción de utilizar varios estándares de compresión y envío como son: H.261, H.263, MJPEG, NV, entre otros. La calidad del vídeo puede ser

ajustada desde pocos cuadros por segundo a bajo ancho de banda, hasta una transmisión de 30 cuadros por segundo ocupando hasta 1 Mb de ancho de banda.

2.5.3.1.1.1.2 VAT y RAT

Son dos aplicaciones que se utilizan para transmitir audio en multidifusión. Al igual que el VIC tienen varios estándares para la codificación del audio como PCM, DVI, GSM, entre otros. La calidad del audio está en directa proporción al ancho de banda disponible.

2.5.3.1.1.1.3 SDR

Es una aplicación para recibir y publicar anuncios de videoconferencias a realizarse. Dentro de este software se anuncian también qué herramientas se van a utilizar (VIC, VAT, entre otras). La información de esta aplicación también se transmite en multidifusión a través del Mbone.

2.5.3.1.1.1.4 WB

Es un pizarrón colaborativo que envía sus mensajes a través del Mbone. Utiliza un protocolo único.

Todas estas herramientas se encuentran disponibles para casi todos los sistemas operativos ya que son programadas en Tcl/Tk, lo que les permite ser muy portables.

Existen también aplicaciones que permiten ejecutar todas las demás en un solo ambiente.

El estado actual de desarrollo de estas herramientas es experimental, hay muy pocos productos comerciales y estos están destinados a objetivos específicos, debido a esto estas aplicaciones pueden ser libremente obtenidas en Internet.

2.5.3.1.1.2 Requerimientos

- Computador Pentium equipado con capturadora de vídeo (en caso de sistema Windows)
- 16 Mb de RAM

2.5.3.1.1.3 Ventajas

- Las herramientas son gratuitas
- Utilizan multidifusión lo que evita la sobrecarga y saturación de la red al haber varios participantes
- Contiene herramientas para la colaboración de datos.

2.5.3.1.1.4 Desventajas

- Se encuentran todavía en estado de desarrollo
- Los ruteadores de la escuela no soportan multidifusión

2.5.3.1.2 *PictureTel NetConference 330*

2.5.3.1.2.1 Descripción

El PictureTel NetConference 330 es un software que utiliza el paradigma del Nodo Central para poder realizar videoconferencia multipunto. Este software corre sobre un servidor Windows NT y permite que varios equipos de videoconferencia sobre IP se conecten a él de manera que todos se puedan ver entre sí.

Cualquier cliente H.323 compatible con multipunto (NetMeeting, Intel ProShare, entre otros) puede conectarse a este servidor desde cualquier sitio de Internet. Este servidor también brinda una interfaz que permite crear salas de reunión y reservación de horario para múltiples conferencias. El software puede soportar desde 8 a 24 usuarios concurrentes dependiendo de la versión.

El costo de este software oscila entre los \$13.000 y los \$17.000 dependiendo de la versión y número de usuarios concurrentes soportados.

2.5.3.1.2.2 Requerimientos

- Servidor Pentium II de 200 Mhz con 128 de Memoria RAM
- Microsoft Windows NT versión 4.0

2.5.3.1.2.3 Ventajas

- Es una solución probada en el mercado
- No requiere ruteadores con multidifusión.

2.5.3.1.2.4 Desventajas

- Precio relativamente elevado
- Utiliza el paradigma del Nodo Central que ocasiona la congestión del segmento de red donde se coloque el servidor

2.5.3.1.3 *MeetingPoint 4.0 de WhitePine*

2.5.3.1.3.1 Descripción

MeetingPoint es un servidor de videoconferencia multipunto, que utiliza el paradigma del nodo central, basado en el estándar H.323, lo que implica que cualquier cliente H.323 (Microsoft NetMeeting, Intel ProShare o TeamStation, PictueTel LiveLan, CU-SeeMe, entre otros) puede tomar parte en una videoconferencia entre varios puntos. MeetingPoint trabaja a nivel de software solamente, utilizando un servidor NT para ejecutarse.

MeetingPoint puede utilizar la multidifusión para ahorrar ancho de banda cuando transmite el flujo de audio y video a varios usuarios en la misma red y al mismo

tiempo puede trabajar de la manera tradicional para franquear ruteadores que no soporten la multidifusión.

Dentro de MeetingPoint viene contenido un Gatekeeper que le permite controlar el ancho de banda utilizado por los diferentes flujos de videos. La administración de las videoconferencias y el monitoreo de la actividad se puede realizar a través de navegador o browser, ya que cuenta con applets de Java que realizan estas tareas.

MeetingPoint soporta multiples servidores, de manera que una conferencia puede ser compartida y la carga puede ser balanceada a través de la red. MeetingPoint cumple con los siguientes estándares: H.323 y comunicación de Cu-SeeMe, para audio G.711 y G.723, para video H.261 y H.263, soporta T.120 para compartición de datos y los protocolos de administración de H.323

Los usuarios pueden buscar la conferencia que desean a través de un browser con capacidad Java, ya que MeetingPoint tiene disponible un applet que organiza y notifica automáticamente a los participantes a una videoconferencia a través de un correo electrónico.

La selección del video que ve un participante se puede realizar de manera automática a través del VideoSwitcher, que es una aplicación que selecciona el video activo dependiendo de quien se encuentra hablando, o a través de un applet en que se puede elegir arbitrariamente al participante que se desee ver y escuchar.

Este servidor permite adicciones como la Presencia Continua (Continuous Presence), que divide el video en 4 ventanas, con un participante diferente en cada una, y la utilizada para enviar el video de la videoconferencia a través de un servidor de videos grabados o en vivo como el Windows Media Technologies o Real Media.

El costo de este producto en su versión estándar (sin opciones adicionales), para ser usado con 10 usuarios es de aproximadamente \$9000.

4.5.3.1.3.2 Requerimientos

- Servidor Pentium II de 450 Mhz con 128 de Memoria RAM
- Microsoft Windows NT versión 4.0

4.5.3.1.3.3 Ventajas

- Puede utilizar multidifusión donde esta se encuentre disponible
- Es el servidor multipunto de menor costo.

4.5.3.1.3.4 Desventajas

- Utiliza el paradigma del Nodo Central que ocasiona la congestión del segmento de red donde se coloque el servidor

2.5.3.2 Videoconferencia Multipunto sobre ISDN

Debido a que ISDN es actualmente la red por la que se llevan a cabo el mayor número de videoconferencias punto a punto, siempre se ha tratado de obtener una solución para la conexión multipunto. ISDN no soporta la multidifusión, por los únicos métodos posibles son los de “todos contra todos” y el Nodo Central. Debido a que los enlaces ISDN no son demasiado económicos, la opción de “todos contra todos” queda automáticamente descartada.

Todas las soluciones de videoconferencia multipunto sobre ISDN se basan en el paradigma del Nodo Central. Generalmente este Nodo Central es un equipo ubicado en alguna estación telefónica ISDN a la que llaman los sitios que se van a conectar.

El costo de este tipo de equipos, como por ejemplo el PictureTel Prism for Workgroups, es bastante alto, situándose desde \$50.000 hasta más de \$100.000 dependiendo del número de sitios que se desea conectar. Es por esto que si no se posee una red ISDN interna, como es el caso de la ESPOL, la solución más económica es alquilar su uso durante el tiempo que tarde la conferencia multipunto. El costo de alquiler de uno de estos equipos de aproximadamente \$100 por hora y por participante.

2.5.4 Comparación y Elección

Debido a que la demanda de videoconferencias multipunto aún no está dada dentro de la Escuela, la solución que se implemente deberá tener el menor costo, brindando una calidad aceptable.

Las redes con que cuenta la ESPOL son predominantemente basadas en IP y al avance de la industria por la videoconferencia sobre Internet, la compra de un MCU sobre ISDN no solo que sería muy costosa, sino también innecesaria. Descartada esta posibilidad nos queda solamente las soluciones sobre IP.

Sobre IP tenemos dos claras alternativas, las herramientas Mbone y el MCU H.323. Si bien es cierto que en cuanto a precio hay una muy clara ventaja de las herramientas Mbone, la calidad que ellas brindan, por hallarse todavía en etapa de desarrollo, no es lo suficientemente buena para realizar Educación a Distancia.

El MCU sobre H.323, ya sea de PictureTel o MeetingPoint, es una solución bastante viable para conducir videoconferencias con una calidad aceptable, no solo dentro de la Universidad, sino desde cualquier computador conectado a Internet.

El costo de esta solución a pesar de ser un poco elevado, puede ser fácilmente cubierto de presentarse una demanda constante de videoconferencias multipunto dentro de la Universidad.

2.6 Alcance de las Soluciones

El alcance para cada una de las soluciones será el siguiente:

Sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda

- Diseño de un sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda basado en Windows Media Technologies para servir hasta a 200 usuarios concurrentes a un ancho de banda de 56Kbps.
- Descripción de la configuración física del sistema.
- Descripción de la configuración lógica del sistema.
- Implementación de un prototipo que demuestre las posibilidades del sistema
- Realización de pruebas de eficiencia y confiabilidad.

Sistema de Distribución de Vídeo en Vivo

- Diseño de un sistema de Distribución de Vídeo en Vivo basado en Windows Media Technologies para servir hasta 200 usuarios concurrentes a un ancho de banda de 56Kbps.
- Descripción de la configuración física del sistema.
- Descripción de la configuración lógica del sistema.
- Implementación de un prototipo que demuestra las posibilidades del sistema.
- Realización de pruebas de eficiencia y confiabilidad.

Sistema Punto a Punto de Videoconferencia

- Diseño de un sistema punto a punto de videoconferencia utilizando la red IP de la Escuela con una calidad máxima de transmisión de 384 Kbps.
- Diseño de un sistema punto a punto de videoconferencia utilizando la red ATM de la Escuela.
- Descripción de la configuración física del sistema sobre IP.
- Descripción de la configuración física del sistema sobre ATM.
- Descripción de la configuración lógica del sistema sobre IP.
- Descripción de la configuración lógica del sistema sobre ATM
- Implementación de un prototipo que demuestre las posibilidades del sistema sobre IP.
- Realización de pruebas de eficiencia y confiabilidad del sistema sobre IP.

Sistema Multipunto de Videoconferencia

- Diseño de un sistema multipunto de videoconferencia utilizando un MCU sobre H.323.
- Descripción de la configuración física del sistema.
- Descripción de la configuración lógica del sistema.

3. DISEÑO

3.1 Sistema de Distribución de Vídeos Bajo Demanda

3.1.1 Descripción de la Solución

Para satisfacer la necesidad de un sistema de distribución de vídeos Bajo Demanda se elaborará un diseño de acuerdo a la realidad de la Escuela. Este diseño en su forma básica estará compuesto de un servidor, al que llamaremos servidor de vídeo, y varios clientes concurrentes que acceden a diferentes vídeos almacenados en dicho servidor.

El sistema utilizará como medio de transmisión la red IP presente en la Escuela y en Internet, asegurando que los vídeos almacenados en el servidor sean accesibles desde cualquier lugar del mundo conectado a Internet.

El Servidor será implementado usando el Windows Media Server que es parte del paquete Windows Media Technologies, que se puede obtener gratuitamente en el sitio web de Microsoft. Este software se instalará en un servidor con el sistema operativo Windows NT 4.0.

Los clientes accederán a los vídeos almacenados en el servidor con el programa cliente Windows Media Player que viene como parte de Windows 95 y 98 o puede

ser descargado desde el sitio web de Microsoft. Este cliente correrá tanto sobre Windows 9x, NT y sobre MacOS.

Además de los clientes y el servidor, deberá existir otro componente en el sistema, el codificador de vídeo, que tomará los vídeos analógicos y digitales, ya sean grabados o en vivo y los comprimirá en el formato ASF para ser almacenados más tarde en el servidor.

Los clientes accederán a los vídeos a través de un explorador de páginas Web (browser), por medio de una dirección (URL) que se ingresa en el browser o que se encuentre como un enlace (link) dentro de otra página Web. También se puede acceder directamente utilizando el Windows Media Player.

La transmisión del vídeo se realizará utilizando el protocolo MMS (Microsoft Media Stream) que a su vez abarca el MMSU (Microsoft Media Stream via UDP) y el MMST (Microsoft Media Stream via TCP). El sistema trata primero con MMSU, ya que brinda un menor retardo y se adapta más a aplicaciones en tiempo real, si no consigue conectarse con este protocolo intenta con el MMST. Para poder evitar cortafuegos (firewall), el servicio de transmisión de vídeo bajo demanda puede conectarse al puerto 80 y utilizar el protocolo HTTP para enviar el flujo. Este protocolo y este puerto son utilizados normalmente por el WWW y generalmente son de libre acceso a través de los cortafuegos.

Las páginas Web desde las cuales pueden ser accesibles los vídeos podrían estar localizadas en el mismo servidor Web de la ESPOL, sin utilizar recursos de este, ya que este servidor solamente actuaría como un “redirector” que dé la dirección del servidor de vídeo y el camino para llegar al vídeo deseado.

El sistema tendrá las siguientes restricciones:

- Los clientes solo podrán usar estaciones Windows 9x, NT o Mac.
- El sistema podrá enviar vídeos hasta un ancho de banda máximo de 3Mbps⁴³ dentro de un mismo segmento de la red, 1Mbps⁴⁴ dentro de la red interna de la ESPOL y a 56, 33 o 28.8 Kbps para conexiones telefónicas.
- El sistema soportará 200⁴⁵ usuarios concurrentes a 33,6 Kbps.
- Si se transmite en varios anchos de banda, la mejor calidad que se puede lograr es de 300Kbps⁴⁶.
- Para poder ver vídeos con un formato mayor a 160x120 pixeles y más de 8 cuadros por segundo, se necesita una computadora cliente Pentium II, Celeron o superior.

⁴³ Ancho de Banda máximo que puede transmitir el Windows Media.

⁴⁴ Debido a que la mayoría de enlaces dentro de la Escuela funciona a 10 Mbps, para evitar congestión utilizaremos solo un 10% de esa capacidad.

⁴⁵ Se diseñó soporte para 200 usuarios de los 600 posibles por servidor (ver tabla 13) debido a que el enlace del servidor de ESPOLTEL al Backbone es de 10 Mbps y 200 usuarios ocuparían el 60% de ese enlace.

3.1.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación

Este sistema tendrá los siguientes requerimientos de Hardware y Software

Hardware

- Servidor Pentium III de 500 Mhz con 192 Mb en RAM y capacidad de almacenamiento de 20 Gb. (Servidor de Vídeo)⁴⁷
- Cámara de Vídeo (Codificador de Vídeo)
- Tarjeta Capturadora de Vídeo (Codificador de Vídeo)
- VHS (Codificador de Vídeo)
- Computadora Pentium III de 400 Mhz con 128 Mb en RAM y capacidad de almacenamiento de 8 Gb. (Codificador de Vídeo)⁴⁸
- Máquinas cliente varias (Clientes de Vídeo)

Software

- Windows NT Server 4.0 Service Pack 3.0 (Servidor de Vídeo)
- Windows Media Server 4.0 o superior (Servidor de Vídeo)
- Windows Media Tools 4.0 o superior (Codificador de Vídeo)
- Windows Media Player 6.4 o superior (Clientes de Vídeo)

⁴⁶ Limitación del Software Windows Media

⁴⁷ Recomendación hecha por Microsoft en el documento "Windows NT Server NetShow Services Deployment Guide" (<http://www.microsoft.com/ISN/PRODUCTS/P15082.ASP>)

- Software de Edición de Vídeo como Adobe Premiere 5.0 (Codificador de Vídeo)

Comunicación

- Ethernet 100 Mbps o superior (Servidor de Vídeo)
- Ethernet 10 Mbps o superior (Codificador de Vídeo)
- Conexión telefónica 28.8 Kbps o superior (Clientes de Vídeo)

⁴⁸ Recomendación hecha por Microsoft en el documento "Windows NT Server NetShow Services Deployment Guide" (<http://www.microsoft.com/ISN/PRODUCTS/P15082.ASP>)

3.1.3 Diagramas del Sistema

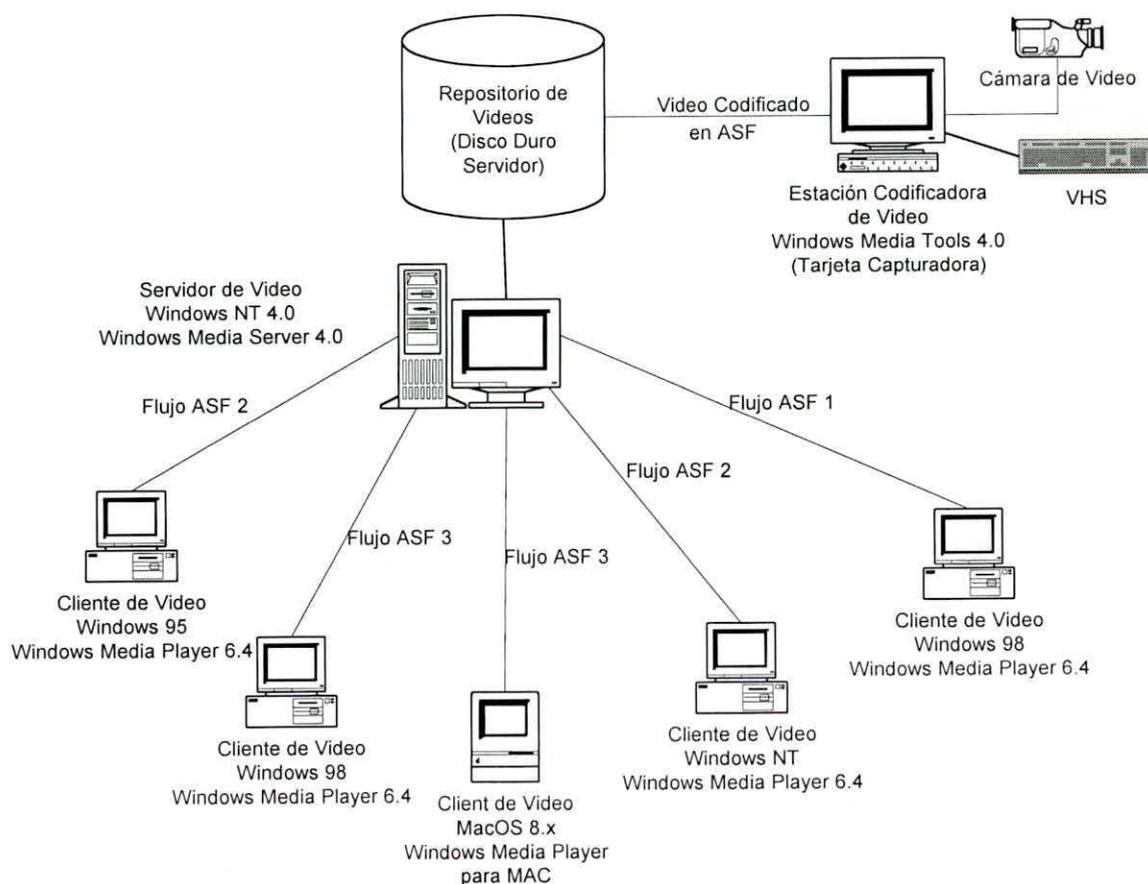


Figura 49. Esquema Lógico del Sistema de Distribución de VoD en la ESPOL

En este diagrama se puede observar los tres componentes del sistema: el servidor, el codificador y los clientes.

La cámara y el VHS son las fuentes del vídeo. Estos Vídeos son pasados a formato digital por medio de la tarjeta capturadora y luego son codificados por el Windows Media Encoder. Estos archivos codificados son transferidos, a través de cualquier protocolo (FTP, SMB, entre otros), al disco duro del servidor.

El servidor se encarga de recibir las peticiones de los clientes y de entregarles el Vídeo que desean mediante un flujo de datos. Como los archivos se codifican en formato ASF, llamamos a esto flujo ASF.

Los clientes reciben el flujo ASF y lo decodifican para mostrarlo en la pantalla del computador. El cliente tiene el poder de adelantar, retroceder, pausar y detener el Vídeo

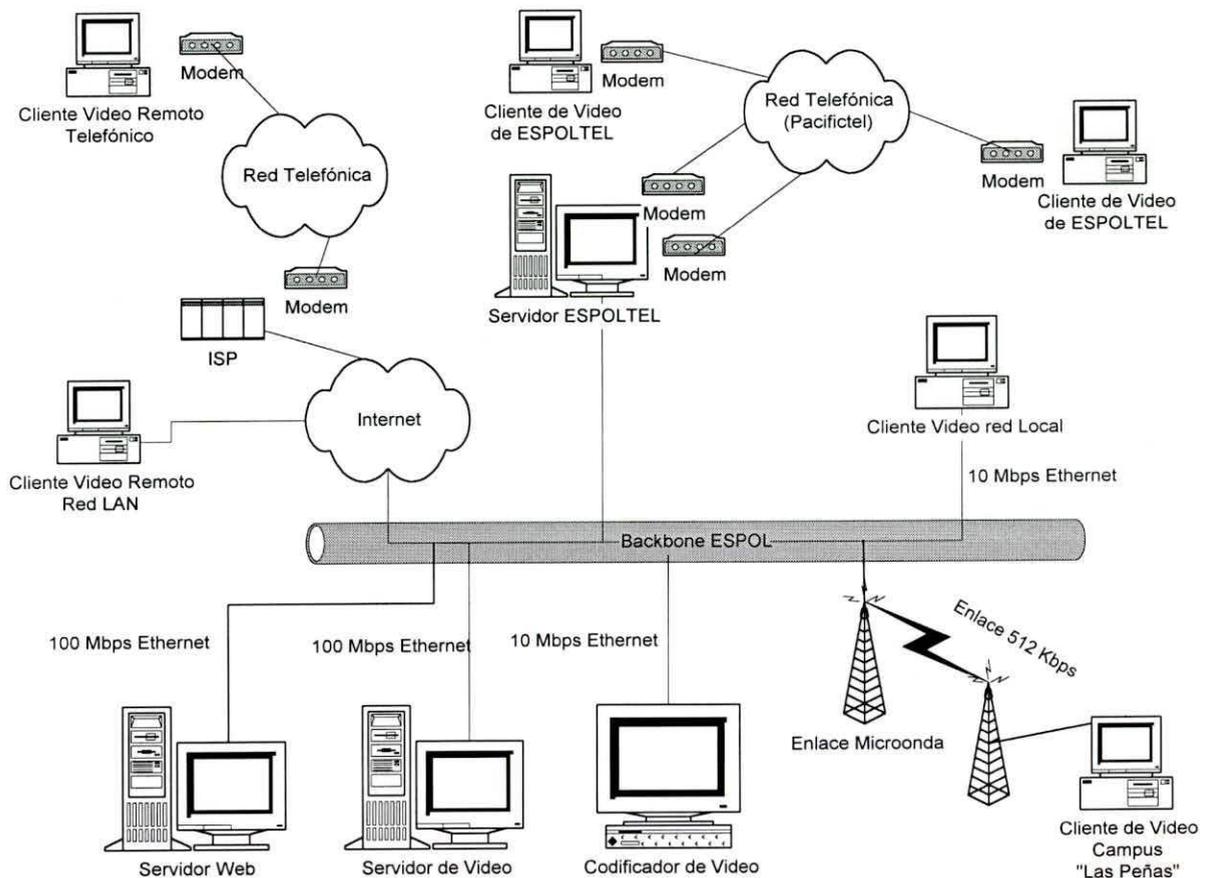


Figura 50. Esquema de Conexión de Redes del Sistema de Distribución de VoD

Todos los componentes de este sistema se interconectan a través del protocolo IP dentro del Backbone de la ESPOL.

El Servidor de Video y el Servidor Web por ser lo de mayor acceso deben de tener una conexión de 100 Mbps a este Backbone.

El codificador de Video no requiere una conexión rápida, por lo tanto puede tener una conexión sencilla de 10 Mbps.

Los clientes pueden estar conectados de la siguiente manera:

- Directamente a través de la red LAN del campus "Gustavo Galindo"
- A través del enlace de 512 en el campus "Las Peñas"
- Con una conexión telefónica PPP a ESPOLTEL
- A través de una conexión LAN Internet
- Con una conexión telefónica PPP a cualquier ISP

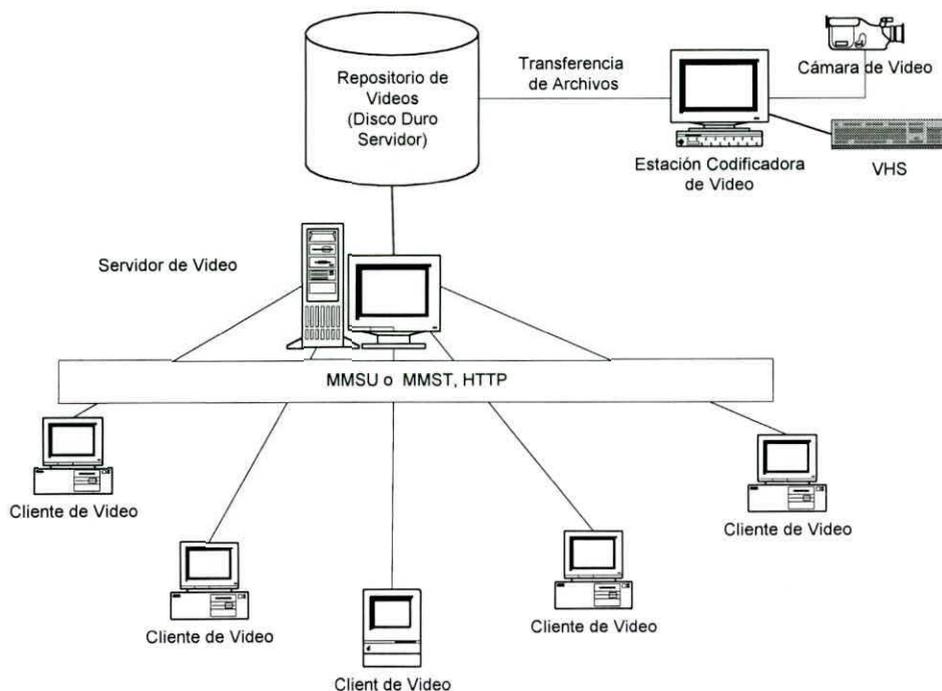


Figura 51. Protocolos que utilizan el Sistema de Distribución de VoD en la ESPOL

Entre el codificador y el servidor se puede usar cualquier protocolo de transferencia de archivos (SMB, FTP, entre otros).

Entre el servidor y los clientes se utilizan los siguientes protocolos:

Protocolo	Puerto de Entrada	Puerto de Salida
MMSU	1755 (TCP)	1024— 5000 (UDP)
MMST	1755 (TCP)	1755 (TCP)
HTTP	80	80

Por ser más eficiente primero se trata con el MMSU, luego con el MMST y por último con el HTTP.

3.1.4 Configuración Física de Equipos

El Servidor de Vídeo, debido al ancho de banda requerido deberá tener un acceso a la red de mínimo 100 Mbps, lo cual en la actualidad solo puede lograrse si el servidor esta ubicado físicamente en CESERCOMP, donde se encuentran los switchs principales del Backbone.

El codificador de Vídeo puede estar ubicado en cualquier lugar dentro o fuera del campus ya que la transferencia de archivos entre éste y el servidor es completamente asincrónica, por lo cual no necesita el mismo ancho de banda que una aplicación en tiempo real.

Los clientes de vídeo pueden estar ubicados ya sea dentro de la red de la ESPOL o fuera de ella, siempre y cuando cuenten con una conexión a Internet con el suficiente ancho de banda como para cubrir los requerimientos de la transmisión.

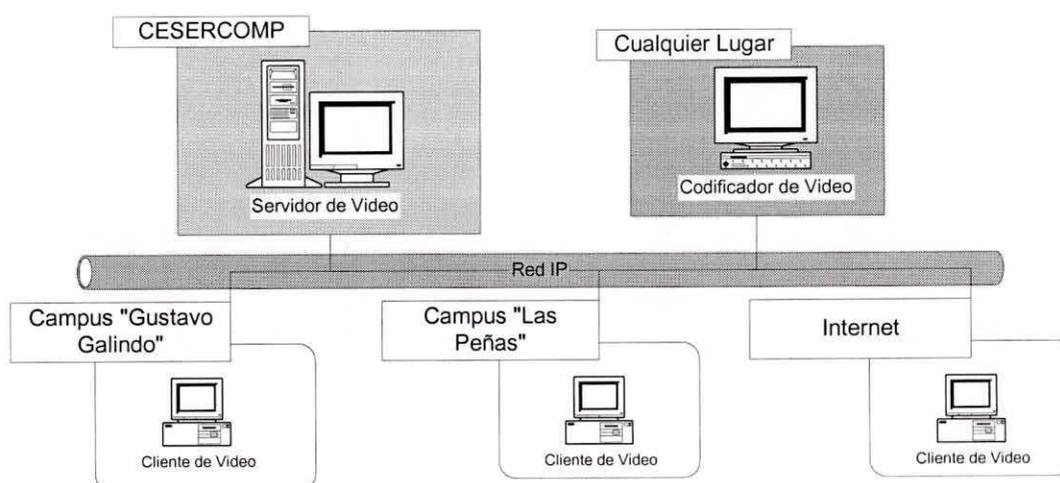


Figura 52. Ubicación Física de Equipos para el Sistema de VoD

3.1.5 Configuración Lógica de Equipos

Ya que el sistema tiene tres componentes cada uno de ellos requiere una configuración propia. Esta configuración esta pensada tomando como base los requerimientos y los alcances del sistema.

- **Servidor de Vídeo**

El Servidor de Vídeo necesita tener instalado el sistema operativo Windows NT 4.0 o superior y el Windows Media Server 4.0.

El Servidor de Vídeo debe contar con un alias dentro de la red tal como: videos.espol.edu.ec, de esta manera se garantiza un fácil acceso y en caso de cambiar la dirección IP del servidor no se requiere cambiar la dirección en todas las páginas web que hacen redirección a él, sino solamente en el servidor DNS.

El servidor Windows Media Server se divide en dos componentes, el servicio y el administrador. El servicio es el proceso que se ejecuta continuamente en el servidor y atiende los requerimientos de los clientes, y el administrador es una aplicación para el Web que configura dicho servicio. El Administrador puede estar instalado en el mismo servidor o puede ser ejecutado remotamente en cualquier computadora Windows 9x o NT.

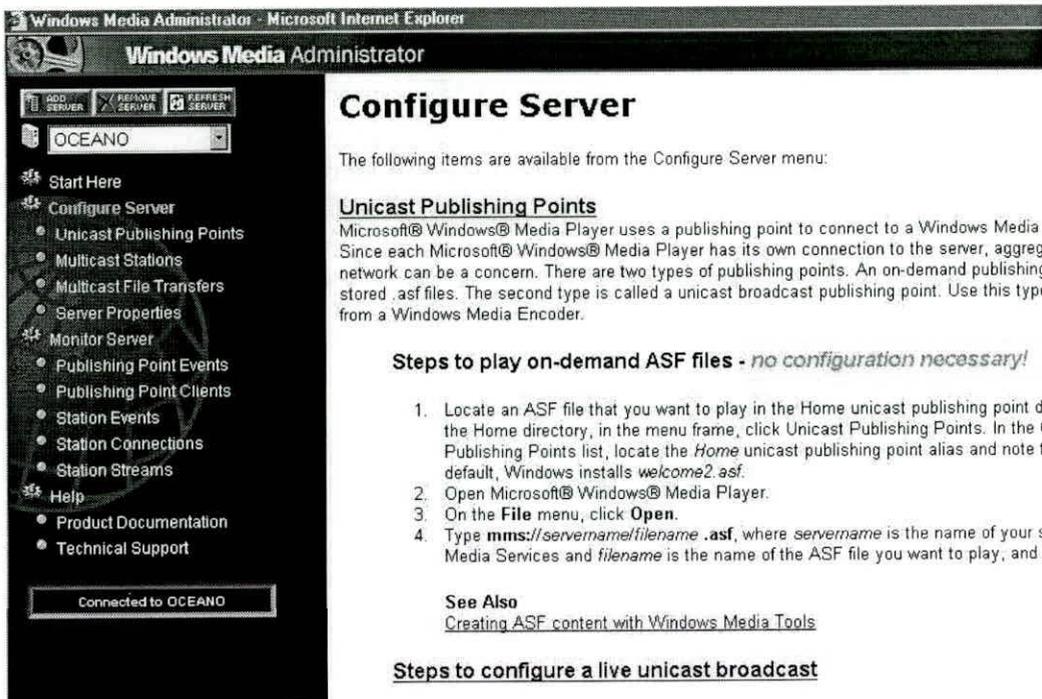


Figura 53. Interfaz del Administrador del Servidor de Vídeo

Dentro de este Administrador, en la opción de Propiedades del Servidor, se tienen que configurar los siguientes valores:

Número Máximo de Clientes (Maximum Clients) = 200

Esto limita el número máximo de usuarios concurrentes a 200.

Máximo Ancho de Banda (Maximum Bandwidth) = 6720 Kbps = 6,5 Mbps

Lo cual representa aproximadamente el 6,5% del ancho de banda máximo del enlace (100 Mbps), lo que asegura que no se generen colisiones dentro del segmento de red

en que se encuentre el servidor. Esto equivale a 200 usuarios conectándose a 33,6 Kbps.

Máxima Tasa de Datos de un Vídeo (Maximum Bitrate) = 3072 Kbps = 3Mbps

No se podrán transmitir vídeos de más de 3Mbps, que en este caso es el máximo que soporta el servidor.

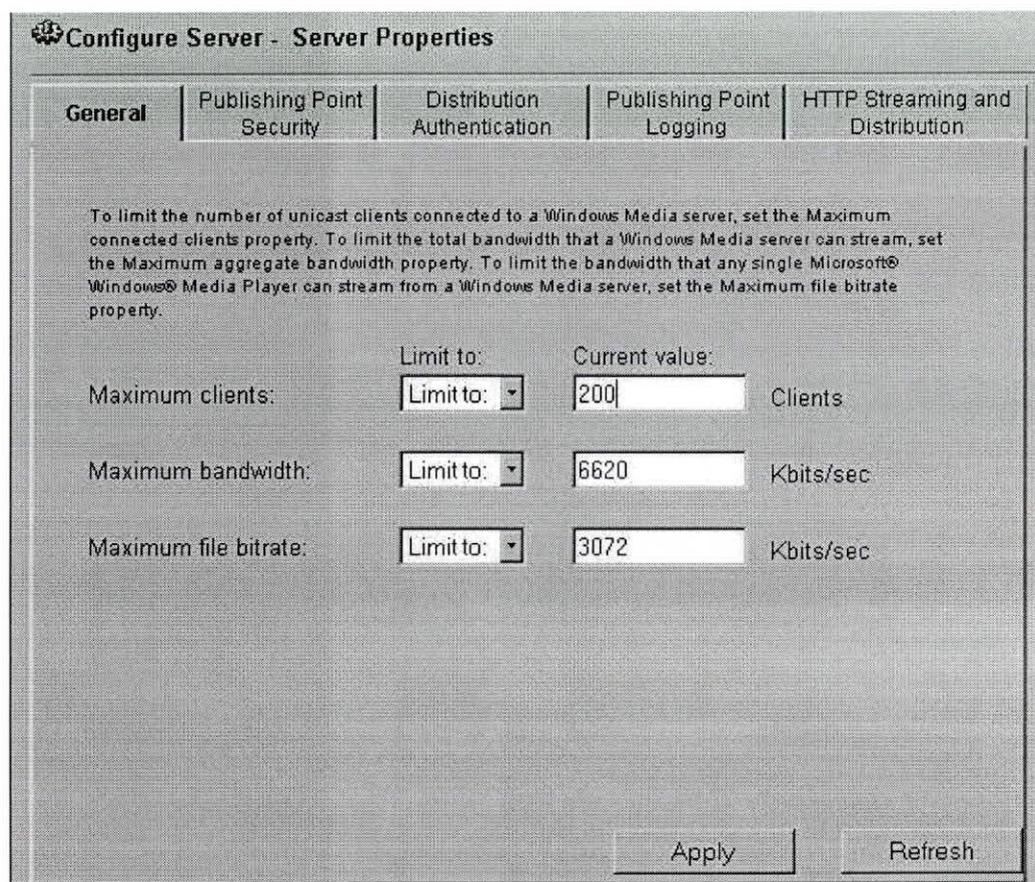


Figura 54. Configuración del máximo número de usuarios y el máximo ancho de banda

Configuración de la bitácora (log)

Generalmente un control diario nos ayuda a determinar mejor que y cuantos clientes han accedido al servidor

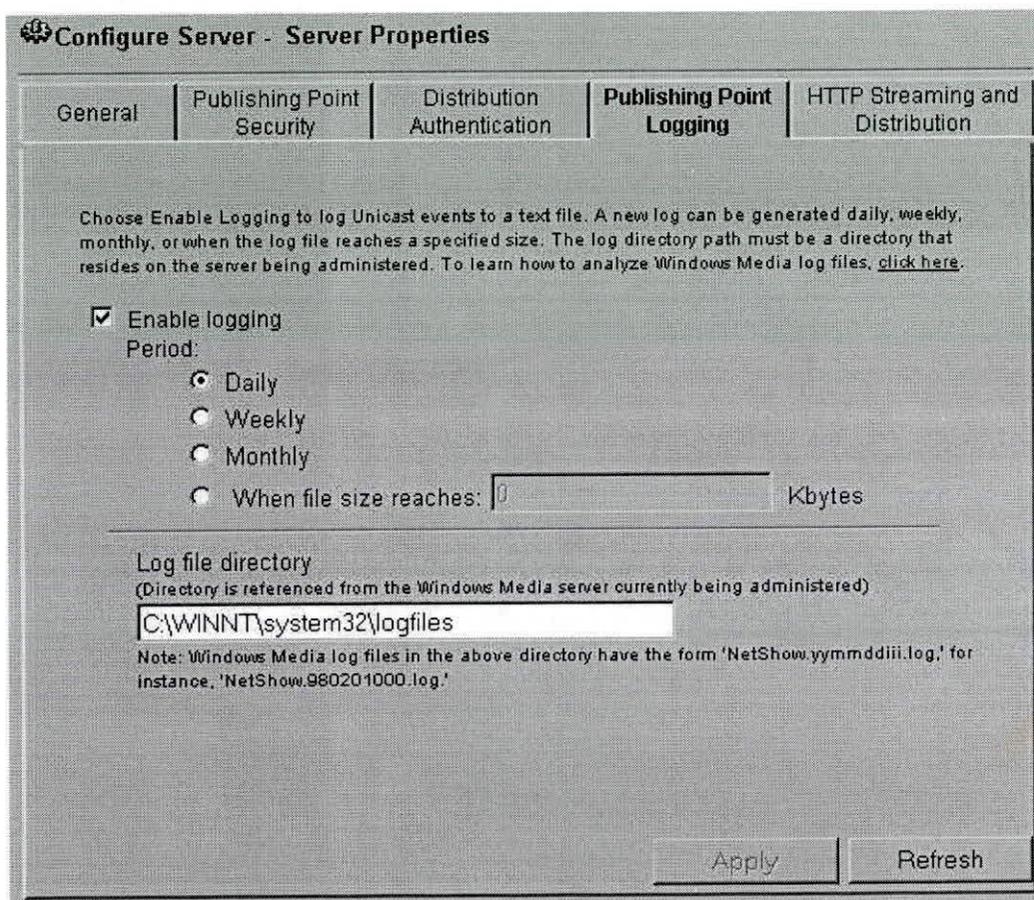


Figura 55. Configuración de la bitácora del servidor

Configuración de transmisión usando HTTP

Por último, para permitir que equipos ubicados detrás de cortafuegos (firewalls) puedan acceder al contenido, enlazamos el servidor Unicast del Servidor de Vídeo al puerto 80. Para hacer esto no debe haber ningún otro servicio (servidor Web) unido a este puerto.

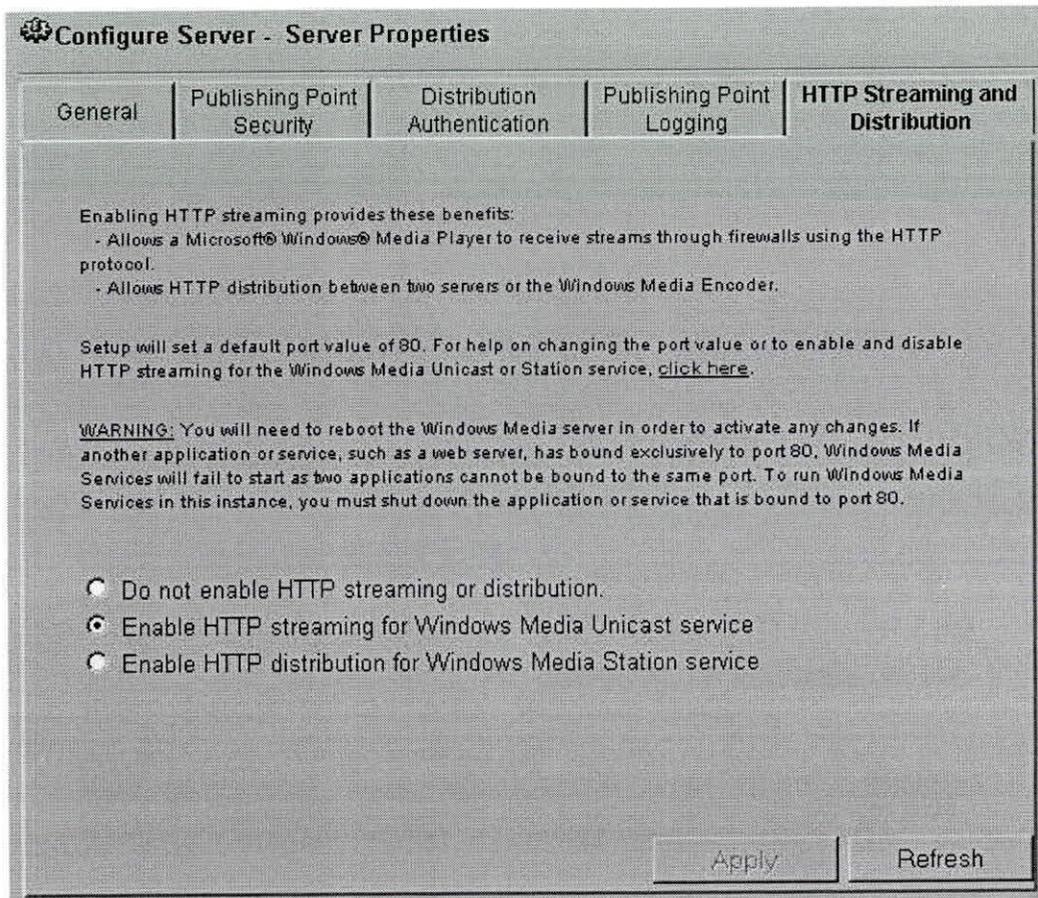


Figura 56. Configuración del Puerto de transmisión

Con esto el Servidor de Vídeo esta listo para brindar vídeos bajo Demanda a cualquier cliente Windows Media Player.

Para optimizar el rendimiento del servidor también se necesitan cambiar los siguientes parámetros:

Cambiar la configuración de cache del Servidor NT para Minimizar la Memoria Usada

Los servicios de Windows Media no requieren mucha memoria para hacer cache del contenido del disco. Se debe configurar el servidor para minimizar la memoria usada por el sistema operativo para incrementar la memoria disponible para manejar conexiones de los clientes.

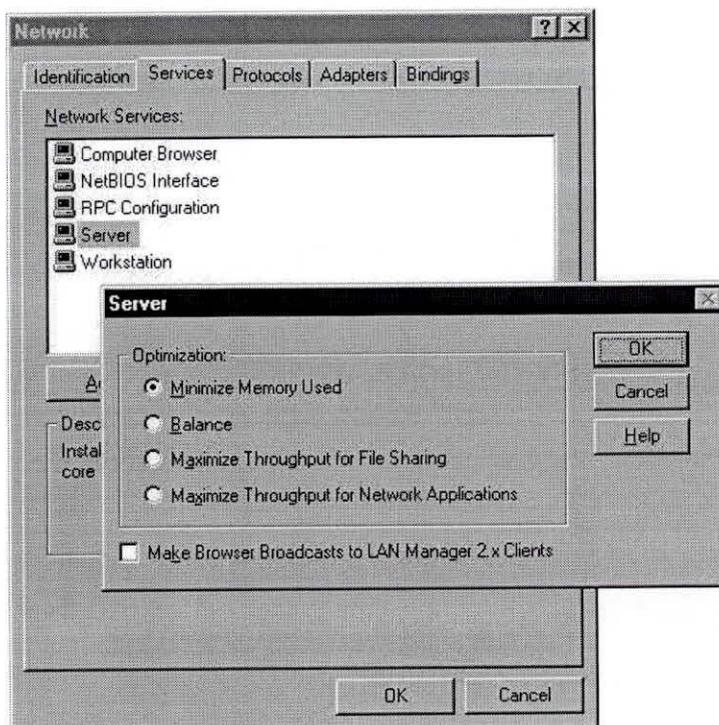


Figura 57. Configuración del Servidor NT

Configurar el aumento de rendimiento a la aplicación de primera plana a cero

Esto libera más tiempo de CPU para servicios que operaran de fondo (background) como Windows Media Unicast.

Desabilitar servicios no esenciales de Windows NT

Se deben desabilitar servicios como el spooler, registrador de licencias, las alertas y la mensajería y de preferencia el Internet Information Service no debe estar instalado, para poder disponer de más recursos para atender a los usuarios.

- **Compresor de Vídeo**

Los vídeos que se compriman deben tener las siguientes características:

Codec de Vídeo a utilizar: Micrososl MPEG-4 Codec V3⁴⁹

Este codec ofrece la mejor calidad de vídeo y la compresión más alta para el rango de velocidades de datos de 28.8 hasta 3 Mbps. Este codec esta optimizado para el procesador Intel Pentium III.

Codec de Audio a utilizar: Voxware MetaSound⁵⁰

Aunque este no es el mejor codec, el mejor es Windows Audio Codec, proporciona una calidad aceptable y es compatible con versiones anteriores del Windows Media Player, lo cual asegura compatibilidad.

⁴⁹ Elección basada en pruebas realizadas en los prototipos (sección 4.1.1)

Ancho de Banda a utilizar: Depende del público al que este orientado.

Dado que los vídeos se pueden comprimir a diferentes anchos de banda en un solo archivo, la tabla 14 muestra las opciones para los diferentes públicos a los que este orientado.

⁵⁰ Elección basada en pruebas realizadas en los prototipos (sección 4.1.1)

Calidad/Público	Formato Audio y Vídeo	Ancho de Banda
Vídeo de alta calidad / dentro del Campus.	Vídeo: 320x240 Cps: 30 Segundos por Iframe: 2-4 Audio: 44 Khz Claridad: 100%	400 Kbps – 1.5 Mbps
Vídeo de mediana calidad / dentro de la Universidad	Vídeo: 320 x 240 Segundos por Iframe: 4-8 Cps: 30 / 15 Audio: 22 Khz Claridad: 50% - 75%	100 Kbps (LAN) – 300 Kbps (Fast LAN)
Vídeo de calidad promedio / conexiones LAN, dentro y fuera de la Universidad	Vídeo: 320x240 / 160x120 Cps: 15 Segundos por Iframe: 8 Audio: 16 Khz Claridad: 25% - 50%	80 Kbps (ISDN)
Vídeo de calidad regular / conexiones telefónicas locales (ESPOLTEL) con modem 33 o 56 Kbps	Vídeo: 160 x 120 Cps: 15 Segundos por Iframe: 8 Audio: 8 – 16 Khz Claridad: 0% - 25%	56 Kbps (33 Kbps realmente)
Vídeo de calidad baja / conexiones telefónicas remotas a través de Internet o locales con modem de 28.8 Kbps	Vídeo: 160 x 120 Cps: 8 – 15 Segunos por Iframe: 8 Audio: 8 Khz Claridad: 0%	28.8 Kbps (22 Kbps realmente)

Tabla 14. Formatos de Compresión para diferentes enlaces⁵¹

⁵¹ Estos datos fueron obtenidos de pruebas realizadas con el prototipo descrito en la sección (4.1.1)

Estas configuraciones se las efectúa en el Windows Media Encoder que es parte del Windows Media Tools. A continuación se ilustra las diferentes ventanas de diálogo donde se configuran estos valores:

Ancho de Banda a utilizar (ASF con múltiples anchos de banda):

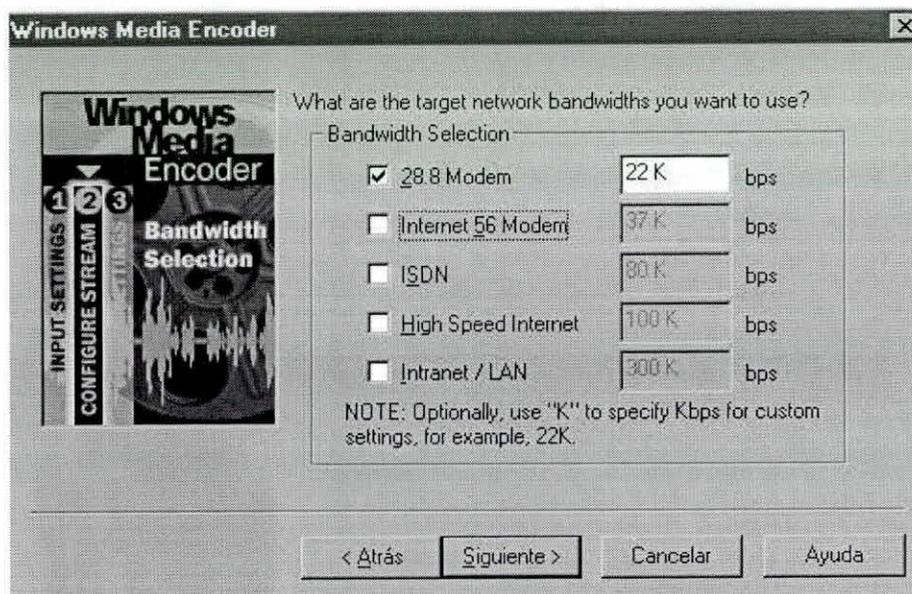


Figura 58. Configuración del Ancho de Banda a utilizar

Ancho de Banda (ASF con un solo ancho de banda):

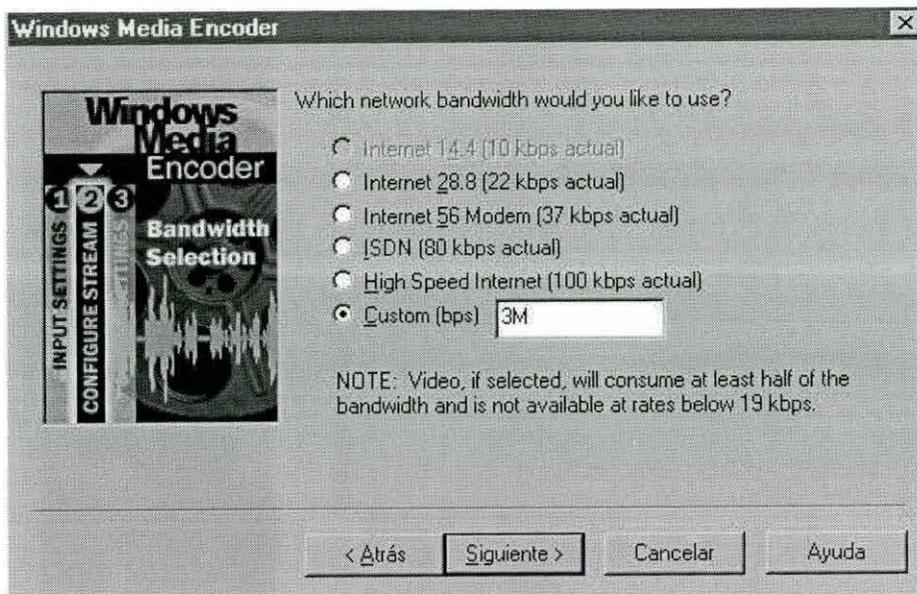


Figura 59. Configuración Personalizada del Ancho de Banda

Ancho de Banda Audio:

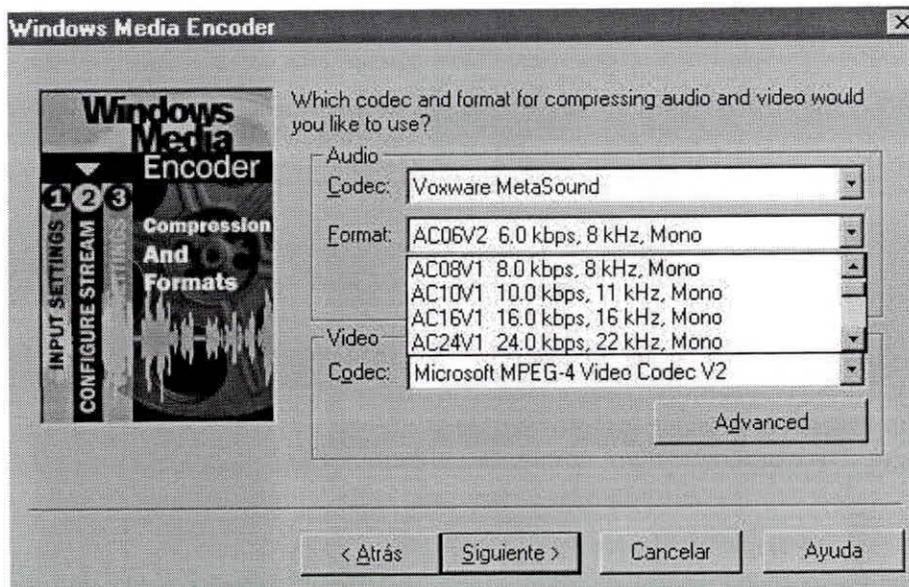


Figura 60. Configuración del Ancho de Banda utilizado por el Audio

Características y Ancho de Banda del Video (Tamaño, Cuadros por Segundo, Segundos por IFrame, Claridad)

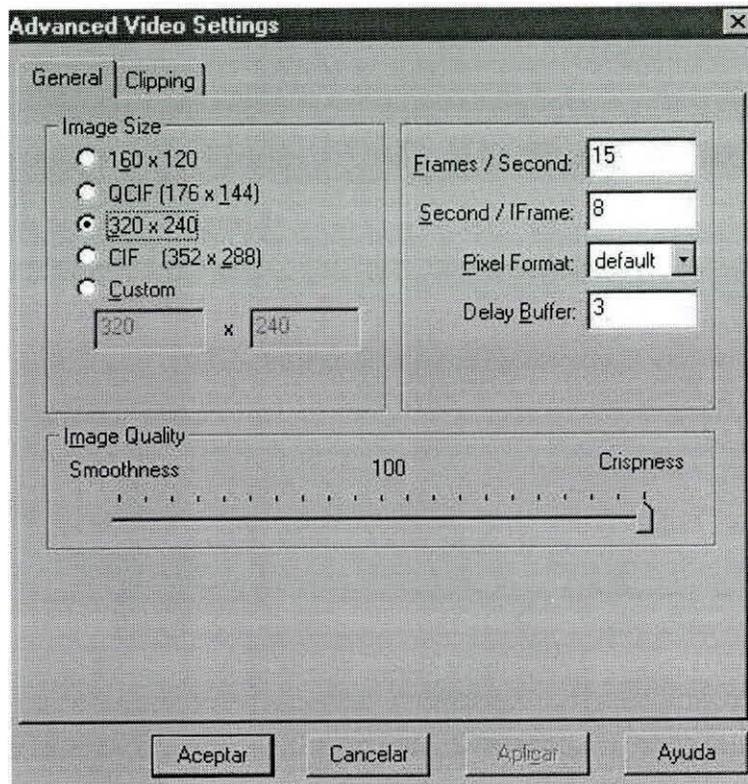


Figura 61. Configuración de Características del Video

Siguiendo estas directrices los vídeos podrán ser reproducidos satisfactoriamente por el público al que están dirigido, sin problemas de compatibilidad ni sobrepasando el ancho de banda disponible.

- **Ciente de Vídeo**

El cliente de vídeo no necesita ninguna configuración específica, tan solo se requiere definir a que tipo de red está conectado (Modem de 28.8, Modem de 56Kbps, ISDN o una red LAN). Cada cliente deberá escoger el tipo de red adecuada, dependiendo de su conexión. Los clientes que tengan una conexión con ESPOLTEL a 33 Kbps, no tendrán ningún problema si seleccionan la opción de Modem a 56 Kbps.

Es recomendable que los clientes no estén ejecutando ninguna otra aplicación que utilice el ancho de banda de su enlace (tal como navegación en el Web o descarga de archivos) al momento que se solicitan y observan un vídeo del servidor (dependiendo del ancho de banda de que disponga) para evitar congestiones en su enlace.

3.2 Sistema de Distribución de Vídeos en Vivo

3.2.1 Descripción de la Solución

Transmitir Vídeo en Vivo tanto dentro de la red interna de la ESPOL, como en Internet es uno de los objetivos de esta tesis. Para cumplir con este objetivo se procederá al diseño de un sistema de distribución de vídeo en vivo a través de Internet.

Este sistema estará compuesto de tres componentes: el Codificador de Vídeo, el Servidor de Vídeo y el Cliente de Vídeo. A diferencia del sistema de distribución de vídeos bajo demanda, aquí el Codificador de Vídeo es el que tiene el papel principal al momento de transmitir vídeo en vivo. Se ilustra esta configuración en la figura 62.

El vídeo en vivo que se codifique y se distribuya, será accesible, como ya hemos mencionados, tanto dentro, como fuera de la ESPOL. Las restricciones de ancho de banda son las mismas que para el caso de vídeo bajo demanda.

Para la implementación de este sistema utilizaremos Windows Media Technologies, que para el sistema de distribución de vídeos en vivo ofrece las siguientes herramientas: El Windows Media Server (Servidor de Vídeo), Windows Media Tools (Codificador de Vídeo) y Windows Media Player (Cliente de Vídeo). Todos estos programas se pueden obtener gratuitamente en la página Web de Microsoft.

El Codificador de Vídeo deberá ser una máquina robusta (alto poder de procesamiento y capacidad de memoria), ya que se encargará de codificar el vídeo en vivo y transmitirlo a través de la red en tiempo real. La conexión de esta máquina con el servidor deberá estar en concordancia con el ancho de banda con que se codifique la señal de vídeo.

El Codificador tendrá la opción de grabar el vídeo al mismo tiempo que lo transmite, para luego ser puesto a disposición de los clientes en el sistema de distribución de vídeo bajo demanda.

El Servidor recibe la señal de vídeo del codificador y la “repite” a los demás clientes de vídeo. Esta repetición la puede hacer tanto a través de distribución normal o de multidifusión. El Servidor también tiene la opción de grabar la información que proviene del Codificador para más tarde ser presentada a los clientes a través del sistema de distribución de vídeo bajo demanda.

Los clientes pueden acceder a estos vídeos ya sea a través de un navegador (browser) o directamente con la dirección en la que se publicará el evento. Los usuarios no podrán adelantar o retroceder la transmisión, todos verán los mismos cuadros y solamente se les da la opción de iniciar o terminar la recepción.

Debido a que en la red interna de la ESPOL los ruteadores no permiten multidifusión y la opción alternativa, los túneles, consumen demasiados recursos, en este diseño solo se contemplará la transmisión con unidifusión.

El sistema no solamente podrá transmitir eventos en vivo, sino también cintas de vídeo reproducidas desde un VHS. Este esquema se diferencia del de vídeo bajo demanda en que los usuarios no tienen el control para adelantar o retroceder el vídeo y todos ven la misma transmisión.

El sistema tendrá las siguientes restricciones:

- Los clientes solo podrán usar estaciones Windows 9x, NT o Mac.
- El sistema podrá enviar vídeos hasta un ancho de banda máximo de 3Mbps⁵² dentro de un mismo segmento de la red, 1Mbps⁵³ dentro de la red interna de la Escuela y a 56, 33 o 28.8 Kbps para conexiones telefónicas.
- El sistema soportará 200⁵⁴ usuarios concurrentes a 33,6 Kbps.
- Si se transmite en varios anchos de banda, el tope máximo es 300Kbps⁵⁵.
- Para poder ver vídeos con un formato mayor a 160x120 pixeles y más de 8 cuadros por segundo, se necesitan computadora clientes Pentium II, Celeron o superior.

⁵² Ancho de Banda máximo permitido por el Windows Media

⁵³ Dado que la mayoría de conexiones en la ESPOL son de 10 Mbps, utilizaremos un 10% para evitar congestiones

⁵⁴ Se diseñó soporte para 200 usuarios de los 600 posibles por servidor (ver tabla 13) debido a que el enlace del servidor de ESPOLTEL al Backbone es de 10 Mbps y 200 usuarios ocuparían el 60% de ese enlace.

- La transmisión no es en tiempo real, hay un desfase de por lo menos 15 segundos entre la captura de la imagen en el Codificador de Vídeo a su posterior presentación en el Cliente de Vídeo.

3.2.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación

Para su implementación, este sistema requiere:

Hardware

- Estación Pentium III de 500 Mhz o superior con 192 Mb en RAM y capacidad de almacenamiento de 10 Gb (Codificador de Vídeo)⁵⁶
- Servidor Pentium III de 500 Mhz con 192 Mb en RAM y capacidad de almacenamiento de 20 Gb. (Servidor de Vídeo)⁵⁷
- Cámara de Vídeo (Codificador de Vídeo)
- Tarjeta Capturadora de Vídeo (Codificador de Vídeo)
- VHS (Codificador de Vídeo)
- Máquinas cliente varias (Clientes de Vídeo)

⁵⁵ Restricción del Windows Media

⁵⁶ Recomendación hecha por Microsoft en el documento "Windows NT Server NetShow Services Deployment Guide" (<http://www.microsoft.com/ISN/PRODUCTS/P15082.ASP>)

Software

- Windows NT Server 4.0 Service Pack 3.0 (Servidor de Vídeo)
- Windows Media Server 4.0 o superior (Servidor de Vídeo)
- Windows Media Tools 4.0 o superior (Codificador de Vídeo)
- Windows Media Player 6.4 o superior (Clientes de Vídeo)
- Software de Edición de Vídeo como Adobe Premiere 5.0 (Codificador de Vídeo)

Comunicación

- Ethernet 100 Mbps o superior (Servidor de Vídeo)
- Ethernet 100 Mbps o superior (Codificador de Vídeo)
- Conexión telefónica 28.8 Kbps o superior (Clientes de Vídeo)

⁵⁷ Recomendación hecha por Microsoft en el documento "Windows NT Server NetShow Services Deployment Guide" (<http://www.microsoft.com/ISN/PRODUCTS/P15082.ASP>)

3.2.3 Diagramas del Sistema

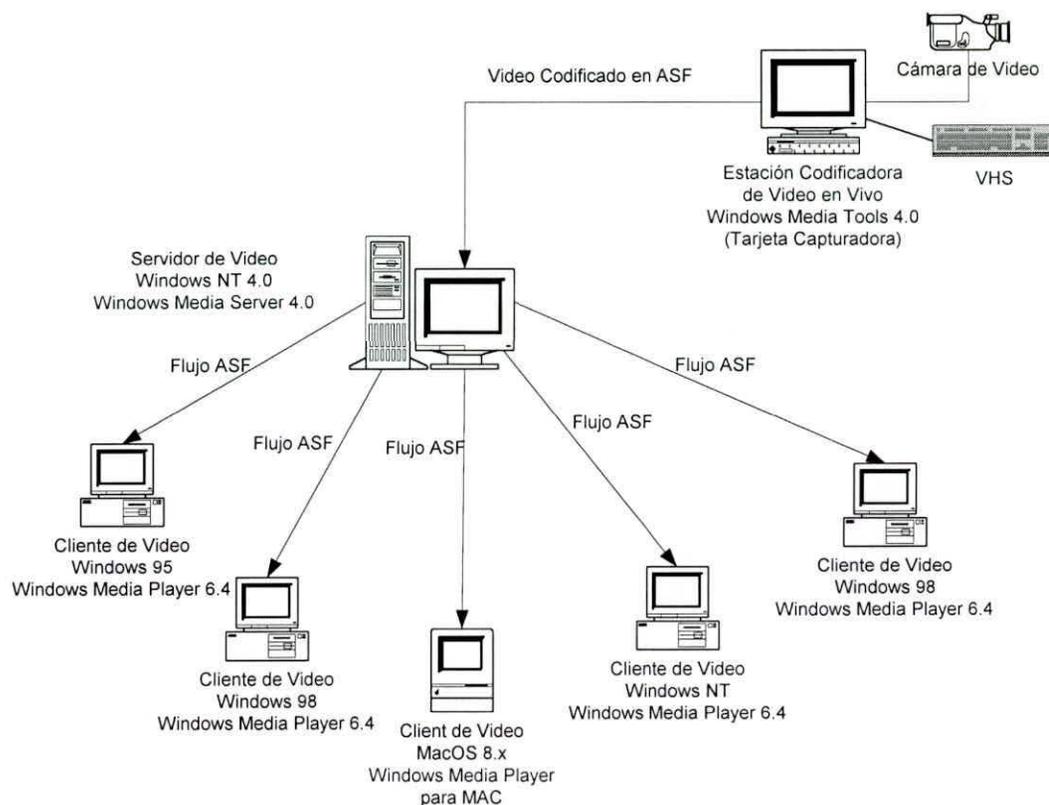


Figura 62. Diagrama Lógico del Sistema de Distribución de Vídeo en Vivo

En este diagrama se puede observar los tres componentes del sistema: el servidor, el codificador y los clientes.

La cámara y el VHS son las fuentes del vídeo. Estos Vídeos son pasados a formato digital por medio de la tarjeta capturadora y luego son codificados por el Windows Media Encoder. Este flujo codificado es enviado desde el codificador al servidor en tiempo real.

El servidor se encarga de reproducir este flujo y transmitirlo a todos los clientes que deseen observarlo. Como este vídeo está codificado en formato ASF, lo llamamos flujo ASF y es el mismo que reciben todos los usuarios

Los clientes reciben el flujo ASF y lo decodifican para mostrarlo en la pantalla del computador. El cliente solo podrá comenzar y terminar la transmisión del flujo.

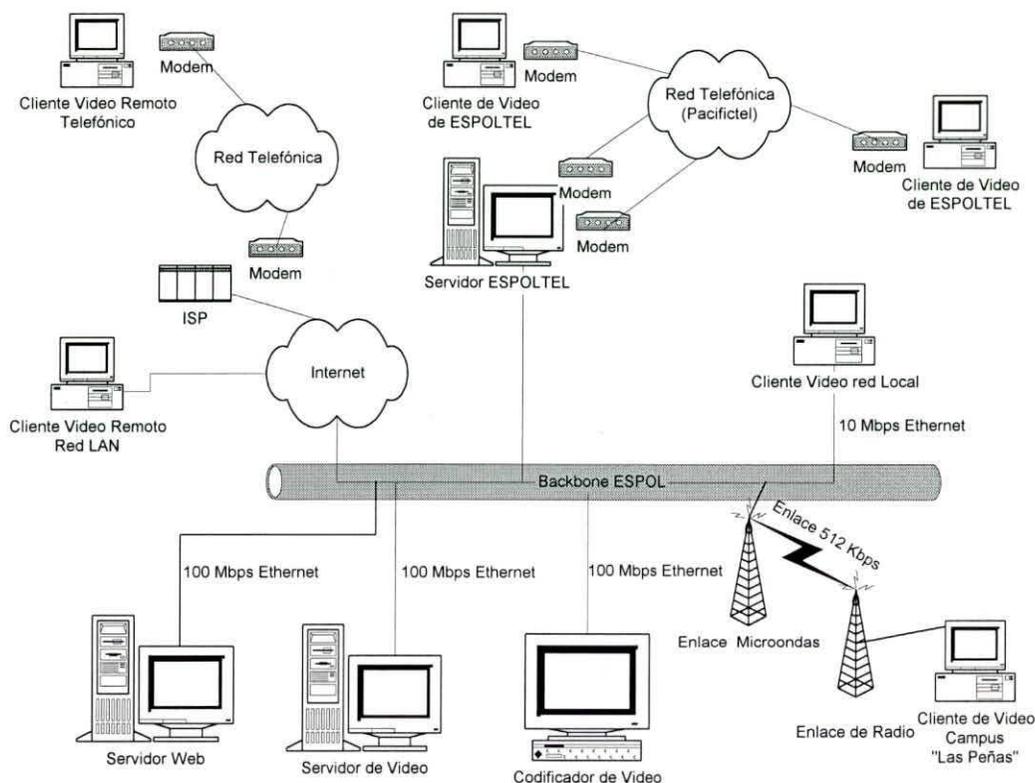


Figura 63. Esquema de Conexión de Redes del Sistema de Distribución de Videos en Vivo

Todos los componentes de este sistema se interconectan a través del protocolo IP dentro del Backbone de la ESPOL.

El Servidor de Vídeo y el Servidor Web por ser lo de mayor acceso deben de tener una conexión de 100 Mbps a este Backbone.

El codificador de Vídeo, dependiendo del ancho de banda de la transmisión, deberá tener un enlace estable de 100 o 10 Mbps con el Servidor.

Los clientes pueden estar conectados de la siguiente manera:

- Directamente a través de la red LAN del campus "Gustavo Galindo"
- A través del enlace de 512 en el campus "Las Peñas"
- Con una conexión telefónica PPP a ESPOLTEL
- A través de una conexión LAN Internet
- Con una conexión telefónica PPP a cualquier ISP

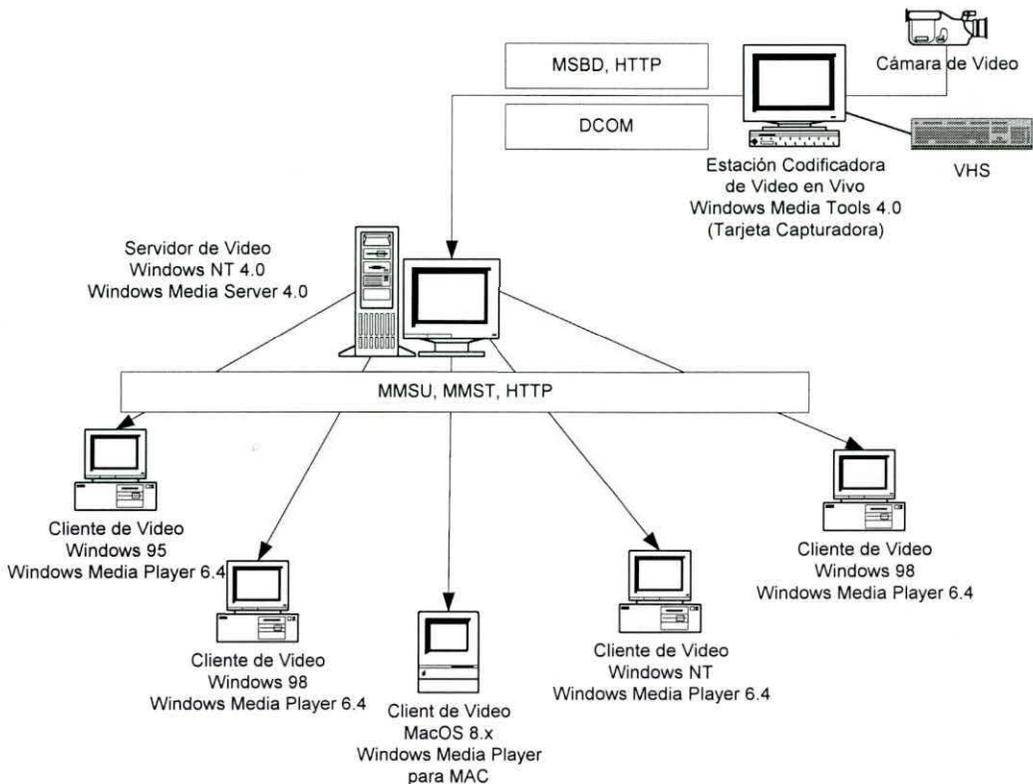


Figura 64. Protocolos Utilizados en el Sistema de Distribución de Videos en Vivo

Entre el codificador y el servidor se utiliza el protocolo MSBD para transmitir el flujo de vídeo codificado. En caso de no poderse realizar la conexión con este protocolo se utilizará el HTTP. Para transmitir la información de control entre el codificador y el servidor se usa el DCOM (Distributed Component Object Model).

Protocolo	Puerto de Entrada	Puerto de Salida
MSBD	1024 - 5000 (TCP)	7007 (TCP)
DCOM	135 (TCP)	135 (TCP)
HTTP	80 (TCP)	80 (TCP)

Entre el servidor y los clientes se utilizan los siguientes protocolos en el siguiente orden:

Protocolo	Puerto de Entrada	Puerto de Salida
MMSU	1755 (TCP)	1024— 5000 (UDP)
MMST	1755 (TCP)	1755 (TCP)
HTTP	80	80

3.2.4 Configuración Física de Equipos

El Servidor de Vídeo, debido al ancho de banda requerido deberá tener un acceso a la red de mínimo 100 Mbps, lo cual en la actualidad solo puede lograrse si el servidor esta ubicado físicamente en CESERCOMP, donde se encuentran los switches principales del Backbone.

El codificador de vídeo, debe estar ubicado en el lugar donde se lleva a cabo el evento, teniendo siempre la precaución de contar con al menos una conexión de 10 Mbps al servidor ya que la transferencia de información entre el codificador y el servidor se hace en tiempo real.

Los clientes de vídeo pueden estar ubicados ya sea dentro de la red de la ESPOL o fuera de ella, siempre y cuando cuenten con una conexión a Internet con el suficiente ancho de banda como para cubrir los requerimientos de la transmisión.

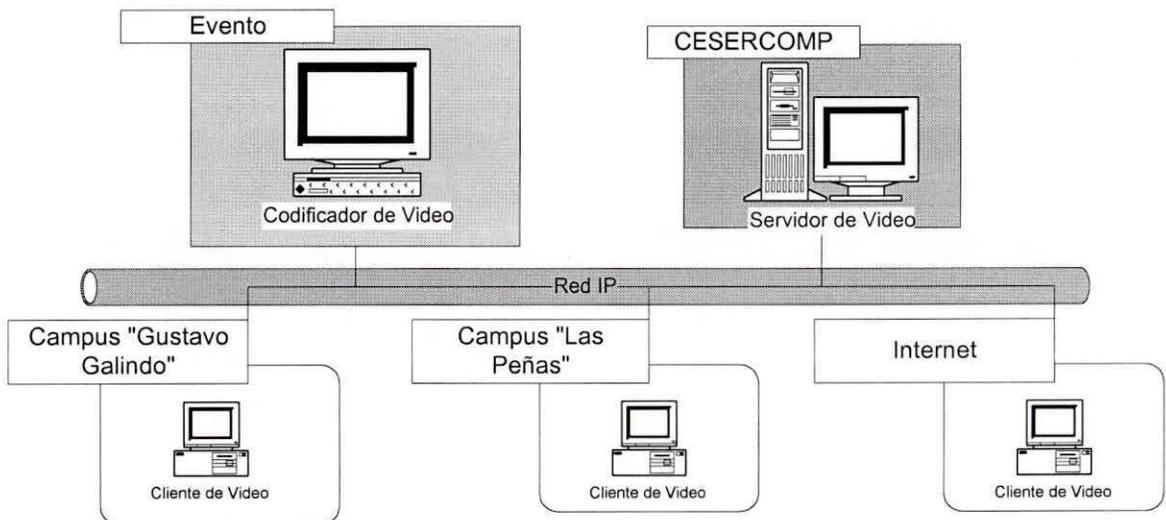


Figura 65. Ubicación Física de los Equipos

3.2.5 Configuración Lógica de Equipos

Dado que el software es el mismo que se utiliza para el sistema de distribución de vídeos bajo demanda, se deberá configurar los equipos como está descrito en la sección 3.1.5

3.3 Sistema Punto a Punto de Videoconferencia

3.2.1 Solución sobre IP

3.2.1.1 Descripción de la Solución

Para poder comunicar a un grupo de estudiantes con un profesor, que se encuentre geográficamente distante usando la Internet, es decir para lograr videoconferencia punto a punto sobre IP, diseñaremos un sistema que cumpla con este objetivo.

Este sistema se basará en el protocolo de videoconferencia H.323 y podrá comunicar el Codec del Aula Virtual con cualquier terminal que cumpla este protocolo (Microsoft NetMeeting, Intel TeamStation, Intel ProShare, PictureTel LiveLan, Intel Internet VideoPhone, CU-SeeMe Pro, entre otros).

El sistema consta de dos nodos, uno de ellos puede ser el Aula Virtual ubicada en el área de Tecnología del Campus “Gustavo Galindo”, y el otro podría estar ubicado en cualquier punto conectado con el suficiente ancho de banda a Internet. Si se usan equipos Intel ProShare, el sistema también garantiza la conexión de cualquiera de estas terminales entre sí o con otros nodos dentro de Internet, siempre que estos tengan el ancho de banda necesario.

Además de estos dos nodos el sistema utilizará un “Gatekeeper” para vigilar la conexión de los dos nodos, controlar el número de videoconferencias que se puedan

realizar y proveer un registro de las conferencias que se realicen. Junto a esto el “Gatekeeper” también permite la utilización de alias para facilitar el traslado de los equipos sin necesidad de cambiar el número al cual se llama.

El ancho de banda que utilizará el sistema es de 768 Kbps para videoconferencias de alta calidad (dentro del campus “Gustavo Galindo”), 384 Kbps para videoconferencia de calidad intermedia (con el campus “Las Peñas”) y de 128 Kbps para videoconferencia de calidad regular (con otros puntos conectados a Internet con suficiente ancho de banda).

El sistema tiene las siguientes restricciones:

- Solo podrá conectar sistemas de videoconferencia que cumplan el protocolo H.323
- Se requiere un ancho de banda mínimo de 128 Kbps entre los dos puntos.
- La calidad de la videoconferencia estará directamente relacionada con el ancho de banda en la red IP.
- El número de videoconferencias simultáneas que se pueden realizar estará limitado por el ancho de banda de la red.

3.2.1.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación

Hardware

- Codec H.320 para el Aula Virtual (ya adquirido: PictureTel Venue 2000)

- Gateway H.320 a H.323 para el codec H.320 del Aula Virtual (ya adquirido: PictureTel 210)
- Servidor Pentium II o superior con 128 Mb en RAM o superior
- Por cada nodo de Videoconferencia se necesita:
 - Dispositivo para captura de video y audio (Cámara y micrófono)
 - Computador que cumpla con los requerimientos del sistema ProShare descritos en el apartado 2.4.3.1.2.2
 - Dispositivos para presentación de video y audio (cañon de proyección y parlantes)

Software

- Software de Videoconferencia que soporte el protocolo H.323
- Windows NT Server 4.0
- Gatekeeper (ya adquirido: LiveLan Gatekeeper)

Comunicación

- Enlace IP de al menos 128 Kbps entre los dos nodos de videoconferencia

3.2.1.3 Diagramas del Sistema

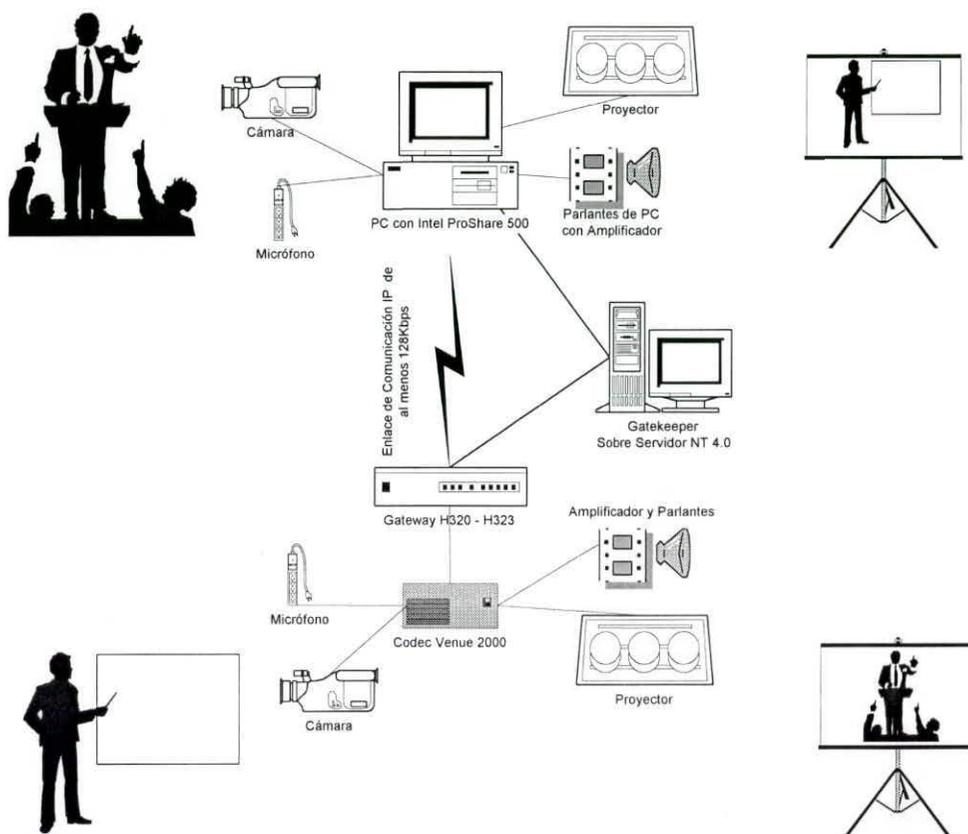


Figura 66. Diagrama Lógico de Videoconferencia entre un nodo cualquiera y el aula Virtual (IP)

En este diagrama uno de los nodos de videoconferencia es el Aula Virtual, la cual posee el Codec Venue 2000 y el Gateway H.320 – H.323. El otro nodo de videoconferencia puede ser un equipo Intel ProShare 500 que posea un enlace IP de al menos 128 Kbps con el Gateway.

Para establecer una llamada ambos equipos deben registrarse primero en el Gatekeeper y proporcionarle su alias, luego cualquiera de los dos equipos puede establecer la marcación con el alias del otro nodo y si el ancho de banda es el suficiente el Gatekeeper autoriza dicha conferencia.

Cada nodo tendrá la capacidad de capturar audio y vídeo, así como también podrá proyectar el vídeo y amplificar el audio recibido.

Cualquiera de los dos equipos puede dar por concluida la llamada en cualquier momento.

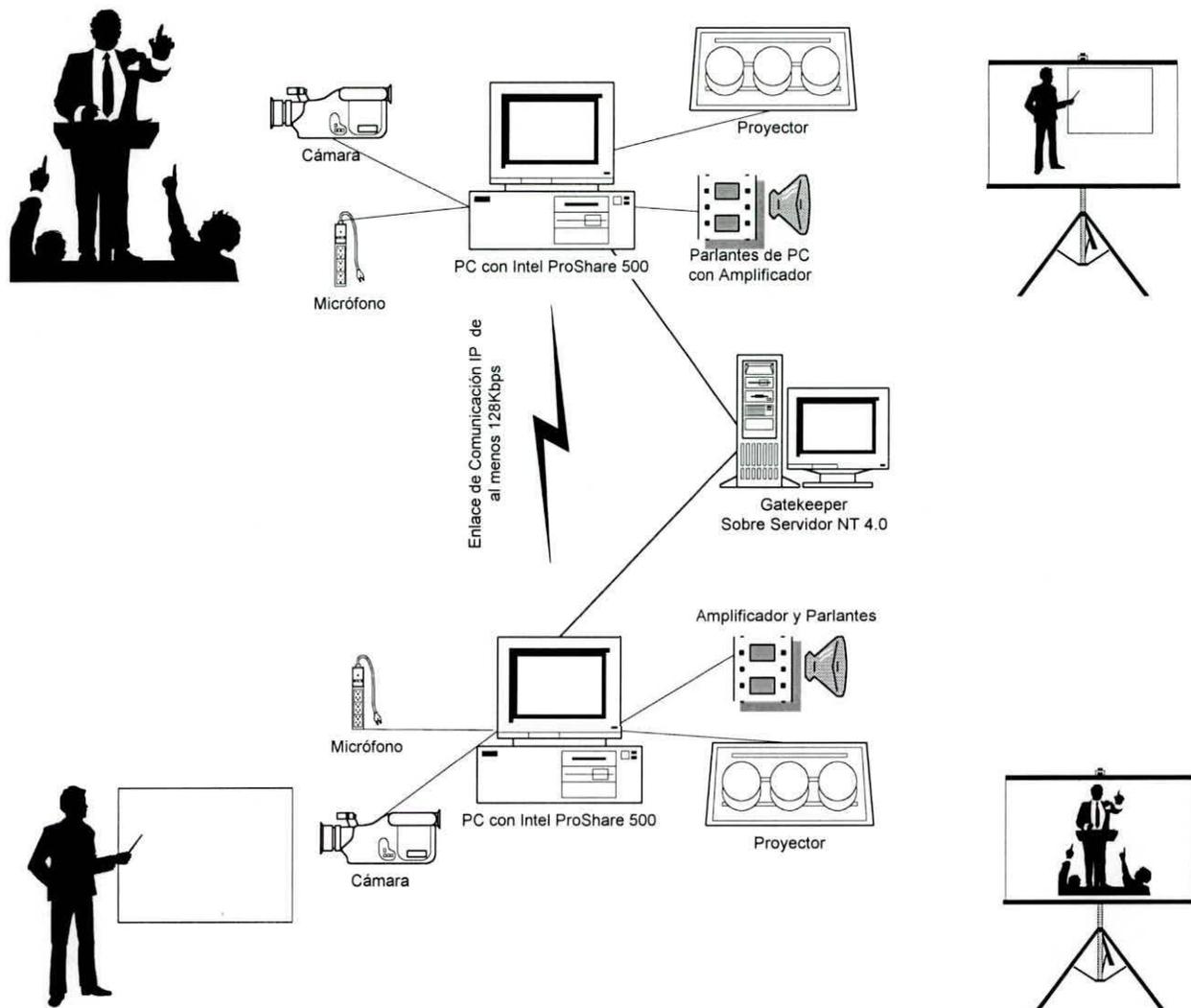


Figura 67. Diagrama Lógico de Videoconferencia entre dos nodos cualquiera (IP)

Este esquema funciona de manera muy parecida al anterior. Dos máquinas con el sistema Intel ProShare 500 instalados se registran primero con el Gatekeeper.

Luego cualquiera de las máquinas puede llamar a la otra utilizando el alias que esta dio al Gatekeeper. El ancho de banda del enlace IP existente entre las dos máquinas debe ser de por lo menos 128 Kbps para lograr una videoconferencia de regular calidad.

Cada nodo tendrá la capacidad de capturar audio y vídeo, así como también podrá proyectar el vídeo y amplificar el audio recibido.

Cualquiera de los dos equipos puede dar por concluida la llamada en cualquier momento.

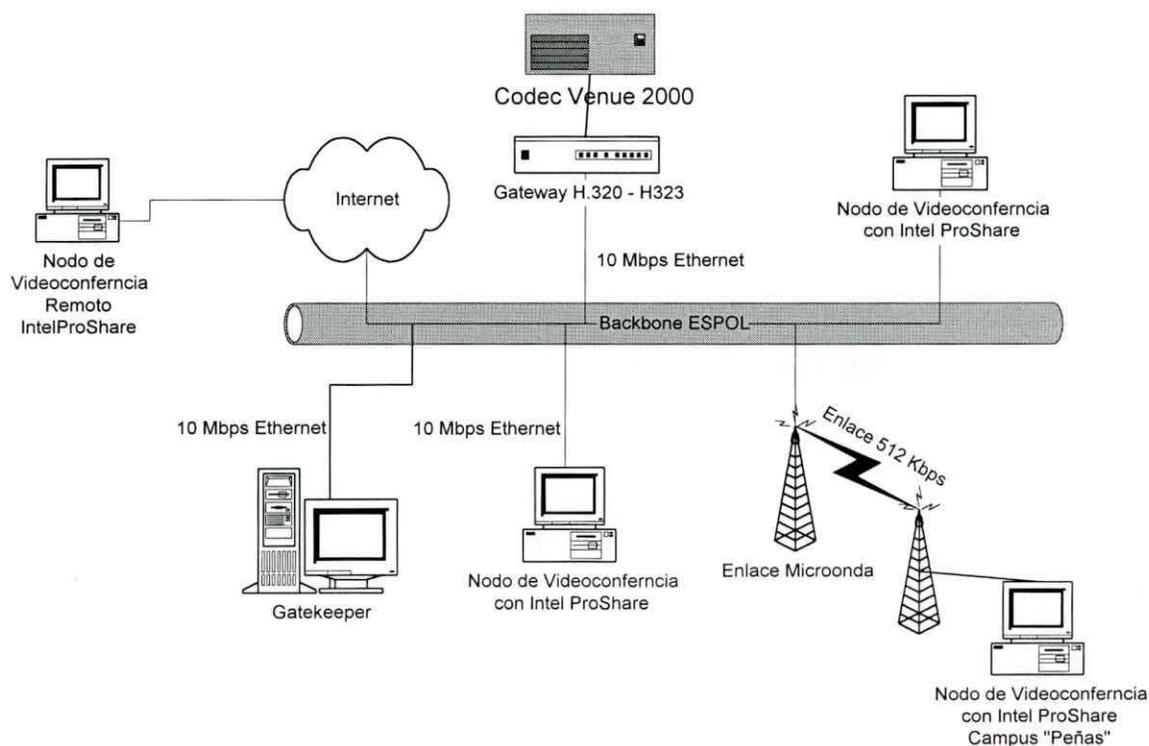


Figura 68. Diagrama de Conexión del Sistema Punto a Punto de Videoconferencia(IP)

Todos los componentes de este sistema se interconectan a través del protocolo IP dentro del Backbone de la ESPOL o de Internet.

Los equipos ubicados dentro del Campus "Gustavo Galindo" (Gatekeeper, Aula Virtual, equipos ProShare en las facultades e institutos) necesitan una conexión de 10 Mbps al backbone, y podrán realizar videoconferencias a 728 Kbps.

Los nodos ubicados en el campus "Peñas", estarán conectados mediante el enlace de 512 Kbps al backbone y podrán realizar videoconferencias de 383 Kbps o sea de calidad media.

Los nodos ubicados fuera de la ESPOL, deberán tener un enlace de al menos 128 Kbps con el Backbone por medio de Internet para lograr videoconferencias de calidad regular.

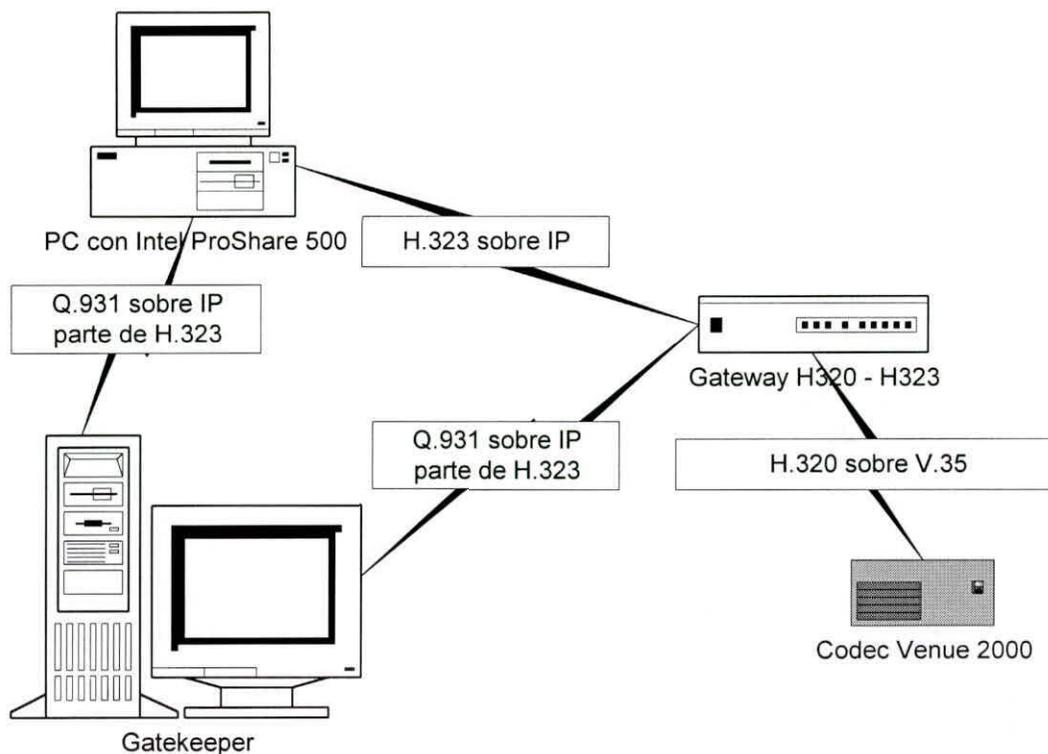


Figura 69. Protocolos utilizados en el Sistema Punto a Punto de Videoconferencia (IP)

Básicamente en este sistema se utilizan dos conjuntos de protocolos: el H.323 para la videoconferencia sobre IP entre los nodos incluyendo al Gateway, y el H.320 que se utiliza entre el Gateway y el Codec Venue 2000.

La comunicación con el Gatekeeper utiliza el protocolo Q.931 que también es parte del protocolo H.323.

Estos protocolos ya fueron explicados en la sección 2.1.3

3.2.1.4 Configuración Física de Equipos

El sistema de videoconferencia punto a punto estará distribuido a través de toda la Escuela, e incluso, fuera de ella.

El nodo más importante de este sistema es sin duda el Aula Virtual que posee el codec Venue 2000 y el Gateway PictureTel 210, que está localizado en el Centro de Tecnologías de Información en el área de tecnologías de la Escuela. Este Gateway también puede ser transportado a otras instalaciones. Los demás nodos del sistema pueden estar ubicados en el auditorio de las Facultades e Institutos o en el Gobierno Central.

El sistema puede extenderse incluso al campus "Las Peñas", ya que el ancho de banda existente permite realizar videoconferencias de calidad intermedia. Los puntos ubicados fuera de la universidad deberán tener un enlace de al menos 128 Kbps con nuestro backbone para poder realizar videoconferencias con el Codec, y hasta 64 Kbps para realizarlas a través del Intel ProShare.

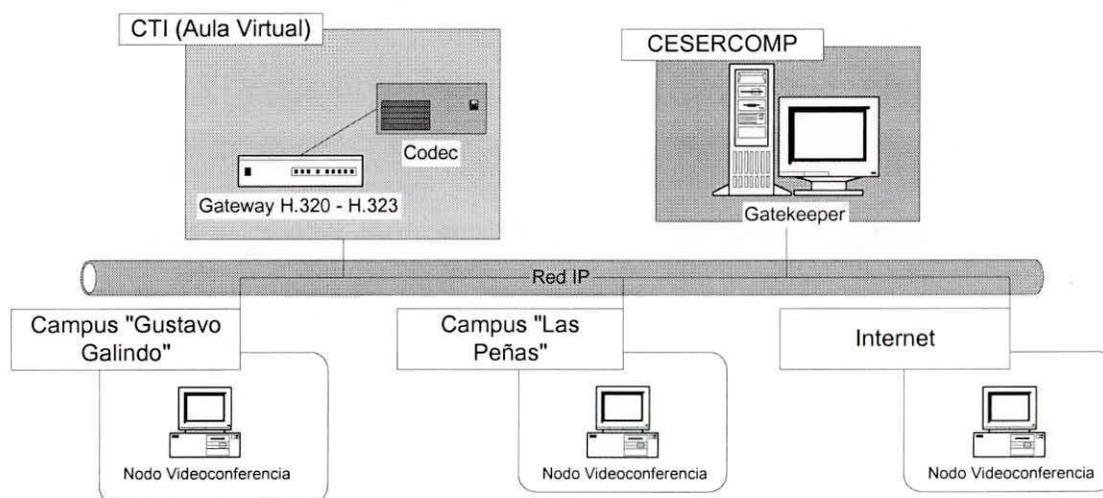


Figura 70. Ubicación Física de Equipos del Sistema de Videoconferencia

3.2.1.5 Configuración Lógica de Equipos

Para la solución sobre IP existen 4 componentes que se deben configurar:

Codec H.320

En el codec H.320, en nuestro caso el PictureTel Venue 2000, tenemos que configurar la interfaz V.35 para que esta puede comunicarse con el Gateway H.320 – H.323. Los siguientes parámetros deben estar activados:

- Marcación en RS.366
- Opción para altas tasas de datos
- 30 cuadros por segundo activados desde 384kbps

Gateway H.320 – H.323

A este equipo se le debe asignar los siguientes valores en la configuración inicial

- Dirección IP: número para poder ser localizado por los otros equipos. Ejemplo: 200.10.150.10 (Dirección dentro de la red del CTI)
- Dirección del Ruteador: número del ruteador de la red en que se encuentra el Gateway. Ejemplo: 200.10.150.8 (Ruteador CTI)
- Dirección del Gatekeeper: dirección del servidor que ejecuta el proceso del Gatekeeper. Ejemplo: 200.10.150.18 (Gatekeeper CTI)

- Puerto del Gatekeeper: El puerto en que el Gatekeeper atiende las solicitudes de llamada y registro. Ejemplo: 1719 (Puerto predeterminado para Gatekeeper)
- Número de Terminal y Número Telefónico: Estos dos valores deben ser idénticos y son el alias con que se reconocerá y se llamará a ese nodo de videoconferencia en el Gatekeeper. Ejemplo: 1111 y 1111

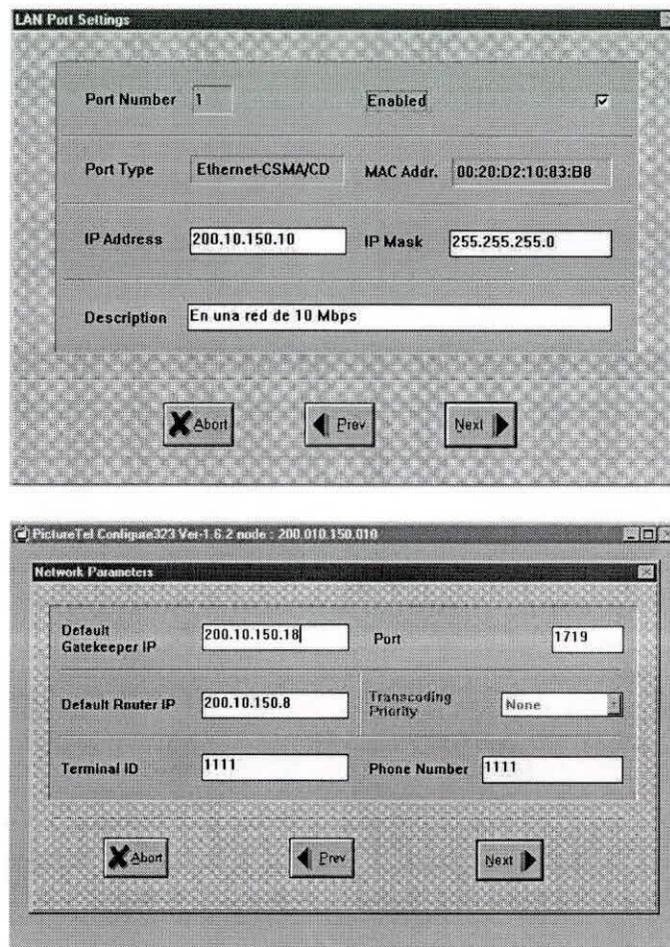


Figura 72. Configuración del Gateway H.320 – H.323

- Velocidad predeterminada de llamadas salientes: Este valor indica a que velocidad se deben intentar hacer las llamadas a otros equipos cuando no se especifique un prefijo. El valor en este caso deberá ser 384 Kbps
- Velocidad predeterminada de llamada entrante: Este valor indica a que velocidad el codec deberá responder a llamadas entrantes si estas no especifican su velocidad.

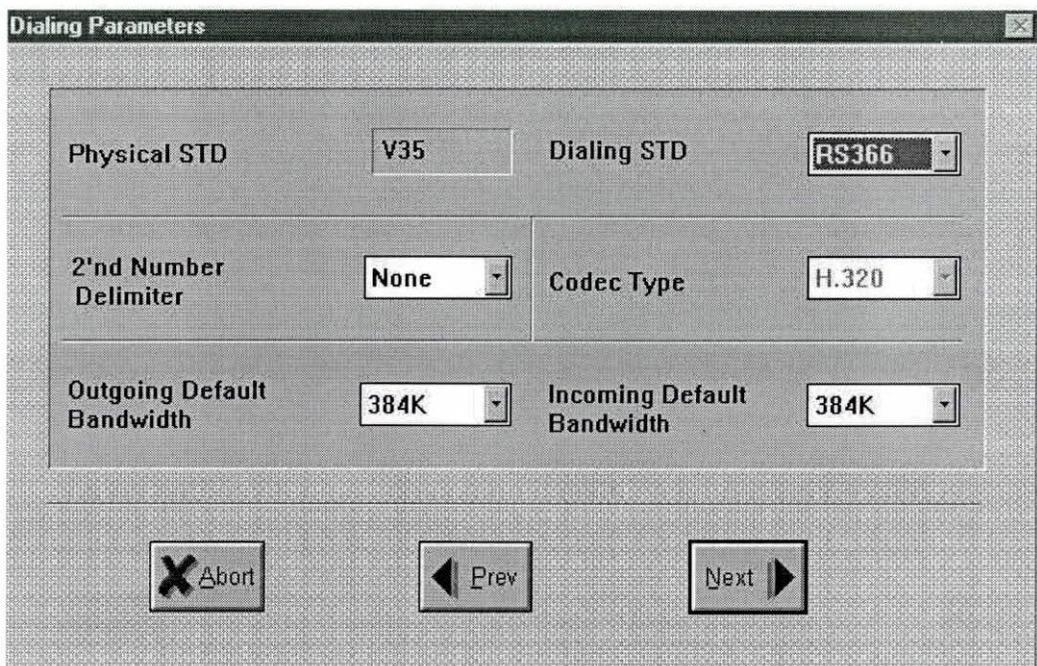


Figura 73. Configuración de Ancho de Banda utilizado por Gateway

Gatekeeper

El Gatekeeper al ser el equipo que controla todo el tráfico de videoconferencia sobre la red IP es el que necesita una configuración basada en la topología lógica de la red

(segmentos existentes, ruteadores entre esos segmentos, entre otros). Cada uno de los lugares desde los que se piensa hacer videoconferencia se deben añadir.

Dentro del Gatekeeper se puede especificar que ancho de banda se esta dispuesto a utilizar para videoconferencia. Este valor no debe sobrepasar en ningún caso el 25% de la capacidad de la red, ya que más allá de eso provoca colisiones y demoras para otros tipos de tráfico. Por esto para un segmento a 10 Mbps, el máximo permisible para videoconferencias es de 2.5Mbps.

Dado que una videoconferencia de alta calidad consume 0.8 Mbps, se podrían realizar 3 de estas videoconferencias sobre una misma red. Así mismo se podrían realizar 6 videoconferencias de calidad media y 12 de calidad regular.

Nodo compatible con H.323

El nodo compatible H.323 necesita ser configurado para poder realizar llamadas sobre IP, ya que algunos también tiene la posibilidad de llamar usando ISDN. Se debe configurar el nodo para realizar videoconferencias de alta calidad, generalmente esto se consigue a 400 Kbps, y variar dependiendo del tipo de videoconferencia que se quiera, hasta un mínimo de 28 Kbps para comunicación de audio solamente.

Dentro del nodo H.323 también se tiene que configurar la dirección del "Gatekeeper" y el alias que el sistema tendrá en la lista de este servidor.

3.2.2 Solución sobre ATM

3.2.2.1 Descripción de la Solución

El sistema punto a punto de Videoconferencia sobre la red ATM es otra alternativa para proporcionar una manera eficaz de comunicación dentro de la Universidad, sin usar ni interferir con la red IP existente.

Este sistema tendrá un nodo principal en el Aula Virtual, en la cual el codec Venue 2000 se conectará a la red ATM a través de una tarjeta V-Room de FVC. Los demás nodos serán estaciones de trabajo equipadas con paquetes para videoconferencia sobre ATM como el BVS de un codec pequeño (Zydacron OnWan 240+) y una interfaz de red ATM (V-NIC de FVC).

Todos estos dispositivos estarán conectados directamente a un switch ATM con puertos de 25 Mbps. Las conexiones de los diferentes puntos al switch se pueden llevar a cabo a través de cable UTP si la distancia al switch es menor a 100 metros o a través de fibra óptica utilizando un par de “transivers” que conviertan las señales de UTP a dicho medio.

Este sistema tendrá la capacidad de realizar videoconferencias de alta calidad (384 Kbps) sobre el backbone ATM de la Universidad sin una disminución en el ancho de banda que se utiliza para las demás tareas de la red.

Cada uno de los nodos de videoconferencia se podrá comunicar con el aula virtual o con otro nodo cualquiera. Se podrán realizar tantas videoconferencias como se desee, limitadas por el número de centros que puedan adquirir los equipos de videoconferencia sobre ATM y posean un par de fibra óptica disponible, más que por el ancho de banda consumido.

Las limitaciones de este sistema son:

- Costo elevado (cada nodo costaría alrededor de 5.000 dólares, sin contar con los transivers ni el switch central)
- La transmisión sobre ATM solo se podría lograr dentro del Campus “Gustavo Galindo”
- Se necesita un par de fibra óptica tendida por cada nodo de videoconferencia que diste más de 100 metros del switch ATM.

3.2.2.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación

Hardware

- Modulo de con al menos 2 puertos de 25 Mbps para switch IBM 8260
- Tarjeta V-Room para Venue 2000 (ya existente)
- Por cada nodo de videoconferencia se necesita:
 - Computador que cumpla con los requerimientos expresados en el apartado

2.4.3.2.1.2

- Nodo de Videoconferencia H.321 sobre ATM como El BVS-003 de Bay Networks
- 2 Transivers de UTP a Fibra Optica Multimodo para ATM 25 Mbps

Software

- Software MOS para Venue 2000
- Software MOS para cada estación de videoconferencia

Comunicación

- Backbone ATM
- 1 par de fibra óptica disponible para cada nodo.

3.2.2.3 Diagramas del Sistema

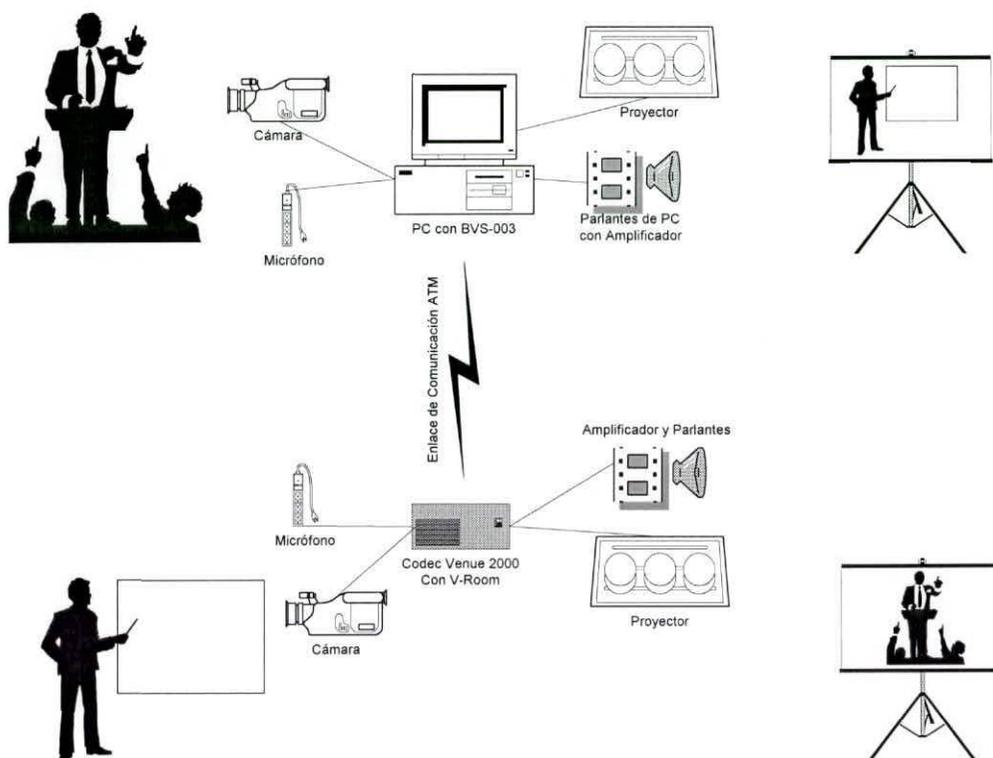


Figura 74. Diagrama Lógico de Videoconferencia entre un nodo cualquiera y el aula

Virtual (ATM)

Este sistema es más simple que su contraparte sobre IP. Dado que el ancho de banda ya no es una preocupación, se elimina la necesidad de contar con un Gatekeeper, y la comunicación se realiza directamente entre los dos nodos.

Al utilizar el Codec del Aula Virtual se debe instalar en él la tarjeta V-Room para que se pueda comunicar sobre ATM.

El otro nodo deberá tener instalado el sistema BVS-003 para poder realizar la videoconferencia sobre ATM. Cualquier equipo tiene la capacidad de llamar al otro utilizando su dirección ATM.

Ambos nodos deben poder capturar audio y vídeo que luego transmitiran y deberán reproducir el video y amplificar el audio que reciban.

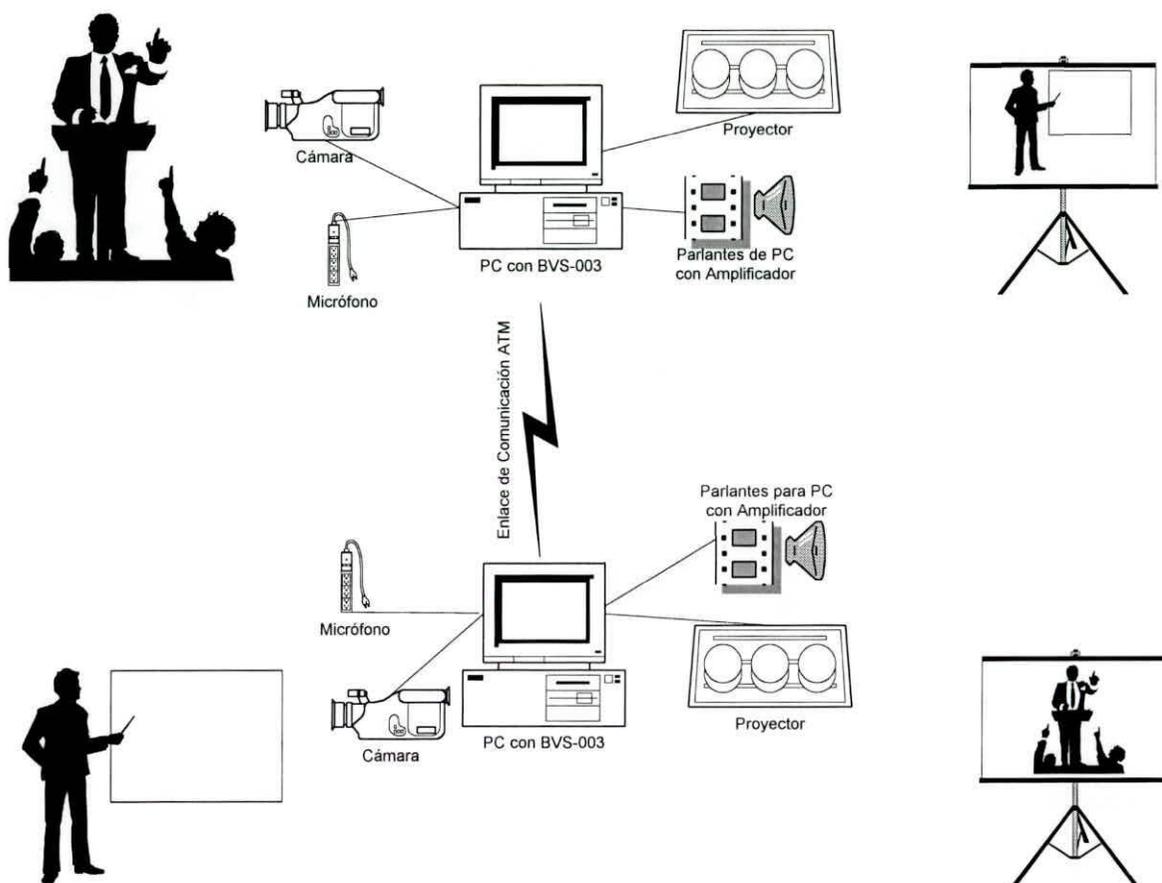


Figura 75. Diagrama Lógico de Videoconferencia entre dos nodos cualquiera (ATM)

En este sistema solamente se necesitan dos computadoras equipadas con el sistema BVS-003 para poder realizar una videoconferencia de alta calidad sobre el Backbone ATM de la Escuela.

Ambos nodos cuentan con cámaras y micrófonos para enviar la información audiovisual al otro nodo y de proyectores y amplificadores para recibirla y reproducirla.

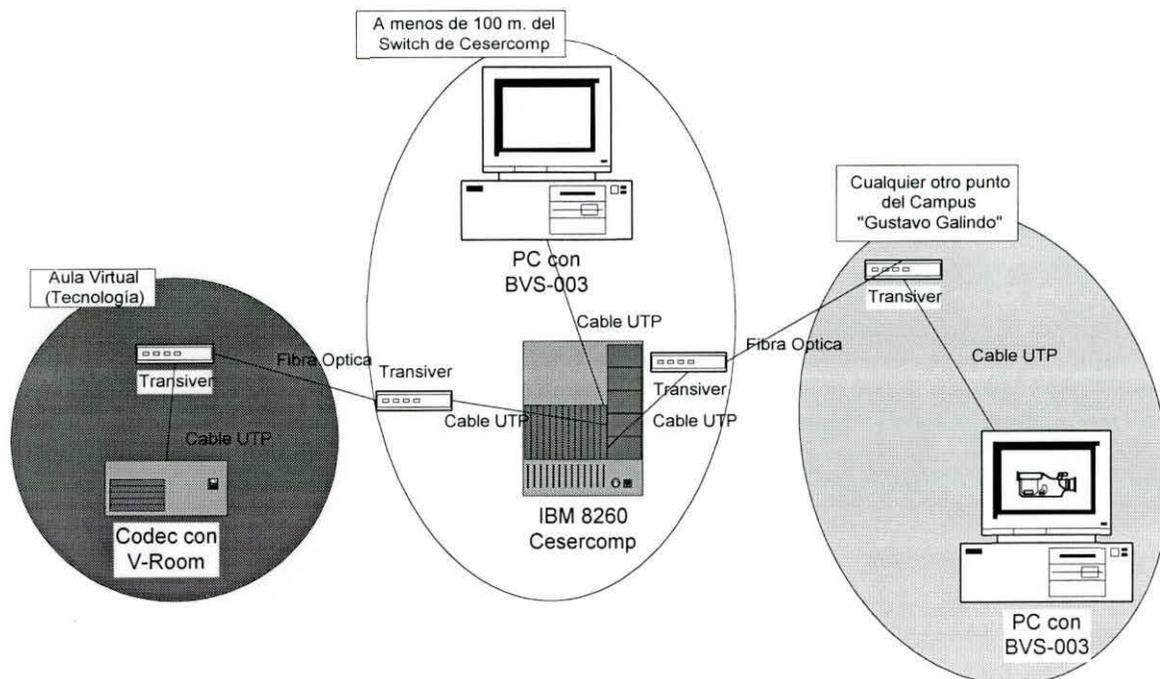


Figura 76. Diagrama de Conexión del Sistema Punto a Punto de Videoconferencia

(ATM)

El tipo de conexión de los equipos al backbone ATM dependerá de la distancia a que se encuentren del Switch 8260 ubicado en Cesercomp. Esto se debe a que el cable UTP puede tener una longitud máxima de 100 metros, caso contrario la señal se atenúa demasiado.

Para extender las conexiones se utiliza un par de transivers que convierten la señal eléctrica del cable UTP a una señal lumínica sobre un par de hilos de fibra óptica.

La distancia máxima que se puede lograr con este sistema es de 2200 metros, suficiente para cubrir los edificios del campus "Gustavo Galindo".

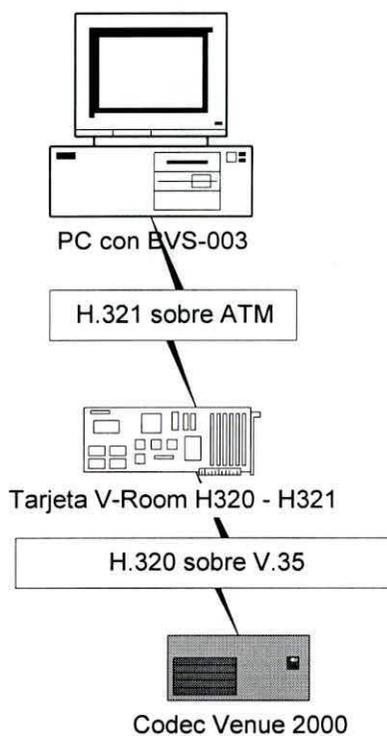


Figura 77. Protocolos utilizados en el Sistema Punto a Punto de Videoconferencia (ATM)

Básicamente en este sistema se utilizan dos conjuntos de protocolos: el H.321 para la videoconferencia sobre ATM entre los nodos incluyendo al V-Room, y el H.320 que se utiliza entre el V-Room y el Codec Venue 2000.

Estos protocolos ya fueron explicados en la sección 2.1.3

3.2.2.4 Configuración Física de Equipos

El corazón de este sistema es el módulo que se inserta en el switch IBM 8260 en CESERCOMP. Se lo coloca en CESERCOMP porque a este lugar convergen todos los enlaces basados en fibra óptica que llegan a los institutos, centros de investigación y facultades. Los nodos de videoconferencia estarán cercanos a los lugares donde llega la fibra óptica en cada punto del campo, preferiblemente en un auditorio. La configuración tiene una topología estrella.

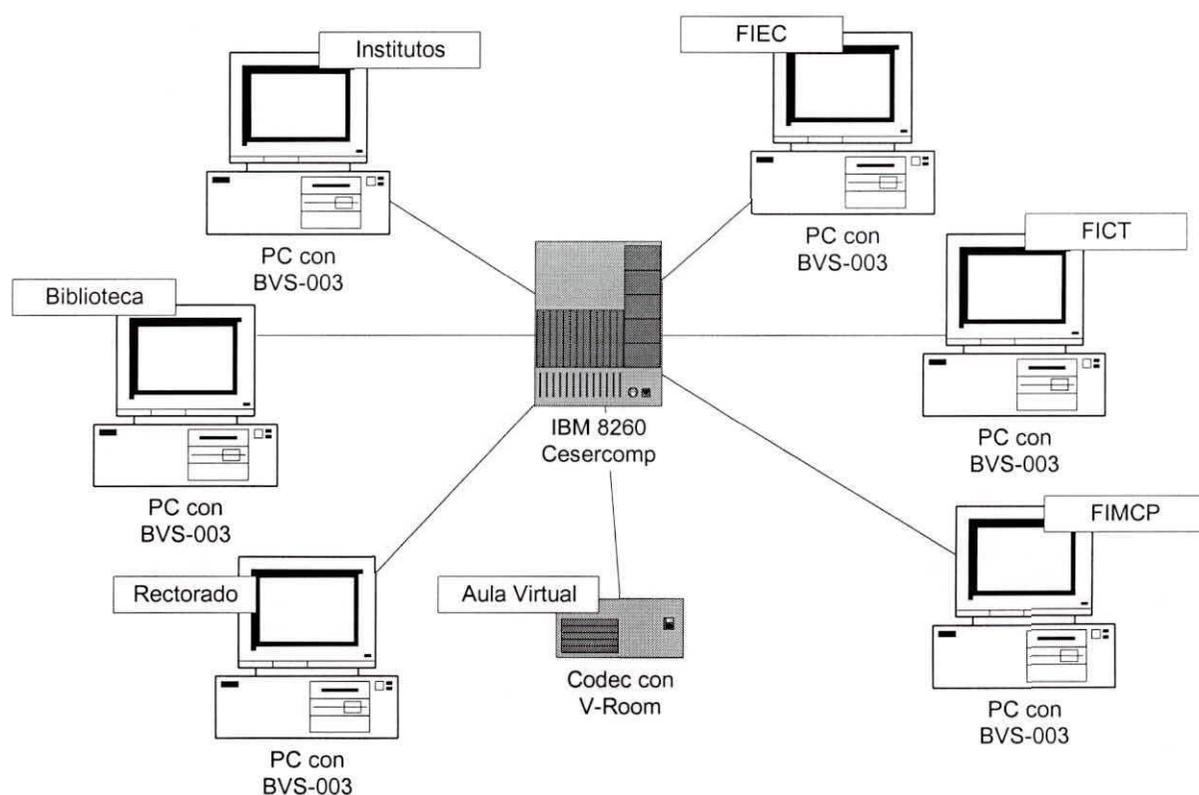


Figura 78. Ubicación Física de los Equipos

3.2.2.5 Configuración Lógica de Equipos

En este sistema la única configuración que se tiene que hacer al software, luego que los equipos ya estén conectados es especificar la dirección ATM (formato de 20 bytes o 4 bytes).

3.4 Sistema Multipunto de Videoconferencia

3.4.1 Descripción de la Solución

El sistema multipunto de videoconferencia permitirá comunicar a varias clases con un profesor o entre sí. Este sistema se diseñará utilizando la red IP existente dentro de la ESPOL y de Internet.

El diseño estará basado en el concepto del nodo central, utilizando un servidor de videoconferencia multipunto (MCU). Por costos este servidor será solamente una aplicación de software que se instalará sobre un servidor NT. Esta solución puede ser tanto el PictureTel NetConference 330 o el MeetingPoint de WhitePine, siendo indistinto técnicamente cualquiera de las dos.

Los nodos de videoconferencia serán los mismos que conforman la solución punto a punto sobre IP, es decir, el aula virtual más el gateway, las máquinas equipadas con el equipo de videoconferencia H.323 y el Gatekeeper.

El sistema podrá atender hasta a 8 usuarios, los cuales podrán estar presentes en una sola videoconferencia de 8 o en varias con menos participantes cada una.

El acceso a estas videoconferencias se podrá realizar a través de una página web donde se puede organizar, planear o eliminar conferencias mediante un applet de java. En este applet se incluye la hora y los participantes invitados.

La velocidad máxima de conexión es de 384Kbps por participante y cada participante solo podrá observar solamente a un participante a la vez, pudiendo cambiarlo mediante el software en el nodo H.323 como desde una página web con el applet del MCU.

Se podrá acceder al MCU desde cualquier parte del mundo con conexión a Internet, pero se necesita que el ancho de banda sea lo suficientemente alto (al menos 56 Kbps) para poder participar en la videoconferencia.

El ancho de banda que necesita el servidor debe ser de por lo menos 6,4 Mbps (8 clientes * 800 Kbps cada uno), por lo cual es recomendable usar Ethernet de 100 Mbps para evitar congestiones.

Los alcances y limitaciones de este sistema son:

- Solo se puede ver a un participante a la vez
- Solo admite hasta 8 usuarios.⁵⁸

3.4.2 Necesidades de Hardware, Software y Comunicación

Hardware:

- Servidor Pentium III de 450 Mhz con 256 MB de RAM
- Los mismos equipos que para el sistema punto a punto de Videoconferencia sobre IP

Software:

- Un MCU (ya sea a MeetingPoint o NetConference 330)
- Windows NT Server 4.0
- El mismo software que para el sistema punto a punto de Videoconferencia sobre IP

Comunicación:

- Enlace a 100 Mbps sobre IP para el MCU
- Los mismos enlaces que para los nodos en el sistema punto a punto de Videoconferencia sobre IP

⁵⁸ Limitación debido a las licencias del producto (un servidor con más licencias aumenta de manera exagerada el costo)

3.4.3 Diagramas del Sistema

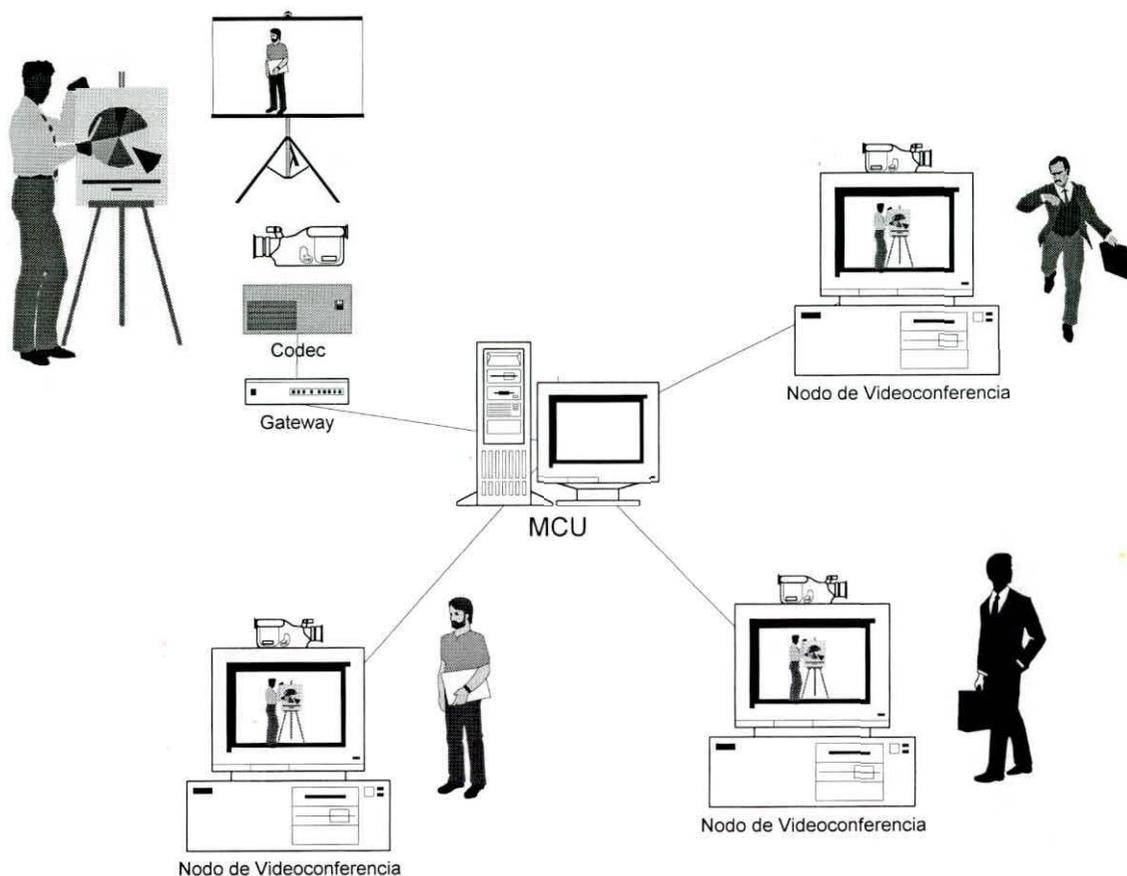


Figura 79. Diagrama Lógico de Videoconferencia Multipunto

En el sistema multipunto de videoconferencia todos los nodos se conectan mediante Internet al nodo central o MCU.

El MCU recibe el flujo de video de todos los participantes de la videoconferencia y retransmite a cada participante uno de esos videos, dependiendo ya sea de quien esta hablando o de la selección de cada usuario.

Cada nodo tiene la capacidad de transmitir y reproducir información multimedia (audio y vídeo)

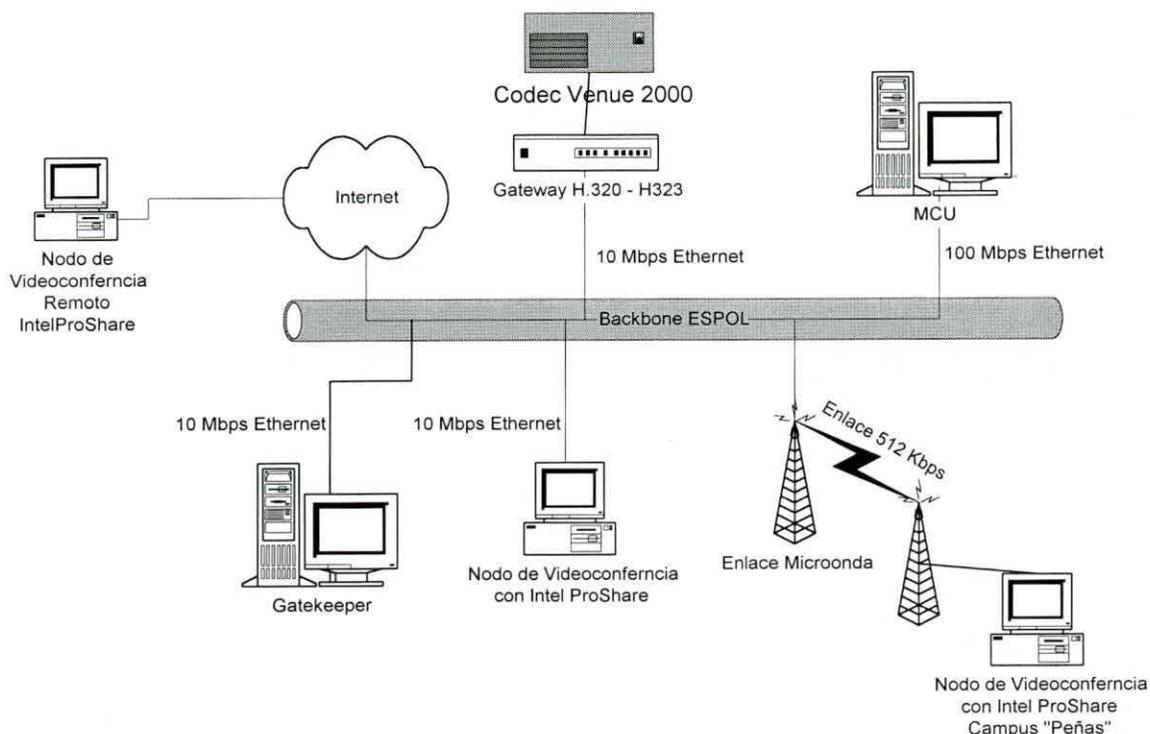


Figura 80. Diagrama de Conexión del Sistema Multipunto de Videoconferencia

Todos los componentes de este sistema se interconectan a través del protocolo IP dentro del Backbone de la ESPOL o de Internet.

El MCU, que en caso extremo debe soportar 8 conexiones a 800 Kbps, deberá estar conectado al backbone con un ancho de banda de 100 Mbps para evitar colisiones.

Los nodos de videoconferencia ubicados dentro del Campus "Gustavo Galindo" (Aula Virtual, equipos ProShare en las facultades e institutos) necesitan una conexión de 10 Mbps al backbone, y participarán en la videoconferencias a 728 Kbps.

Los nodos ubicados en el campus "Peñas", estarán conectados mediante el enlace de 512 Kbps al backbone y participarán a 383 Kbps o sea de calidad media.

Los nodos ubicados fuera de la ESPOL, deberán tener un enlace de al menos 128 Kbps con el Backbone por medio de Internet para participar.

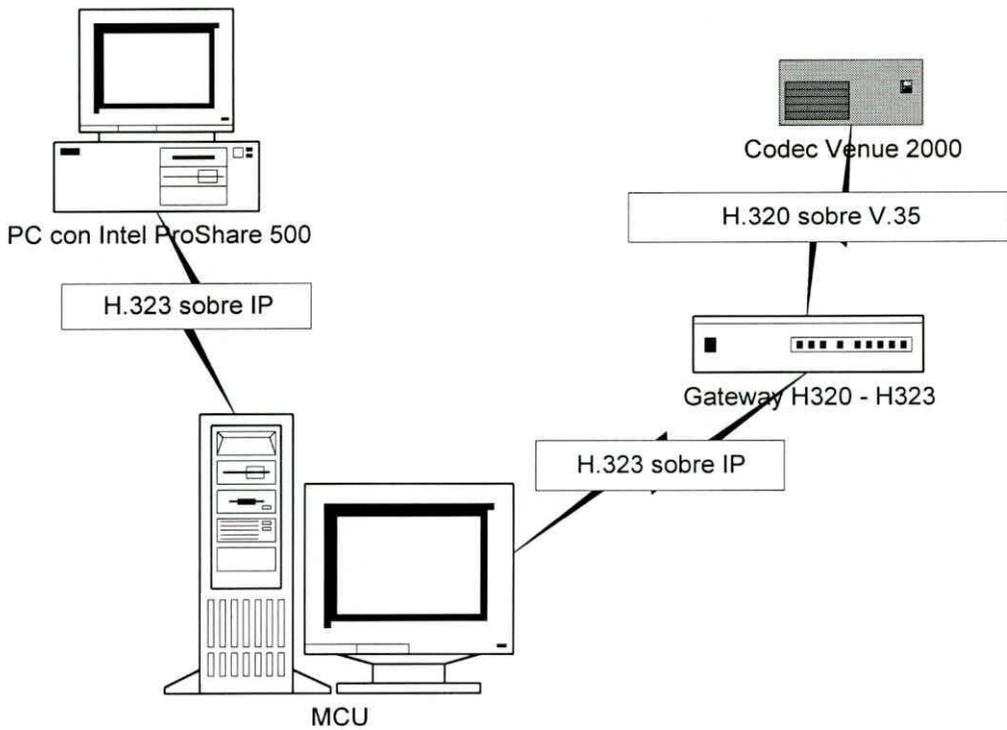


Figura 81. Protocolos utilizados en el Sistema Multipunto de Videoconferencia

En este sistema se utiliza el protocolo H.323 que permite una videoconferencia multipunto de manera transparente para los nodos de videoconferencia. Todos los nodos se conectan al MCU con este protocolo tal como si fuera una videoconferencia punto a punto.

También se utiliza el protocolo H.320 entre el Gateway y el Codec.

Estos protocolos fueron detallados en la sección 2.1.3

3.4.4 Configuración Física de Equipos

Dado que el MCU es el punto central del sistema, y a este se comunican todos los nodos, este servidor deberá estar conectado por lo menos a 100 Mbps al Backbone para no congestionar su enlace. Esto se puede lograr en CESERCOMP.

El resto de nodos podrá estar conectado ya sea en el Campus "Gustavo Galindo" para videoconferencias de alta calidad, en el campus "Las Peñas" para videoconferencias de calidad intermedia o en cualquier parte de Internet para videoconferencias de calidad regular.

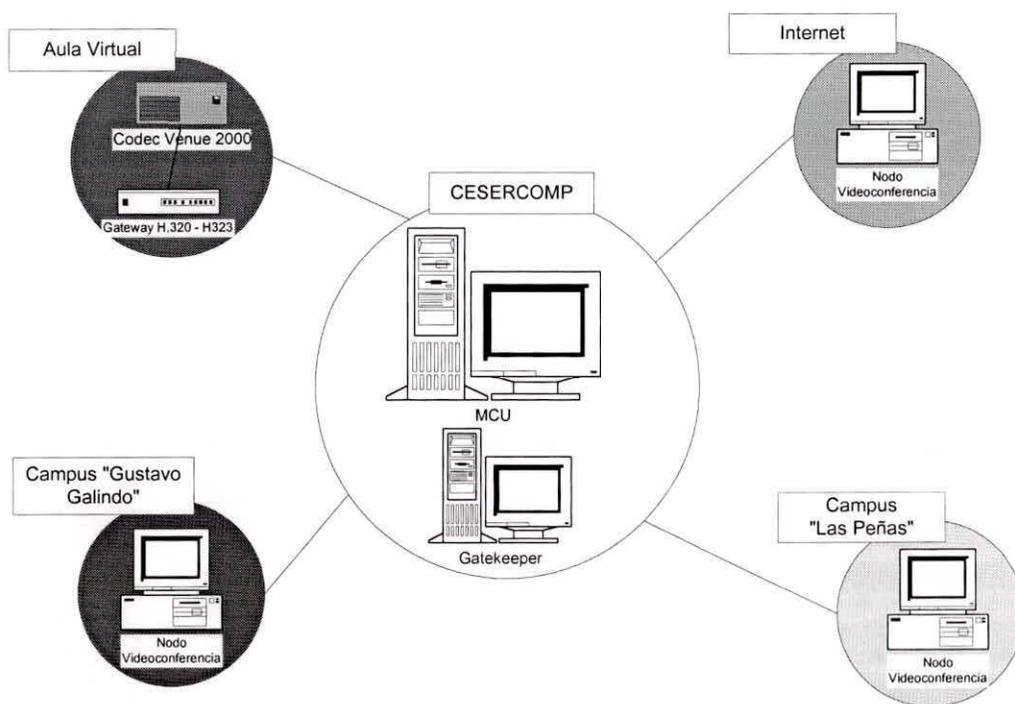


Figura 82. Ubicación Física de los Equipos

3.4.5 Configuración Lógica de Equipos

La configuración lógica es la misma que para el sistema punto a punto de videoconferencia con las siguientes adición:

MCU

En el MCU se debe especificar la dirección de Gatekeeper para que junto con este controle el ancho de banda utilizado para todas las salas de videoconferencia.

4. PRUEBAS DE EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD

4.1 Descripción de los Prototipos

Dentro de esta tesis se implementó 3 prototipos que permiten evaluar la validez de los diseños realizados en el capítulo anterior. Estos prototipos fueron:

4.1.1. Sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda y en Vivo

Unimos en un solo prototipo el sistema de distribución de vídeo bajo Demanda y en Vivo debido que utilizan el mismo software: Windows Media Server.

Este prototipo será capaz de distribuir vídeos en vivo y bajo demanda a un máximo de 50 usuarios⁵⁹ a 33Kbps. Este sistema necesitan de tres componentes: Servidor, Codificador y Cliente

Servidor

Se instaló la versión 4.0 del Windows Media Server sobre un servidor Windows NT 4.0 Server. El servidor es un Compaq ProLinea 200 con un procesador Pentium II de 300 Mhz y 192 Mb en memoria RAM.

El servicio de Unicast (distribución por unidifusión) está “unido” (bind) al puerto 80, lo que permite que el acceso a los vídeos bajo demanda y en vivo se pueda realizar

⁵⁹ Se restringe la capacidad a 50 usuarios debido a que el servidor de pruebas tiene instalado otros servicios que no permiten que el servidor actúe a su máxima capacidad.

con el protocolo http, salvando cualquier barrera (firewall) existente con las máquinas cliente.

El servidor se encuentra ubicado en el Centro de Tecnologías de Información y tiene un enlace de 10 Mbps al backbone de la ESPOL

Codificador

Se implementó en una máquina Compaq Deskpro con procesador Pentium III de 450 Mhz y 128 Mb de Memoria RAM. Este codificador cuenta con una tarjeta capturadora de vídeo AverMedia TVPhone, que permite capturar vídeos a 30 cuadros por segundo y una resolución de 320x240. Esta máquina tiene el sistema operativo Windows 98 Segunda Edición y el software Windows Media Tools 4.0

Esta máquina puede estar ubicada en cualquier lugar del Campus "Gustavo Galindo" con acceso a una conexión a la red de al menos 10 Mbps.

Clientes

Se ha utilizado varias máquinas como cliente, siendo la de más baja capacidad una Pentium de 90 Mhz y la más alta una Pentium III de 500 Mhz. En este grupo de clientes también está incluida una PowerMac G3. Cualquier máquina conectada a Internet puede ser un cliente. Los clientes tienen instalado en el caso de las PC el Windows Media Player 6.4 y en caso de las Mac el Windows Media Player 6.3 beta para Macintosh.

Para simular los clientes en las pruebas de uso de ancho de banda hemos usado el software Windows Media Load Simulator versión 1.0 que se ejecuta sobre una estación de trabajo Windows 2000 Professional que tiene un procesador Pentium II de 200 Mhz y 64 Mbps de memoria RAM.

Se utilizan 4 vídeos para probar el sistema de distribución de vídeo bajo demanda:

Nombre	Fuente	Tasa de datos Máxima	Compresión Vídeo	Compresión Audio
Startrek	DVD	500Kbps	MPG43 a 24bits y 320x240	MSAudio 32Kbps 44Khz
Apolo13	VHS	300Kbps	MPG43 a 24bits y 320x240	MSAudio 32Kbps 44Khz
Vlir	Vivo	300Kbps, 37Kbps	MPG43 a 15bits y 320x240	Voxware Metasound 8Kbps 8Khz
Conferencia	Vivo	80Kbps, 37Kbps, 22Kbps	MPG43 a 15bits y 160x120	Voxware Metasound 10Kbps 11Khz

Tabla 15. Vídeos utilizados para demostración del prototipo de VoD

Para acceder a este vídeo desde cualquier máquina conectada a internet se tiene que acceder a la siguiente dirección:

<http://200.10.150.18/nombre.asf>

El espacio utilizado para almacenar estos vídeos es:

Nombre	Duración (min)	Tamaño después de Compresión	Mb/min
Startrek	124	455 Mb	3.7
Apolo13	139	314 Mb	2.3
Vlir	61	162 Mb	2.7
Conferencia	54	50 Mb	0.9

Tabla 16. Espacio para almacenar Vídeos del sistema de VoD

Se utilizaron 3 vídeos para probar el sistema de distribución de vídeo en vivo:

Nombre	Fuente	Tasa de datos Máxima	Compresión Vídeo	Compresión Audio
Prueba1	VHS	500Kbps	MPG43 a 24bits y 320x240	MSAudio 32Kbps 44Khz
Prueba2	Vivo	300Kbps, 80Kbps	MPG43 a 24bits y 320x240	MSAudio 16Kbps 44Khz
Prueba3	Vivo	80Kbps, 37Kbps, 22Kbps	MPG43 a 15bits y 176x144	Voxware Metasound 8Kbps 8Khz

Tabla 17. Vídeos utilizados para demostrar el prototipo de Video en Vivo

4.1.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia

Para la implementación de este sistema contamos con los siguientes equipos:

- Codec PictureTel Venue 2000
- PictureTel 210 (Gateway H.320 – H.323)
- PictureTel LiveManager 3.1 (Gatekeeper)
- Un sistema Intel ProShare 500 (nodo de videoconferencia)

- Un computador Compaq Deskpro Pentium III de 450 Mhz y 192 Mb en RAM

Este prototipo tiene la capacidad de realizar videoconferencias a un máximo de 384Kbps entre el Aula Virtual y cualquier otro punto conectado a la red interna del Campus “Gustavo Galindo”, además se realizó una videoconferencia entre el Aula Virtual y el Campus “Las Peñas” utilizando un ancho de banda menor debido a la limitación de 512Kbps del enlace que este campus tiene con el Backbone.

4.1.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia

Para la implementación de este sistema utilizamos los siguientes equipos

- Codec PictureTel Venue 2000
- PictureTel 210 (Gateway H.320 – H.323)
- MeetingPoint de WhitePine (MCU y Gatekeeper)
- Un sistema Intel ProShare 500 (nodo de videoconferencia)
- Dos computadores Compaq Deskpro Pentium III de 450 Mhz y 192 Mb en RAM

Este prototipo tiene la capacidad de realizar videoconferencias multipunto hasta entre un máximo de 8 participantes utilizando un ancho de banda máximo por participante de 384Kbps. Estos participantes pueden estar ubicados tanto dentro como fuera del Campus “Gustavo Galindo”.

Los participantes pueden usar cualquier equipo de videoconferencia compatible con el protocolo de videoconferencia sobre IP: H.323 (Intel Pro Share, PC con NetMeeting, Intel Video Pone, entre otros).

4.2 Calidad de Vídeo

4.2.1 Sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda y en Vivo

La Calidad de Vídeo de este sistema depende del ancho de banda utilizado y de la cantidad de movimiento en que contenga dicho vídeo. No importa si la transmisión es realizada en vivo o se accede a un vídeo almacenado en el servidor, la calidad de ambos tipos de vídeo depende del ancho de banda con que se codifiquen, por lo tanto solo revisaremos los vídeos del sistema VoD.

A continuación se muestra la calidad para los vídeos que su usaron para el prototipo:

Startrek.asf: 500 Kbps usando Red Local

El formato fuente del vídeo Startrek.asf fue la película contenida en un DVD, lo que significa un origen limpio y sin distorsiones. El vídeo contiene escenas con muchos detalles, colores fuertes (rojo, azul o verde intenso) y movimientos bruscos. Este vídeo fue comprimido utilizando el codec MPEG4 3 de Microsoft, incluido en el paquete Windows Media. Escenas de este video pueden verse en la figura 83. Los valores de configuración para la captura y compresión fueron:

Tamaño: 320 x 240 pixeles

Profundidad de color: 15 bits

Cuadros por segundos: 30

Claridad: 100%

Comentarios:

- La calidad de un vídeo comprimido a 500 Kbps es comparable a la que se obtendría de una película de VHS. Las imágenes son claras y ricas en detalles.
- Las transiciones y movimientos son claros sin dejar demasiados artefactos⁶⁰ en pantalla
- Las escenas que contienen colores fuertes no se distorsionan (como en la figura 83.b)
- El único efecto apreciable de la codificación es el “bloqueo” (blocking)⁶¹ en los perfiles con detalles (rostros, franjas de colores fuertes, entre otros)

⁶⁰ Pequeños errores y distorsiones en el vídeo

⁶¹ La imagen parece estar formada por pequeños cuadrados

- Esta compresión se puede utilizar para transmitir vídeos que necesiten de un alto grado de detalle (trabajos a pequeña escala o de alta precisión).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 83. Imágenes del Video *Startrek.asf*

Apolo13.asf: 300 Kpbs usando Red Local

El formato fuente del vídeo Apolo13.asf fue VHS, contenido en un casete de alquiler, lo que implica cierto ruido inicial en la imagen. El vídeo contiene escenas con muchos detalles, colores fuertes (rojo, azul o verde intenso) y movimientos bruscos. Este vídeo fue comprimido utilizando el codec MPEG4 3 de Microsoft, incluido en el paquete Windows Media. Los valores de configuración para la captura fueron:

Tamaño: 320 x 240 pixeles

Profundidad de color: 24 bits

Cuadros por segundos: 30

Claridad: 100%

Comentarios:

- La calidad de vídeo es menor a la que se obtendría de un VHS, pero es lo suficientemente claro como transmitir toda la información visual.
- Los detalles sutiles se pierden, pero se puede leer el texto de los subtítulos (figura 83.b)
- Es común encontrar artefactos y zonas borrosas cuando hay movimientos o acción brusca (figura 83.e), que tienden a desaparecer cuando la escena es más estática (figura 83.d).
- Los colores brillantes producen bloqueo (figura 83.c)
- Este nivel de compresión se puede usar para vídeos en movimiento que no necesiten un alto grado de detalle, pero que contengan subtítulos o información escrita.



(a)



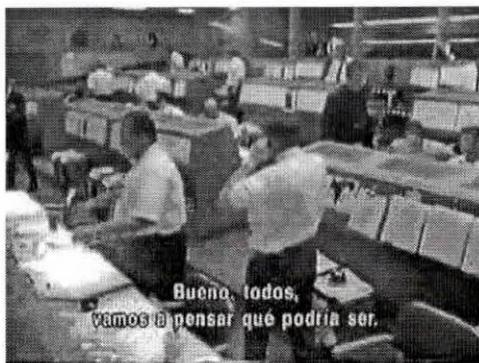
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 84. Imágenes del Video Apolo13.asf

Vlir.asf 300 Kbps usando Red Local

El formato fuente del vídeo Vlir.asf fue el entregado por la cámara de vídeo del Aula Virtual. Al ser vídeo tomado por una cámara, la imagen será clara y limpia. El vídeo es de una conferencia y se caracteriza por tomas fijas y con poco movimiento. Este vídeo fue comprimido utilizando el codec MPEG4 3 de Microsoft, incluido en el paquete Windows Media. Los valores de configuración para la captura y compresión fueron:

Tamaño: 320 x 240 pixeles

Profundidad de color: 24 bits

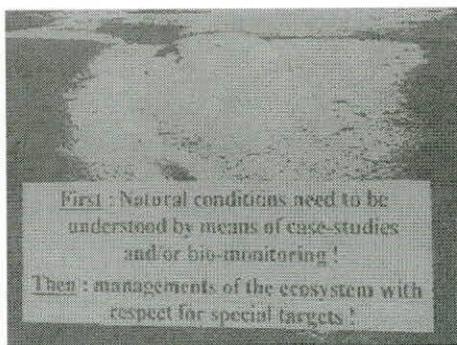
Cuadros por segundos: 30

Claridad: 100%

Comentarios:

- El vídeo que se obtiene es comparable en calidad a la entregada por un VHS que hubiera grabado la conferencia.
- Se observan todos los detalles y se puede leer sin problemas las diapositivas. (figura 83.b)
- Al tener una menor profundidad de color (15 bits) se pueden notar áreas de la imagen donde los colores son sólidos⁶².
- Este nivel de compresión se puede usar para conferencias que sean transmitidas dentro del campus "Gustavo Galindo"

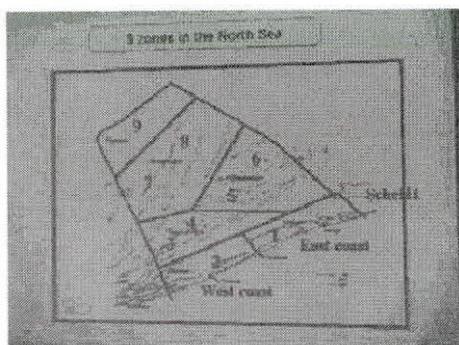
⁶² Donde los colores no tienen el degradé natural



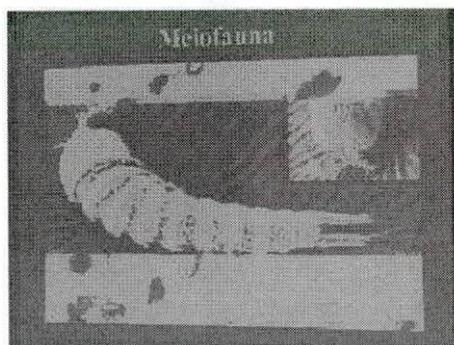
(a)



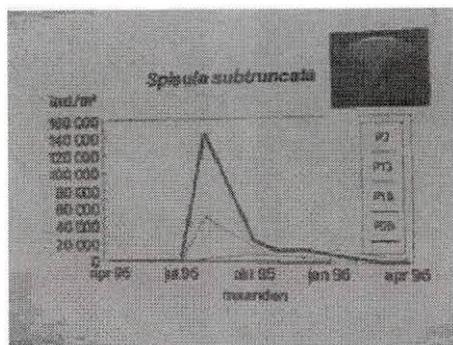
(b)



(c)



(d)



(e)

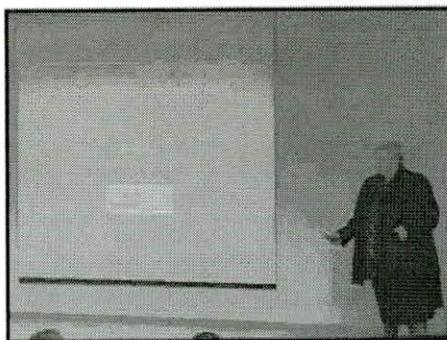
Figura 85. Imágenes del Video Vlir.asf

Vlir.asf 37Kbps usando MODEM de 57 Kbps conectado a través de ESPOLTEL

El vídeo fue procesado de la misma manera que Vlir.asf a 300 Kbps.

Comentarios:

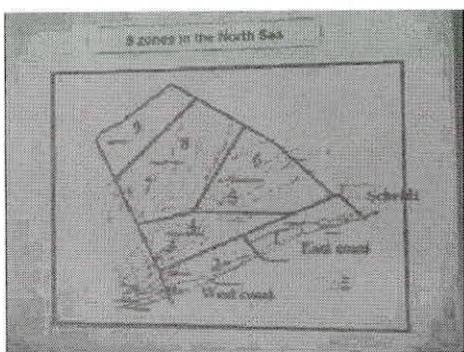
- Cuando el vídeo Vlir.asf se transmite a través de una conexión telefónica, el resultado es una secuencia de fotos, debido a que se eligió Claridad a 100% en detrimento de la velocidad en cuadros por segundos. El vídeo originalmente a 30 cps, ahora se reduce a apenas 0.1 cps.
- Las imágenes son muy parecidas a las obtenidas a 300 Kbps, solamente son apreciables más artefactos en las primeras partes del vídeo hasta que el servidor y el cliente ajustan la velocidad de transmisión.
- Este nivel de compresión podría ser usado para distribuir un video que necesite tener un formato amplio (320x240), pero en el que no sea tan importante el movimiento (conferencia).



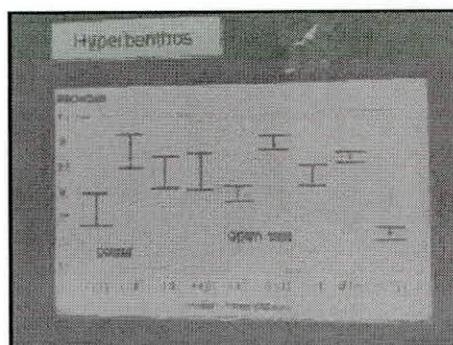
(a)



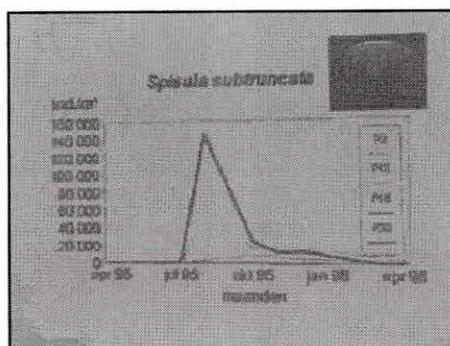
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 86. Imágenes del Video Vlir.asf a 37Kbps

Conferencia.asf: 80 Kbps usando la Red Interna

El formato fuente del vídeo Conferencia.asf fue el entregado por una cámara de vídeo en el auditorio de Rectorado. Al ser vídeo tomado por una cámara, la imagen será clara y limpia. El vídeo es de una conferencia y la mayor parte de esta se desarrolla enfocando a una persona que esta hablando en un podium, por lo tanto el vídeo tendrá muy poco movimiento. Este vídeo fue comprimido utilizando el codec MPEG4 3 de Microsoft, incluido en el paquete Windows Media. Los valores de configuración para la captura y compresión fueron:

Tamaño: 176 x 144 pixeles

Profundidad de color: 15 bits

Cuadros por segundos: 30

Claridad: 100%

Comentarios:

- Debido al tamaño, este video no se puede apreciar a pantalla completa, ya que se deforma de manera considerable.
- Las imágenes son claras y se logran distinguir los detalles del rostro del que habla (figura 87.c)
- Se presentan pequeños artefactos cuando hay movimientos bruscos (zoom y movimientos laterales de la cámara), pero son de poca importancia (figura 83.b)

- Esta compresión de vídeo puede ser utilizada para transmitir conferencias estáticas⁶³ a través del Internet

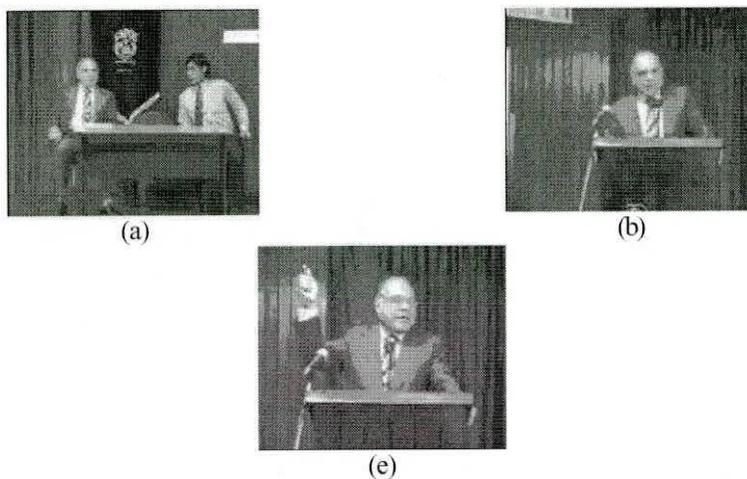


Figura 87. Imágenes del Vídeo Conferencia.asf

Conferencia 22 Kbps usando MODEM de 56Kbps conectado a través de ESPOLTEL

El vídeo fue procesado de la misma manera que Conferencia.asf a 22 Kbps.

Comentarios:

- Las imágenes tomadas de este vídeo a 22 Kbps no se diferencian mayormente de las tomadas a 80 Kbps.
- Lo que diferencia esta transmisión a 22Kbps de la de 80Kbps es la velocidad de movimiento. En este vídeo a 22Kbps se alcanza apenas 0.11 cuadros por segundo, por lo que el vídeo se convierte en una secuencia de fotos

⁶³ En la cual se filme a una persona hablando

- Esta compresión de vídeo puede ser utilizada para transmitir conferencias estáticas a través del Internet para conexiones Telefónicas



(a)



(b)



(e)

Figura 88. Imágenes del Video Conferencia.asf a 22Kbps

4.2.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia

En este sistema, la calidad del vídeo depende esencialmente del ancho de banda que se utiliza. Se ha realizado pruebas de videoconferencias a 384 y 128 Kbps que son las velocidades de conexión más comunes.

Videoconferencia a 384 Kbps usando la red local

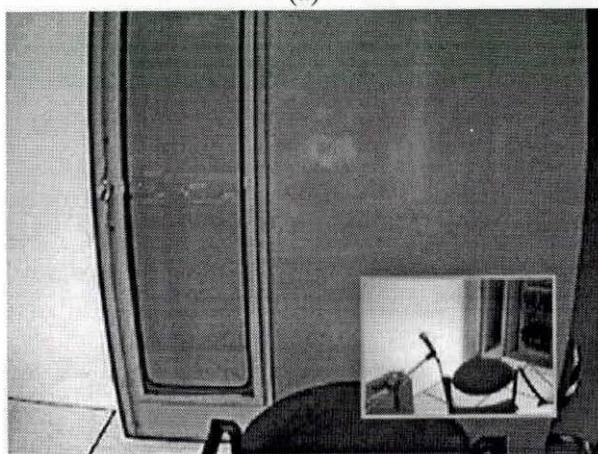
Esta videoconferencia se realizó a través de la red local del Centro de Tecnologías de Información con un ancho de banda de 10Mbps. Uno de los nodos fue el codec del Aula Virtual (PictureTel Venue 2000) conectado al Gateway H.320 – H.323 (PictureTel 210), mientras el otro nodo fue un equipo un computador Compaq Deskpro de 550 Mhz conectado con el sistema Intel ProShare 500. El codec de vídeo utilizado fue el H.261 con un formato CIF, que es el que generalmente se usará para videoconferencia debido a la gran base instalada de equipos que soportan este formato.

Comentarios:

- El vídeo a 384 Kbps se transmite a 15 cuadros por segundo, por lo que el movimiento es continuo.
- Hay poca presencia de artefactos, el video es lo suficientemente claro como distinguir las facciones y movimientos de la otra persona (figura 89.a).
- Cuando la imagen es estática la calidad mejora (figura 89.b)
- Cuando existe movimiento, se producen algunos artefactos, pero no en gran cantidad figura (89.c).



(a)



(b)



(c)

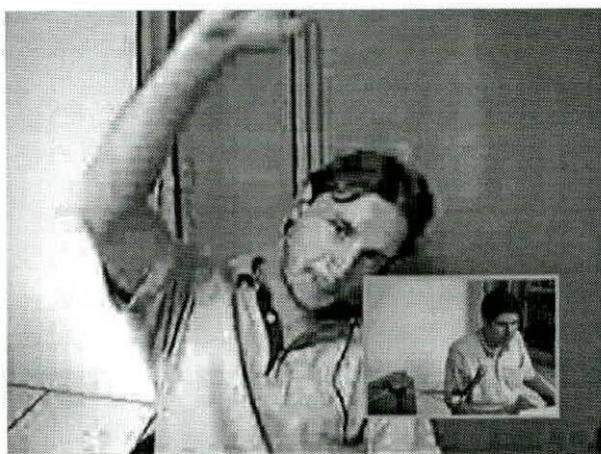
Figura 89. Imágenes de Videoconferencia a 384Kbps

Videoconferencia a 128 Kbps usando la red local

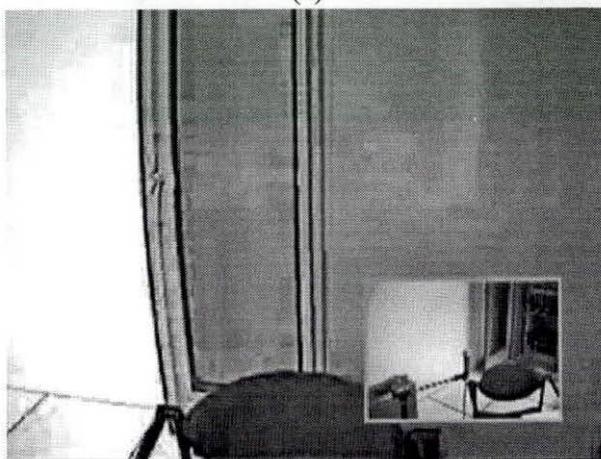
Esta videoconferencia se realizó a través de la red local del Centro de Tecnologías de Información con un ancho de banda de 10Mbps. Uno de los nodos fue el codec del Aula Virtual (PictureTel Venue 2000) conectado al Gateway H.320 – H.323 (PictureTel 210), mientras el otro nodo fue un equipo un computador Compaq Deskpro de 550 Mhz conectado con el sistema Intel ProShare 500. El codec de vídeo utilizado fue el H.261 con un formato CIF, que es el que generalmente se usará para videoconferencia debido a la gran base instalada de equipos que soportan este formato.

Comentarios:

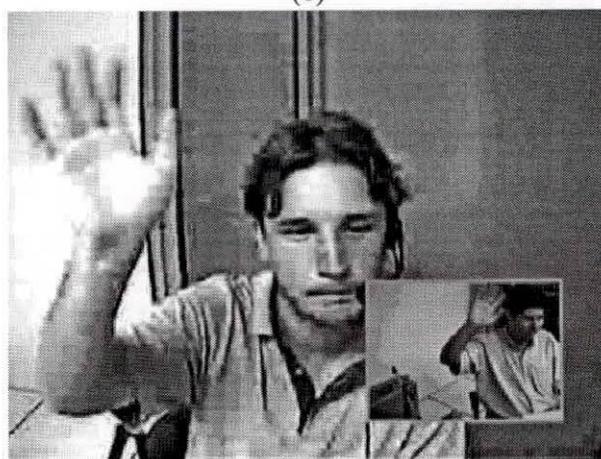
- El vídeo a 128 Kbps se transmite a menos de 15 cuadros por segundo (entre 8 y 12 dependiendo del movimiento), y por tanto el movimiento no es continuo.
- El vídeo presenta gran cantidad de artefactos incluso cuando la imagen es estática (figuras 90.a y 90.b)
- El bloqueo (blocking) afecta la calidad del vídeo volviéndolo “cuadriculado” cuando existe movimientos bruscos (figuras 90.a y 90.c)
- Aunque los rostros se pueden distinguir, los pequeños detalles se pierden debido a la compresión.



(a)



(b)



(c)

Figura 90. Imágenes de Videoconferencia a 128 Kbps

Videoconferencia a 512 Kbps entre los campus “Las Peñas” y “Gustavo Galindo”

Esta videoconferencia se realizó a través del enlace de microondas de 512 Kbps existente entre el campus “Gustavo Galindo” y el campus “Las Peñas”. Uno de los nodos fue el codec del Aula Virtual (PictureTel Venue 2000) conectado al Gateway H.320 – H.323 (PictureTel 210), mientras el otro nodo fue un equipo un computador Compaq Deskpro de 550 Mhz conectado con el sistema Intel ProShare 500 conectado en el laboratorio de computación de la FIEC en “Las Peñas” . El codec de vídeo utilizado fue el H.261 con un formato CIF, que es el que generalmente se usará para videoconferencia debido a la gran base instalada de equipos que soportan este formato.

Comentarios:

- Dado que el enlace no permitía una conexión a 384 Kbps en ambos sentidos (requiriendo en total 728 Kbps), el codec Venue 2000, que solo transmite a velocidades fijas, transmitía a 384 Kbps, mientras que el Intel ProShare 500 lo hacía a aproximadamente 128 Kbps, dando como resultado diferentes calidades de vídeo en cada punto.
- En el campus “Las Peñas” la imagen recibida fue clara y comparable a los resultados obtenidos en las pruebas a 384 Kbps en la red local.
- En el campus “Gustavo Galindo” el vídeo fue de menor calidad y comparable a los resultados obtenidos en las pruebas a 128 Kbps.

- La demora en la videoconferencia (delay) no fue significativa, comparándose con las pruebas hechas en la red local.

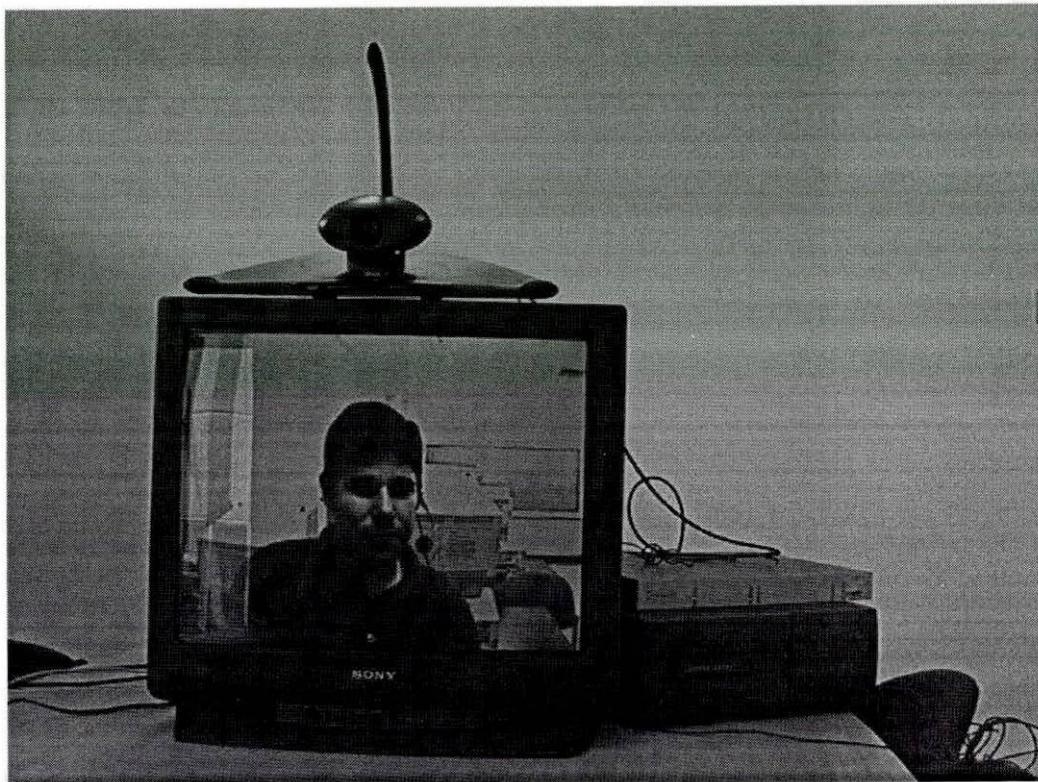


Figura 91. Imagen de la Videoconferencia a 512 Kbps (Ida y Retorno)

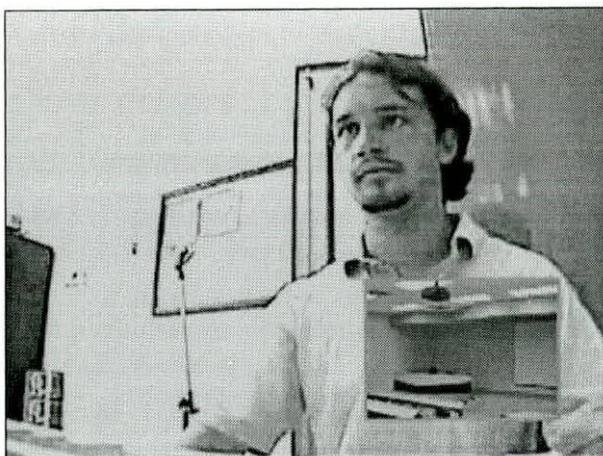
4.2.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia

En este sistema, al igual que en sistema punto a punto de videoconferencia, la calidad del vídeo depende esencialmente del ancho de banda que se utiliza cada cliente, ya que para cada cliente lo que esta realizando es una videoconferencia punto a punto con el servidor multipunto (MCU). Se realizaron pruebas entre 4 participantes, dos transmitiendo audio y vídeo y dos transmitiendo solamente audio. Las pruebas se realizaron sobre la red local de Centro de Tecnologías de Información. Los resultados del vídeo son similares a los obtenidos en el sistema punto a punto.

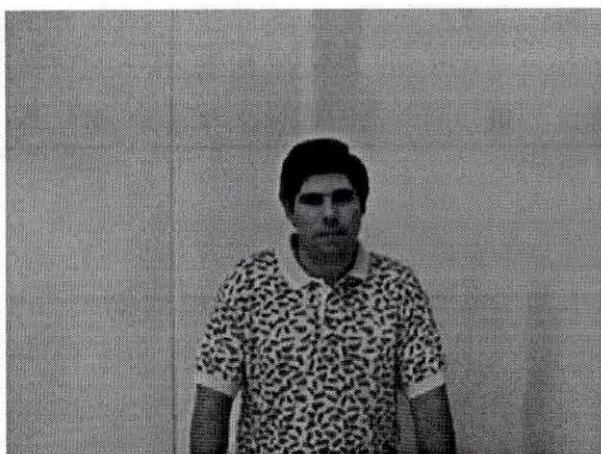
La transmisión a 64K (Figura 92.a) no es lo suficientemente clara para una videoconferencia, por eso se prefiere ahorrar ancho de banda y convertirlo en un participante de audio solamente.



(a) Cliente transmitiendo a 64 Kbps



(b) Cliente transmitiendo a 128 Kbps



(c) Cliente transmitiendo a 384 Kbps

Figura 92. Imágenes de Videoconferencias Multipunto

4.3 Calidad de Audio

Este es el factor más subjetivo de los evaluados en esta tesis, y depende de la calidad de los parlantes o equipos amplificadores con que cuente el cliente de vídeo o el nodo de videoconferencia.

4.3.1. Sistema de Distribución de Vídeo Bajo Demanda y en Vivo

A continuación se expondrán apreciaciones sobre los diferentes clips de vídeo utilizados en la implementación del prototipo.

Startrek.asf: 500 Kbps:

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el codec Microsoft Audio, con un ancho de banda de 32 kbps, con una rango de frecuencias 44 kHz y formato monoaural.

Para la reproducción del vídeo se utilizó una tarjeta de sonido ESS y parlantes con amplificador Creative.

Comentarios:

- La compresión no afectó de manera significativa al audio del vídeo, siendo para fines prácticos igual al del original.

Apolo13.asf 300 Kpbs

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el codec Voxware MetaSound AC16V1, con un ancho de banda de 16 kbps, con una rango de frecuencias 16 kHz y formato monoaural.

Para la reproducción del vídeo se utilizó una tarjeta de sonido ESS y parlantes con amplificador Creative.

Comentarios:

- El audio del vídeo comprimido es muy similar al del vídeo original (VHS), aunque se presenta una leve disminución de la calidad debido a la limitación del rango de frecuencias (16 KHz).
- El audio es totalmente inteligible y no presenta ninguna dificultad para su compresión.

Vlir.asf 300 Kbps

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el codec Voxware MetaSound AC06V2, con un ancho de banda de 6 kbps, con una rango de frecuencias 8 kHz y formato monoaural.

Para la reproducción del vídeo se utilizó una tarjeta de sonido ESS y parlantes con amplificador Creative.

Comentarios:

- Debido a la alta compresión (6kbps) y el rango de frecuencia utilizado (8Khz) la calidad del audio de este vídeo es comparable a la que se obtendría a través de una conversación telefónica (7Khz).
- La voz del conferencista puede entenderse claramente, pero suena robotizada.

Vlir.asf 37Kbps

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el mismo codec y configuración que Vlir.asf a 300Kbps

Para la reproducción del vídeo se utilizó una tarjeta de sonido Creative y parlantes con amplificador Genéricos

Comentarios:

- A pesar de tener un menor ancho de banda, la calidad de sonido es igual a la alcanzada en Vlir.asf a 300 Kbps, debido a que solo se utilizan 6Kbps para enviar el audio.

Conferencia 80 Kbps

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el codec Voxware MetaSound AC10V1, con un ancho de banda de 10 kbps, con una rango de frecuencias 11 kHz y formato monoaural.

Para la reproducción del vídeo se utilizó una tarjeta de sonido ESS y parlantes con amplificador Creative.

Comentarios:

- El audio de este vídeo puede ser entendido claramente y con poca distorsión a pesar de que el rango de frecuencias es de apenas 11 Khz, debido a que la voz de conferencista es grave y no tiene frecuencias altas.
- Esta compresión de audio es ideal para transmisiones para Internet.

Conferencia 22 Kbps

Para la elaboración de éste vídeo se utilizó el mismo codec y configuración que Conferencia.asf a 80Kbps

Comentarios:

- A pesar de tener un menor ancho de banda, la calidad de sonido es igual a la alcanzada en Conferencia.asf a 80 Kbps, debido a que solo se utilizan 10Kbps para enviar el audio.

4.2.2. Sistema punto a punto de Videoconferencia

De las pruebas realizadas en las 3 videoconferencias, se deduce que el ancho de banda utilizado no es una variable que afecte sensiblemente a la calidad de audio transmitido, ya que no varió notablemente la claridad del audio recibido a 384 o 128 Kbps.

El audio en las pruebas realizadas fue claro y sin cortes, pudiéndose sostener una conversación de manera natural, sin necesidad de repeticiones y sin retardos que vuelvan no natural la conversación.

4.2.3. Sistema Multipunto de Videoconferencia

La calidad del audio en las pruebas con el prototipo del sistema multipunto de videoconferencia fueron iguales a las obtenidas con el prototipo del sistema punto a punto. La única diferencia es que al haber más de dos participantes hay que tener mucho cuidado de no hablar al mismo tiempo, ya que la señal más débil se pierde, lo cual vuelve un poco menos natural la interacción

4.4 Consumo de Ancho de Banda

Se realizaron pruebas con los prototipos para observar la cantidad de ancho de banda que utilizan para funcionar y su impacto en la red.

4.4.1 Sistema de Distribución de Vídeo en Vivo y Bajo Demanda

El ancho de banda utilizado en las pruebas realizadas fue medido mediante el programa NetXRay, que muestra la utilización de la red en bytes por segundos (octetos por segundo). Las pruebas se realizaron midiendo el tráfico en la red durante la noche (no existe tráfico generado por maquinas clientes, sino solamente señales de control y notificación) durante 10 minutos en los cuales se realizaron las siguientes acciones:

Ejecución de un vídeo por un solo cliente

Esta prueba consistió en conectarse y ejecutar un vídeo bajo demanda almacenado en el servidor, a través de un cliente sobre la red local. Este vídeo fue v1ir.asf y la conexión se efectuó a 300 Kbps

Como podemos ver en el gráfico del Anexo B.1, la cantidad de ancho de banda consumido esta entre 32.000 y 40.000 Bytes por segundo (eso es entre 256Kbps y 320Kbps), dándose un promedio en aproximadamente 36.000 Bytes por segundo (290 Kbps).

Esto nos indica que el ancho de banda consumido por un cliente, aunque no es constante, será un valor muy próximo al ancho de banda con que fue codificado el vídeo.

Ejecución aleatoria de vídeos bajo demanda por 50 clientes

Para esta prueba se utilizó el software Microsoft Media Load Simulator versión 1.1 que simuló la conexión de 50 clientes al servidor y la posterior ejecución de un vídeo al azar de entre los 4 que usamos para este prototipo.

Si un vídeo estaba codificado a varios anchos de banda (vlir.asf y conferencia.asf), el programa elegía una de esas velocidades de conexión al azar. El resultado de esta prueba se puede apreciar en el Anexo B.2.

Como se puede apreciar en el anexo, el ancho de banda fluctúa entre 3.8 y 4.5 Mbps (470.000 y 550.000 Bytes por segundo), con un promedio de 4 Mbps, lo cual es una buena aproximación al ancho de banda que se utilizaría el servidor en producción.

4.4.2 Sistema Punto a Punto de Videoconferencia

Para probar el ancho de banda utilizado por las videoconferencias realizadas usando este sistema se utilizó dos programas: el NetXRay para las videoconferencias sobre la red local y el programa de estadísticas de red utilizado en CESERCOMP para la videoconferencia realizada sobre el enlace entre los campus “Las Peñas” y “Gustavo Galindo”

Videoconferencia a 384 Kbps utilizando red local

Se midió el ancho de banda utilizado en la red local durante la noche mientras se realizaba la videoconferencia a 384 Kbps entre el codec del Aula Virtual y un equipo Intel ProShare. El resultado de esta prueba se encuentra en el Anexo C.1.

De este gráfico se desprende que la cantidad de ancho de banda utilizado por los dos nodos está comprendida dentro del rango de 60.000 a 100.000 Bytes por segundo (480 a 800 Kbps) con un promedio aproximado de 75.000 Bytes por segundo (600 Kbps)

Videoconferencia a 128 Kbps utilizando red local

Se midió el ancho de banda utilizado en la red local durante la noche mientras se realizaba la videoconferencia a 128 Kbps entre el codec del Aula Virtual y un equipo Intel ProShare. El resultado de esta prueba se encuentra en el Anexo C.2.

De este gráfico se desprende que la cantidad de ancho de banda utilizado por los dos nodos está comprendida dentro del rango de 33.000 a 39.000 Bytes por segundo (264 a 312 Kbps) con un promedio aproximado de 36.000 Bytes por segundo (288 Kbps)

Videoconferencia a 512 Kbps entre los campus “Las Peñas” y “Gustavo Galindo”

Esta videoconferencia se realizó el día 4 de Mayo entre las 14:50 y 15:20 entre el laboratorio de computación de la FIEC en el campus “Las Peñas”, y la sala de reuniones del Centro de Tecnologías de Información en el campus “Gustavo Galindo”.

Como se puede apreciar en el gráfico del Anexo C.3, en los momentos en que se realizaba la videoconferencia el ancho de banda del enlace (512 Kbps) estaba casi totalmente ocupado (500 Kbps). Por tanto la realización de videoconferencias entre los dos campus de la Escuela debe hacerse preferentemente en horas de poco tráfico (en la mañana: 7:00 – 9:00 o en la noche: 19:00 en adelante). Otra posible solución es la ampliación del ancho de banda del enlace entre los dos campus a por lo menos 1 Mbps, para soportar el tráfico en horas pico de aproximadamente 200-300 Mbps (Ver Anexo C) y la videoconferencia que utiliza 768 Kbps.

4.4.3 Sistema Multipunto de Videoconferencia

El consumo de ancho de banda en un sistema de videoconferencia multipunto es un es primordial para la planificación de la utilización del sistema. Ocho clientes conectados a 384Kbps (eso significa contando el canal de ida y el de retorno

aproximadamente 800 Kbps por usuario) fácilmente pueden colapsar los enlaces de 10 Mbps entre las redes del campus y el Backbone (usando 6.4 Mbps).

En las pruebas que se realizaron para medir el ancho de banda estuvieron presentes 4 participantes, de los cuales uno transmitía a 384 Kbps, otro a 128 Kbps y los otros dos solo transmitieron audio con un máximo de utilización de 16 Kbps.

Los resultados de estas pruebas se pueden ver en el anexo D. Vemos que la utilización de la red es igual a la suma de todas las transmisiones ($384 + 128 + 16 + 16$ Kbps) y de las recepciones ($128 + 384 + 384 + 384$ Kbps). Todos los clientes reciben el vídeo del participante que transmite a 384Kbps, menos el mismo que recibe la transmisión del cliente que transmite a 128Kbps.

4.5 Posibilidades de Expansión

4.5.1 Sistema de Distribución de Vídeo en Vivo y Bajo Demanda

El sistema de Distribución de Vídeo en Vivo y Bajo Demanda puede ser ampliado para atender a mayor número de usuarios. El número de usuarios que pueda atender estará dado por el número de servidores (aproximadamente 200 usuarios simultáneos por servidor⁶⁴).

Si se aumenta el número de servidores también se debe tener en cuenta que el ancho de banda debe aumentar, por ejemplo si se tiene 400 usuarios a 33,6Kbps en 2 servidores, el ancho de banda combinado sería 13 Mbps, lo que excedería las conexiones de 10 Mbps.

Con la opción de “clustering”⁶⁵ incluida en Windows 2000 se puede hacer que los requerimientos de los clientes se distribuyan hasta en 32 servidores. Con eso se logra tolerancia a fallos y evitar que se congestione la interfaz de los servidores.

4.5.2 Sistema de Videoconferencia Punto a Punto

El límite de ancho de banda que puede utilizar una videoconferencia multipunto es de hasta 384 Kbps debido a que la mayoría de nodos H.323 (Intel ProShare, PictureTel Live Lan, entre otros) solo soportan transmisiones hasta esta velocidad. Además el equipo del Aula Virtual también tiene este límite. Esta restricción se aplica ya sea sobre la red IP como ATM.

La expansión en cuanto al número de videoconferencias que se pueden llevar a cabo simultáneamente está restringido por la disponibilidad de ancho de banda en el caso

⁶⁴ Guía de Desarrollo de Microsoft para Windows Media Technologies
(<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/en/serve/deploy/deployment.asp>)

⁶⁵ Clustering en Windows 2000
(<http://www.microsoft.com/windows/windows2000/library/howitworks/cluster/nlb.asp>)

de la red IP (6 videoconferencias máximo)⁶⁶, pero en ATM se podrían llevar a cabo aproximadamente 800 conferencias simultáneas⁶⁷.

4.5.3 Sistema de Videoconferencia Multipunto

El sistema de Videoconferencia Multipunto tiene como límite la transmisión de videoconferencia a una velocidad máxima de 400 Kbps, ya que hemos elegido la solución por software.

El número de usuarios que se puede aumentar hasta 25 adquiriendo versiones más costosas de MCU y haciendo una mejora de procesador y memoria al servidor.

⁶⁶ Ancho de Banda Ethernet (10 Mbps) / Ancho de Banda por Videoconferencia (768) * 50% eficiencia Ethernet

⁶⁷ Ancho de Banda Backbone (625 Mbps) / Ancho de Banda por Videoconferencia (768 Kbps) * 100% eficiencia ATM

4.6 Estabilidad de los Sistemas

4.6.1 Sistema de Distribución de Vídeos en Vivo y Bajo Demanda

Durante las pruebas realizadas con este prototipo (Octubre 1999 – Mayo 2000) el sistema no ha tenido fallas que le impidan funcionar normalmente.

Cuando la carga excede la capacidad del servidor, la calidad del servicio se degrada paulatinamente, en la Figura 93 se tiene el número de clientes que se pueden conectar un servidor y como su número afecta la calidad (línea celeste, mejor calidad si permanece en 0.)

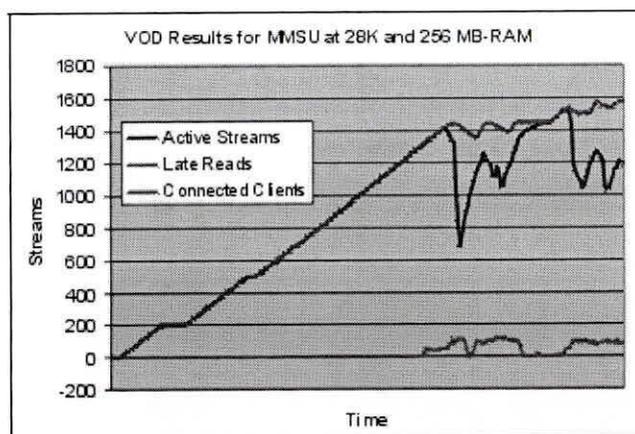


Figura 93. Degradación del Servicio de Vídeo bajo Demanda dependiendo del número de clientes⁶⁸

⁶⁸ Guía de Desarrollo de Microsoft para Windows Media Technologies
(<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/en/serve/deploy/deployment.asp>)

4.6.2 Sistema de Videoconferencia Punto a Punto

Ya que este prototipo se basa en diferentes nodos H.323 (PictureTel 210, Intel ProShare), un servidor (LiveManager) y un codec principal, cada uno de ellos presenta diferente comportamiento.

Picturetel 210

Desde su instalación (Enero 2000) hasta la fecha (Mayo 2000), este equipo no ha presentado ninguna falla.

Intel ProShare 500

Tiene fallas menores:

- Cuando se cambia el tamaño de la ventana de video, se pierde el video local
- Si se instala una versión de NetMeeting diferente a la 2.01, el sistema deja de funcionar, debido a que en el las funciones de llamada fueron cambiadas en la versión 3 o superior.

LiveManager

Desde su instalación (Enero 2000) hasta la fecha (Mayo 2000), este servidor no ha presentado ninguna falla

Codec Venue 2000

El codec del aula virtual, al ser una computadora con un sistema operativo, es propenso a fallos repentinos, entre ellos tenemos:

- Teclado inalámbrico deja de funcionar
- Congelación de la imagen remota
- Congelación del funcionamiento del equipo
- No puede colgar una llamada

Todos estos errores se solucionan reiniciando el Codec

4.6.3 Sistema Multipunto de Videoconferencia

El principal equipo del sistema multipunto de Videoconferencia es el MCU MeetingPoint. En el tiempo que este software ha estado en ejecución se han presentado los siguientes fallos:

- No es compatible con el Gatekeeper LiveManager debido al formato que utiliza para asignar el nombre a las conferencias. Este formato no se pudo cambiar, para solucionar este problema se utiliza el Gatekeeper interno del MCU.
- Se colgaba cada vez que el equipo PictureTel 210 efectuaba una llamada. Este problema fue solucionado haciendo que la conexión de la videoconferencia se hiciera a través del MCU y no directamente entre los nodos de videoconferencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La Educación a Distancia es un cambio que se está dando en la manera en que los institutos superiores en todo el mundo imparten sus cursos, y la ESPOL, como institución líder de la educación superior en el Ecuador, debe sumarse a ese cambio.
- La ESPOL cuenta ya con mucha de la infraestructura técnica necesaria para emprender un proyecto de Educación a Distancia
- La ESPOL necesita un sistema de distribución de Vídeos en Vivo y Bajo Demanda, además de un sistema de Videoconferencia, tanto Punto a Punto como Multipunto, para ofertar cursos a distancia realmente interactivos y de fácil asimilación por parte de los estudiantes.
- El sistema de Distribución de Vídeos en Vivo y Bajo Demanda deberá estar basado en el protocolo IP para poder ser accesible a través de Internet. Sobre este protocolo, la solución que ofrece mayores ventajas y menores costos para la ESPOL es el paquete Windows Media Technologies.
- El sistema de Videoconferencia Punto a Punto puede estar basado en dos protocolos: IP o ATM. Sobre redes IP, la mejor solución en el mercado son nodos de Videoconferencia H.323 como el Intel ProShare. Sobre

ATM se deben usar nodos de Videoconferencia H.321 como el BVS-003.

Ambas soluciones se pueden conectar al Codec del Aula Virtual.

- Para el sistema de Videoconferencia Multipunto la única solución viable es utilizar el protocolo IP y el paradigma del nodo central. En el mercado encontramos el MeetingPoint que cumple con estos requisitos.
- En las pruebas realizadas al prototipo del sistema de Distribución de Vídeo en Vivo y Bajo Demanda se demuestra la capacidad de este sistema para transmitir una amplia gama de calidades de vídeo para diferentes clases de usuarios: desde vídeos de alta resolución para usuarios de la red interna de la ESPOL, como vídeos de bajo ancho de banda para ser observados por usuarios conectados a través de modems de 28,8 Kbps.
- Las pruebas con el prototipo del sistema de Videoconferencia Punto a Punto sobre IP nos indican la factibilidad de implantar el sistema en toda la escuela, ya que la calidad de la videoconferencia lograda es la necesaria para realizar Educación a Distancia.

Recomendaciones

- Llevar el diseño de los sistemas propuestos en esta tesis a la implementación y posterior uso por parte de la comunidad politécnica.
- Difundir entre los miembros de la ESPOL, que ya se cuenta con la capacidad de transmitir vídeo por la red interna e Internet, y de lograr videoconferencias personales o en grupo tanto dentro como fuera del campus universitario.

- Implementar lo antes posible un programa piloto de Educación a Distancia en la Escuela
- Crear una asignatura para enseñar creación y distribución de contenido multimedia para tener una base de profesionales que podrían operar y mejorar estos sistemas.
- Incentivar a que estudiantes egresados, en futuras tesis, retomen y profundicen el estudio de ciertos tópicos relacionados con la distribución de vídeo y videoconferencia, tales como:
 - Elaboración y mejora de algoritmos de compresión
 - Análisis en profundidad del impacto de los sistemas, tanto de Distribución de Vídeo como Videoconferencia, sobre el tráfico de la red de la ESPOL
 - Análisis de los cambios producidos por estos sistemas en el aula de clase de la Universidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Oblinger, Diana. Rush, Sean. **The Learning Revolution**. 1997. Anker
- Fraeters, Han. **Learning about Videoconference**. 1998. Leuven University Press
- Golcalves, Marcus. Niles, Kitty. **IP Multicasting**. 1999. McGraw-Hill. USA.
- Hegarty, Michel. Phelan, Ann. Kilbride, Lisa. **Classrooms for Distance Teaching & Learning**. 1998. Leuven University Press
- **IBM Networked Video Solution Over ATM Implementation**, 1997. IBM
- Vandalore, Bobby. **QoS and Multipoint Support for Multimedia Applications over the ATM ABR Service**. 1998. Ohio University Press
- Kumar, Vinay. **MBone: Interactive Multimedia on the Internet**. 1995 NewRiders. USA
- **Sizing and Configuration Guide: Microsoft Windows NT Server NetShow Services on Compaq ProLiant Servers**. 1998. Compaq Active Answers.
- **Windows Media Technologies 4.0 Manual**. 1999. Microsoft Press.
- Burger, Jeff. **Desktop Multimedia Bible**. 1993. Addison-Wesley. USA
- Diversos artículos y documentos hallados en Internet:
 - Sitio Web del Producto Microsoft Media Technologies
<http://www.microsoft.com/windowsmedia>
 - Sitio Web del Producto Real Media
<http://www.realnetworks.com>

- Sitio Web con Información sobre Productos de Videoconferencia
<http://www.wpine.com>
- Sitio Web con Información sobre Productos de Videoconferencia
<http://www.radvision.com>
- Sitio Web con Información sobre Codificadores
<http://www.codecentral.com>
- Sitio Web con Información sobre Productos para Transmisión de
Vídeo y Videoconferencia:
<http://www.fvc.com>
- Sitio Web con Información sobre Productos para Videoconferencia:
<http://www.picturetel.com>
- Sitio Web sobre el Mbone
<http://www.mbone.com>
- Sitio Web de Microsoft Netmeeting
<http://www.windows.com/netmeeting>
- Sitio Web sobre Mbone para entorno Windows
<http://research.microsoft.com/telepresence>
- Sitio Web sobre Formato ASF
<http://www.microsoft.com/asf>
- Ensayo sobre Educación a través de Internet
http://www.ihets.org/learntech/distance_ed/fdpapers/1997/powers.html
- Ensayo sobre Educación a Distancia

http://www.ihets.org/learntech/distance_ed/fdpapers/1997/hirth.html

- Sitio Web sobre los Cambios en la Educación

<http://www.algonquinc.on.ca/edtech/change.html>

- Ensayo sobre Educación a Distancia

<http://coe.tamu.edu/~distance>

- Ensayo sobre Videoconferencia por Satélite

<http://is.gseis.ucla.edu/impact/f95/Papers-projects/Projects/hinton.html>

- Ensayo sobre Vídeo sobre Internet

<http://www.rad.com/networks/1996/video/video.htm>

- Ensayo sobre Vídeo sobre ATM

<http://www.rad.com/networks/1994/atm/videoatm.htm>

- Tutorial de ATM

<http://www.rad.com/networks/1994/atm/tutorial.htm>

- Tutorial de ATM

<http://www.rad.com/networks/1999/atm/home.htm>

- Sitio Web sobre Implementación de Soluciones de Videoconferencia

<http://www.nwc.com/netdesign/video1.html>

- Ensayo sobre Comunicación usando Computadoras

<http://curly.cis.unf.edu/itec.html>

- Ensayo sobre Vídeo sobre ATM

<http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788->

[97/video_over_atm/index.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/video_over_atm/index.htm)

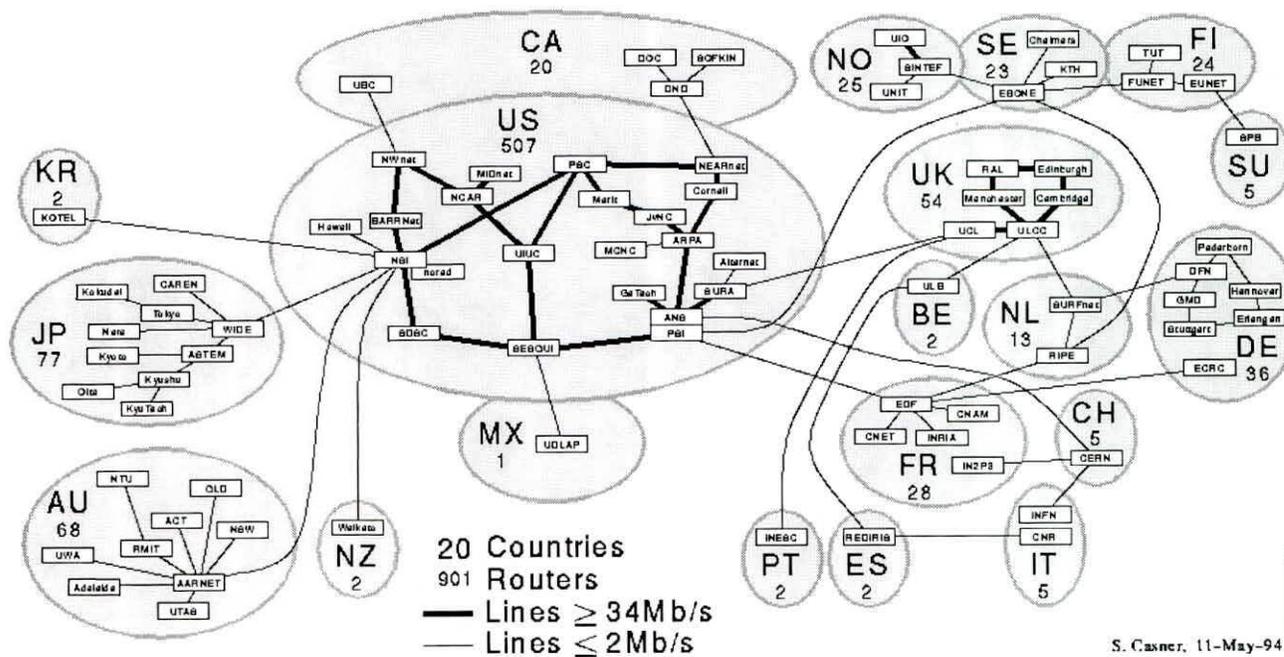
- Sitio Web sobre Multimedia y ATM
<http://www.digicom.com/atmpage/>
- Sitio Web sobre MPEG-4
<http://www.cdt.luth.se/~rolle/w2196.htm>
- Sitio Web sobre Vídeo Bajo Demanda
<http://www.cs.tut.fi/tlt/stuff/vod/VoDOverview/vod.html>
- Sitio Web sobre Multimedia y Algoritmos de Codificación
<http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Multimedia/>
- Sitio Web sobre Vídeo sobre ATM
<http://www.networking.ibm.com/fvc/fvc0311f.html>
- Sitio Web sobre Internet
<http://www.wa.gov/dis/tsd/tutorial/what.htm>
- Sitio Web sobre estándares de Vídeo
<http://www.hut.fi/~iisakkil/videoformats.html#dseries>
- Sitio Web sobre formato MPEG1
http://www.cs.ucsb.edu/~aduncan/MPEG/MPEG-1_Picts.html
- Sitio Web sobre formato MPEG2
http://www.cs.ucsb.edu/~aduncan/MPEG/MPEG-2_Picts.html
- Sitio Web sobre el formato G.723
<http://www-d.connect.ti.com/dsp/tpcat/tpcodec.nsf/SoftwareForExternal/811C279D09ECF4E98625670F005C7198>

- Sitio Web sobre el formato MPEG4
<http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- Sitio Web sobre el formato H.261
<http://www.ee.ethz.ch/~rmprince/h261.html>
- Sitio Web sobre el formato H.263
<http://www.ee.ethz.ch/~rmprince/h263.html>
- Documento RFC 1112
<http://rfc.roxen.com/rfc/rfc1112.html>
- Sitio Web sobre Multidifusión sobre ATM
<http://margo.student.utwente.nl/simon/finished/thesis/thesis1/node9.html>
- Sitio Web sobre Videoconferencia
<http://www.video.ipn.mx/tesis/cap11.html#1.1>
- Sitio Web sobre Videoconferencia
<http://www.man.ac.uk/MVC//SIMA/video1/toc.html>
- Sitio Web sobre UDP y TCP
<http://www.niit.pref.nara.jp/~hidena-s/inet.html>
- Sitio Web sobre Mbone
<http://www.mbone.cl.cam.ac.uk/mbone/mbone-topology.html>

ANEXOS

Anexo A

Mapa del Mbone⁶⁹
Major MBONE Routers and Links

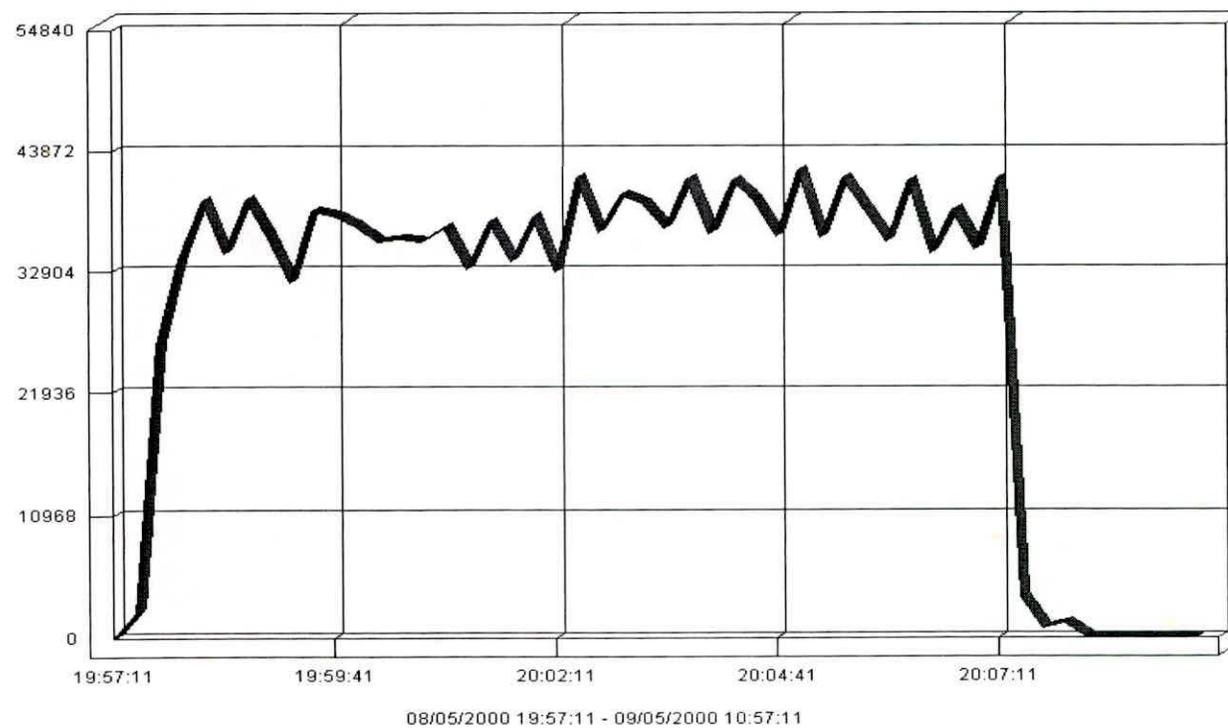


⁶⁹ Tomado de: <http://www.mbone.cl.cam.ac.uk/mbone/mbone-topology.html>

Anexo B**Ancho de Banda Utilizado por el Prototipo del Sistema de Distribución de Vídeos en Vivo y Bajo Demanda****Anexo B.1**

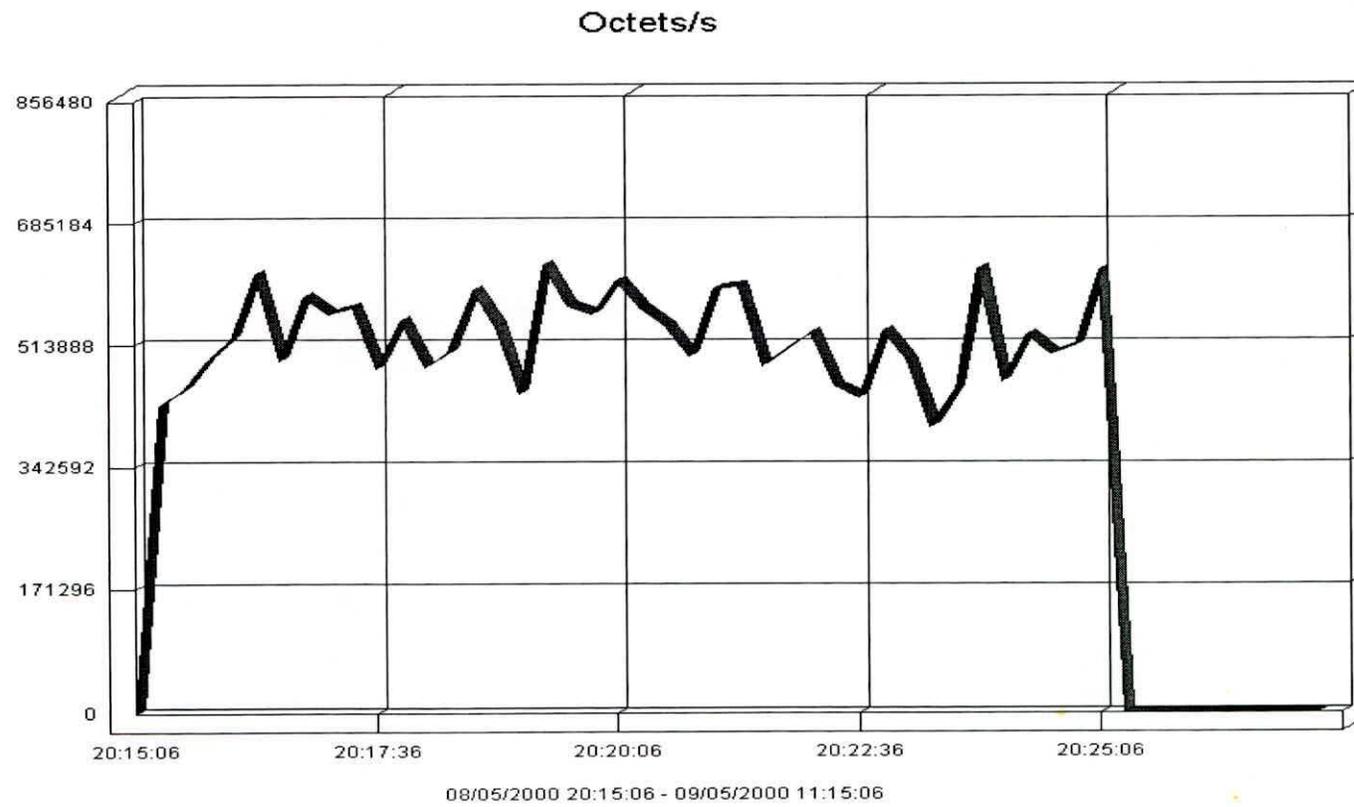
Ancho de Banda Utilizado por un cliente conectándose a un solo vídeo

Octets/s



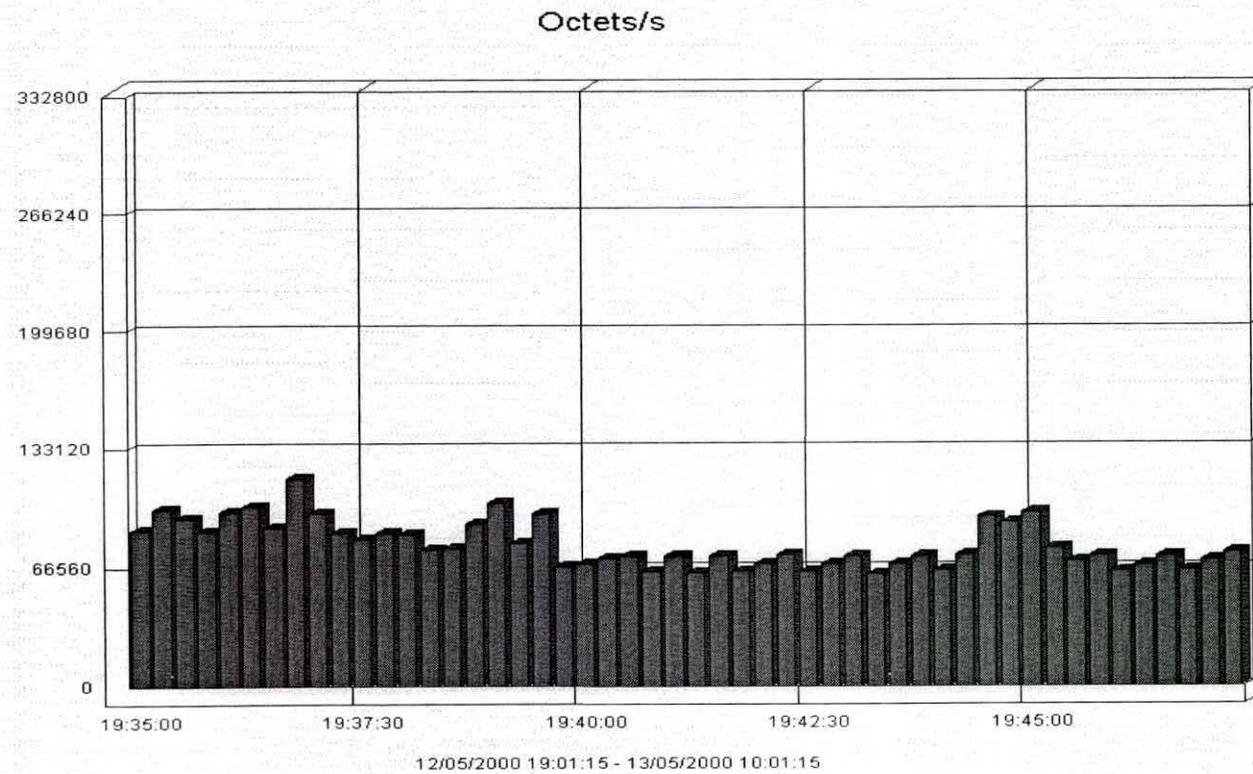
Anexo B.2

Ancho de Banda Utilizado por 50 clientes conectados a diferentes vídeos y a diferentes velocidades



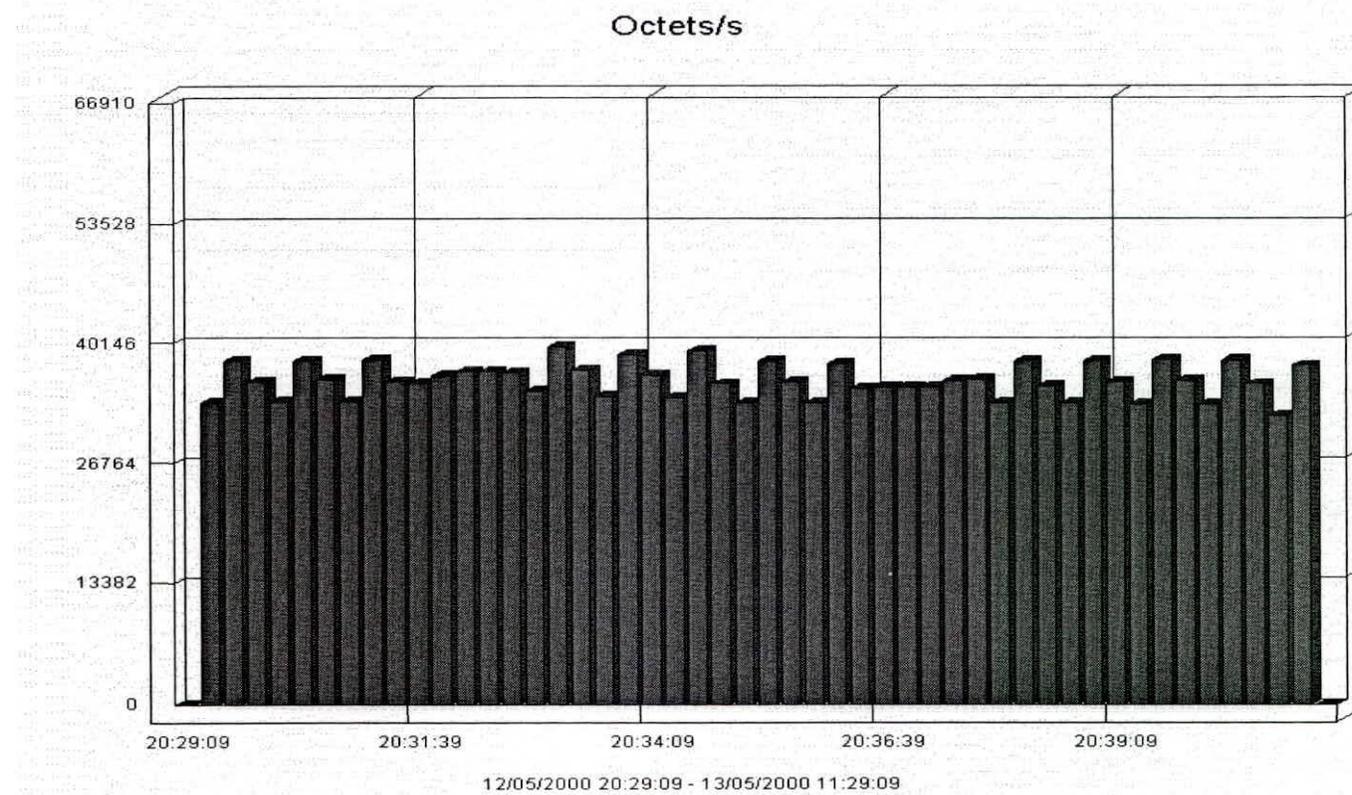
Anexo C**Ancho de Banda Utilizado por el Prototipo del Sistema de Videoconferencia Punto a Punto****Anexo C.1**

Ancho de Banda Utilizado por la Videoconferencia a 384 Kbps usando la red local



Anexo C.2

Ancho de Banda Utilizado por la Videoconferencia a 128 Kbps usando la red local



Anexo C.3

Ancho de Banda Utilizado por la Videoconferencia entre los campus "Las Peñas" y "Gustavo Galindo"

