

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ARAGÓN"**

**"TIPO DE CONEXIONES E INSTALACIÓN PARA
UN ENLACE DE VIDEOCONFERENCIA"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO EN COMPUTACIÓN
P R E S E N T A N :
CORINTHOS RUIZ ALCANTARA
LUIS ENRIQUE VIDAL SAUCEDO**

**ASESOR :
ING. JUAN GASTÁLDI PÉREZ**

MÉXICO

2005

0352537



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar el presente trabajo a las siguientes personas, ya que gracias a su cariño y apoyo incondicional han hecho posible, no solamente la realización del mismo, sino el que yo haya llegado hasta donde estoy.

A MI FAMILIA:

GUILLERMO RUIZ GASCA y JUANA ALCANTARA DE RUIZ:

A ustedes padres, a quienes amo y admiro por sobre cualquier cosa.

Gracias por su amor incondicional.

JUAN DE JESÚS RUIZ ALCANTARA:

A ti hermano a quien quiero mucho
aun por encima de cualquier diferencia.

A MONICA VANESSA FLORES Y FLORES:

Gracias por iluminar mi camino con tu luz y ser parte fundamental de mi presente y de mis principales sueños y anhelos.

A MIS MEJORES AMIGOS:

LUIS ENRIQUE VIDAL SAUCEDO:

No sólo mi compañero en este trabajo de tesis, sino mi más leal amigo en lo que fue nuestra travesía universitaria y más allá. Gracias por tu paciencia para lograr juntos este objetivo de titularnos.

JUDITH PENAGOS TREJO:

Mi paso por la Universidad no habría sido lo mismo sin ti querida amiga. Y de allí en adelante siempre juntos en las buenas y en las malas.

JUAN ANTONIO RAMÍREZ CRUZ:

Sólo puedo decirte que el verdadero concepto de amistad lo he aprendido gracias a ti. Cualquier otra palabra vendría sobrando.

ROCIO GABRIELA MARTINEZ PLATAS:

Personas vienen y vendrán, pero a lo largo del tiempo continuaremos siendo verdaderos y grandes amigos a pesar de todas las adversidades.

A LA UNAM:

Por el inmenso orgulloso que siento al haber sido formado como ingeniero, pero sobre todo como ser humano, en la que es sin lugar a dudas la institución educativa más importante que existe en nuestro país. Nunca dejaré de estar agradecido por haber sido parte tuya, querida universidad.

Finalmente, no podría dejar de mencionar y agradecer también a las siguientes personas ya que desde que las conocí han llegado a ser parte fundamental de mi vida: *MICHELE BUSTOS, GUADALUPE VILLA, CELIA HURTADO y ELIZABETH MORENO.*

CORINTHOS

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo y su esfuerzo, por que sin ello no hubiera sido posible este trabajo. *Fernando Vidal Martínez* (q.e.d.p) y *Lourdes Saucedo Solano*.

A mi padre que ahí donde estas, es para ti, gracias por todo.

A ti madre por tu dedicación y empeño por siempre salir adelante, por tu apoyo incondicional, por tu amor y tu cariño, gracias.

A mis hermanos que siempre han estado conmigo y me han apoyado, Alejandro, Fernando, Verónica, Diana, Jorge, Claudia, Arturo y Hugo, gracias por todo.

A mis sobrinos que han sido un aliciente más.

A todas aquellas personas que han sido de alguna forma participe para la elaboración de este trabajo, en especial a gente de la Dirección General de Servicios de Computo Académico (DGSCA) en la Dirección de Telecomunicaciones.

A Corinthos por haber sido participe de este trabajo, por todo el recorrido que hemos caminado juntos y por tu amistad incondicional, gracias.

Luis

INDICE

CAPITULO I **INTRODUCCION**

1.1 JUSTIFICACION	1
1.2 CONCEPTO DE VIDEOCONFERENCIA	4
1.2.1 APLICACIONES DE LAS VIDEOCONFERENCIAS	11
1.3 MEDIOS DE TRANSMISION	16
1.3.1 COBRE (MULTIPAR, UTP, STP)	22
1.3.2 COAXIAL	26
1.3.3 FIBRA OPTICA	28
1.4 CODIGOS DE LINEA	37
1.4.1 AMI	40
1.4.2 HDB3	41
1.5 MODULACION DIGITAL	43
1.5.1 ASK	45
1.5.2 FSK	46
1.5.3 PSK	47
1.5.4 QPSK	48

Comentario [CRA]

CAPITULO II **CODEC**

2.1 DEFINICION DE CODEC	49
2.2 CONVERSION ANALOGICO - DIGITAL	49
2.2.1 MUESTREO	51
2.2.2 CUANTIFICACION	53
2.2.3 CODIFICACION	57
2.3 ESTANDARES DE VIDEOCONFERENCIA	58
2.3.1 ESTANDAR H.320	59
2.3.2 ESTANDAR H.325	62
2.4 CODEC DE AUDIO	63
2.4.1 RECOMENDACION G.711	66
2.4.1.1 LEY A y LEY MU	66
2.4.2 RECOMENDACION G.722	69
2.4.3 RECOMENDACION G.728	70
2.5 CODEC DE VIDEO	70
2.5.1 INTRODUCCION AL VIDEO DIGITAL	71
2.5.2 COMPRESION DE VIDEO	72
2.5.3 ESTANDAR H.261	77
2.5.4 H.263	81

CAPITULO III

VIDEOCONFERENCIA EN B-ISDN

3.1 CONCEPTO DE B-ISDN	83
3.2 ARQUITECTURA DE B-ISDN (GRUPOS FUNCIONALES)	85
3.3 MODELO DE CAPAS	87
3.4 CONCEPTO DE ATM	89
3.5 CONEXIONES EN ATM	90
3.5.1 VPI	92
3.5.2 VCI	93
3.6 CLASIFICACION DE SERVICIOS	93
3.7 CAPA FISICA ATM	95
3.7.1 SDH	95
3.7.2 SONET	96
3.8 CAPA ATM	98
3.8.1 FORMATO DE CELDA ATM	99
3.8.2 PROTOCOLOS DE LA CAPA ATM	102
3.9 CAPA DE ADAPTACION ATM	102
3.9.1 AAL TIPO 1	103
3.10 SEÑALIZACION ATM	104
3.10.1 FORMATOS DE DIRECCION ATM	105
3.10.2 MENSAJES DE SEÑALIZACIÓN	106
3.10.3 PROCEDIMIENTO DE LLAMADA	107

CAPITULO IV

REDES DE VIDEOCONFERENCIA

4.1 TOPOLOGIAS	108
4.1.1 PUNTO A PUNTO	108
4.1.2 PUNTO - MULTIPUNTO	109
4.2 ELEMENTOS DE REDES DE VIDEOCONFERENCIA	110
4.2.1 ENLACES DEDICADOS T1	110
4.2.2 ENLACES DEDICADOS E1	111
4.2.3 ENLACES DE MICROONDAS E1	112
4.2.4 ENLACES SATELITALES	113
4.2.5 LINEAS CONMUTADAS EN B-ISDN	114
4.2.6 CVC EN ATM	115
4.2.7 ENLACES POR CONMUTACIÓN DE PAQUETES (H.223)	116
4.3 UNIDAD DE CONTROL MULTIPUNTO	117
4.4 CODIGOS BAS	118
4.4.1 CAPACIDADES Y COMANDOS H.221	120
4.4.2 CAPACIDADES H.230	120
4.4.3 CODIGOS DE CONTROL E INDICACIÓN	121
4.4.4 FORMATOS DE CODIGOS BAS	121

4.5 ESTABLECIMIENTO DE CONEXION EN ENLACES PUNTO A PUNTO	122
4.6 ESTABLECIMIENTO DE CONEXION EN ENLACES PUNTO - MULTIPUNTO	122

CAPITULO V **INSTALACION Y PRUEBA DEL ENLACE.**

5.1. RED DE VIDEO DE LA UNAM.	124
5.1.1 SITIOS CONECTADOS	124
5.1.2 TOPOLOGIAS	127
5.1.3 MEDIOS EXISTENTES	128
5.1.4 EQUIPOS DE COMUNICACIONES	128
5.1.5 EQUIPOS TERMINALES	132
5.2. INSTALACIÓN	132
5.2.1 UBICACIÓN DEL NUEVO NODO	132
5.2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL NUEVO NODO	132
5.2.3 MEDIOS FÍSICOS ENTRE EL NODO Y UNIDAD DE CONTROL MULTIPUNTO (MCU)	133
5.2.4 EQUIPO NECESARIO PARA EL ENLACE	135
5.3 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES Y DEL EQUIPO TERMINAL	139
5.4 PRUEBAS DE EL ENLACE	142

CAPITULO VI **RED DE VIDEOCONFERENCIA DE LA UNAM**

6.1 COMPARACION CUALITATIVA DE EQUIPOS TERMINALES	143
6.1.1 VTEL	144
6.1.2 PHILLIPS	144
6.1.3 SONY	146
6.1.4 PICTURETEL	147
6.2 UNIDADES DE CONTROL MULTIPUNTO	149
6.2.1 MCU VTEL	149
6.2.2 MCU CLI	150
6.3 COBERTURA ACTUAL DE LA RED	151
6.4 PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO	152
6.5 ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION	152
<u>CONCLUSIONES</u>	153

I JUSTIFICACION

INTRODUCCION

La necesidad que tienen las personas de establecer contacto entre ellas sin importar la distancia a la que se encuentren ha sido siempre una de las mayores preocupaciones del ser humano. Gracias a esta necesidad han surgido todos los medios de telecomunicación conocidos hasta ahora (como el telégrafo, el teléfono, las radiocomunicaciones o las reuniones electrónicas a distancia ó *teleconferencias*). Se conoce como *teleconferencia* a una reunión remota entre grupos de personas en vivo y en directo, utilizando para ello la tecnología de la información (transmisión de datos).

La **VIDEOCONFERENCIA** es el nombre de la tecnología con la cual se lleva a cabo una *teleconferencia*. La *videoconferencia* es uno de los medios de telecomunicación más revolucionarios que se conocen hasta la fecha, pues permite lo que ningún otro medio de comunicación había logrado antes: **establecer contacto verbal y visual en tiempo real entre personas que pueden encontrarse separadas a cualquier distancia.**

Con la *videoconferencia* la información que se maneja a través de los sistemas de telecomunicación y de los sistemas informáticos a través de redes y ya no se encuentra basada solo en datos alfanuméricos como había sucedido durante muchos años. Ahora el manejo de interfaces gráficas, imágenes fijas en dos o tres dimensiones, voz, audio y video se ha vuelto algo fundamental y cotidiano, y es precisamente la *videoconferencia* el único medio de telecomunicación capaz de manejar todas esas características multimedia y hacer que esta cumpla con su característica intrínseca que es la de mejorar la efectividad en los procesos de comunicación entre las personas a través de diferentes formas de presentar un mensaje.

Los seres humanos estamos orientados hacia lo visual por naturaleza. De hecho, siempre se ha considerado a la comunicación visual como el medio de comunicación más efectivo, ya que las imágenes contienen una mayor cantidad de información en comparación con las palabras escritas o las ideas conceptuales. Diversos estudios psicológicos han demostrado que la mente humana retiene de manera mejor las imágenes que las palabras, los números o cualquier tipo de concepto abstracto. Y dada la sofisticación del sistema de visión humano, la predilección del cerebro por las imágenes no es de sorprender. De acuerdo con *Richard Marx Friedhoff* en "*Visualización, la segunda revolución de las computadoras*", no sólo una gran parte del cerebro esta dedicada a la visión y al análisis visual sino que también la capacidad de transporte de información (el ancho de banda) de nuestro sistema visual es mucho mayor que el de cualquier otro de nuestros sentidos. Es por este hecho que cuando hablamos cara a cara con otra persona, obtenemos mucho mas información de sus expresiones faciales que de sus palabras o calidad de voz combinadas. Muchos psicólogos han determinado que cuando hablamos cara a cara, sólo el 7 % de lo que es comunicado es transferido por el significado de las palabras, un 38 % proviene de cómo las palabras son dichas, y el 55 % restante de la comunicación toma la forma de señales visuales.

BENEFICIOS DEL USO DE LA VIDEOCONFERENCIA

Los principales beneficios, obtenidos a través del uso de la videoconferencia son:

- **ACORTAR DISTANCIAS:** Permite la interacción de múltiples personas geográficamente distantes, con lo cual cumple con el objetivo primordial de todo medio de telecomunicación: *acortar las distancias que separan a las personas.*
- **GLOBALIZACION DE LA INFORMACION.-** Facilita el intercambio de información oportuna y actualizada, en el lugar y en el momento justo en que esta sea requerida.
- **VENTAJA DEL MEDIO VISUAL.-** Mejora la comunicación con respecto al teléfono y a cualquier medio de *teleconferencia* mediante la transmisión de señales visuales, que son sumamente valiosas en el momento en que las personas establecen comunicación entre ellas.

- **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.-** La ardua competencia entre las empresas exige respuestas creativas para los negocios y los retos económicos actuales. La *videoconferencia* proporciona recursos innovadores para responder rápidamente a los cambios en las condiciones del mercado, para estar presentes en las operaciones de negocios globales, para la implementación de proyectos cooperativos e incrementar las ideas de unir y asociar empresas, además de que incrementa la comunicación corporativa, por mencionar solo algunos de los beneficios que se pueden alcanzar.
- **ABATIMIENTO DE COSTOS.-** Gracias a la interacción lograda a través de esta tecnología, se puede mantener contacto cada vez que se requiera con clientes, proveedores, socios, o cualquier persona que sea de nuestro interés, sin que esto tenga que derivar en enormes gastos ya que, cuando se permanece en el lugar de trabajo en lugar de viajar, se evitan los gastos de transportación, hospedaje, alimentación, etc., y esto conlleva a un enorme ahorro en comparación con el costo que se deriva de mantener los enlaces de *videoconferencia*.
- **RACIONALIZACION DEL USO DE RECURSOS.-** Todos los puntos anteriores nos conducen a un ahorro sustancial en cuanto a la racionalización de recursos materiales y económicos por parte de las empresas, o cualquier institución que haga uso de esta herramienta.
- **TOMA DE DECISIONES.-** Gracias a la oportuna oportunidad de respuesta que brinda el uso de la *videoconferencia* se pueden obtener, de manera mas rápida, decisiones mas eficaces para la solución de asuntos.

El beneficio potencial que representa el reunir personas situadas en diferentes lugares geográficos, compartiendo ideas, conocimientos, información, etc., a través de un medio totalmente audiovisual, como es la **VIDEOCONFERENCIA**, es el de lograr una mayor productividad, gracias a la eliminación de inconveniencias asociadas con los viajes constantes, tales como gastos de viaje, y pérdida de tiempo de manera innecesaria.

PERSPECTIVAS DE LA VIDEOCONFERENCIA

La videoconferencia no es una tecnología nueva como mucha gente piensa, pues comenzó a desarrollarse desde principios de la década de los 80's, solo que su uso no se hizo muy extendido durante muchos años, pues se trataba de una tecnología que no era rentable debido al alto costo que representaba su uso, además de que tuvo que enfrentar una gran cantidad de problemas desde sus inicios.

Los siguientes factores contribuyeron para el retraso de su aceptación.

- **Equipo costoso.-** El costo de cualquier tipo de *CODEC's* (codificador - decodificador), equipo esencial para la existencia de las *videoconferencias*, era extremadamente caro. También era muy elevado el costo de todo el equipo necesario para implementar las salas especiales de *videoconferencia*.
- **Sistemas complejos.-** Los equipos de *videoconferencia*, además de ser extremadamente grandes y poco prácticos, eran muy difíciles de operar.
- **Insuficiente Ancho de Banda.-** Para la transmisión del audio y del video era necesario contar con un elevado ancho de banda.
- **Falta de estándares -** El uso extendido de la *videoconferencia* estuvo restringido por la falta de compatibilidad entre los equipos que existían en el mercado. La mayoría de estos productos utilizaban algoritmos propietarios, tanto en los módulos de audio, video y control como en el de comunicaciones, por lo que no era posible la utilización de equipos de otros proveedores.

Sin embargo el mercado de la videoconferencia esta creciendo fuertemente en la actualidad, y ya esta siendo aceptada como una herramienta integral para la comunicación y administración de los negocios. Su crecimiento se ha debido principalmente a lo siguiente:

- La disminución dramática en el costo de equipos, sistemas y transmisiones, lo cual ha hecho accesible el uso de la videoconferencia aun para las pequeñas empresas.
- La ventaja de los servicios digitales conmutados, así como un mejoramiento en los esquemas de ruteo que proporcionan transmisiones a alta velocidad. Estos servicios ofrecen una alternativa efectiva para el uso de líneas privadas dedicadas.
- Las opciones de demanda de ancho de banda permiten a los clientes la flexibilidad para ajustar la calidad de la imagen y pagar solo por el uso de la banda utilizada. Los incrementos de 64 kbps de ancho de banda pueden combinarse a los requerimientos de las aplicaciones específicas.
- Los avances en los *codecs* y la tecnología de red han intensificado la calidad de la imagen en un ancho de banda menor. Una buena resolución de imagen es proporcionada con velocidades de transmisión de hasta 384 kbps.
- El surgimiento de estándares internacionales para audio y video ha permitido un sistema de operación abierta y ha reducido la preocupación de los usuarios con respecto a la aceptación de la tecnología avanzada.
- La flexibilidad de configuración de los sistemas de videoconferencia ahora ofrece movilidad, consecuencia y alternativas de costo. Tampoco es necesario invertir demasiado en la construcción de salas especiales de videoconferencia, ya que actualmente cualquier lugar se puede acondicionar para poder llevar a cabo una transmisión de videoconferencia.
- El uso de mejores técnicas de compresión, tanto de audio como de video, permite que se reduzca la cantidad de información que se tiene que transmitir y se utiliza mejor el ancho de banda disponible en el canal de comunicaciones, propiciando audio y video de calidad con requerimientos de ancho de banda menores.
- Los avances en la compresión de audio y cancelación de eco han eliminado la necesidad de un tratamiento acústico en las salas modernas, ahora se ofrece muy buena calidad en el sonido.

En el ambiente global de los negocios del mundo actual las comunicaciones requieren ser cada día más eficientes y productivas. Hasta antes del desarrollo del mercado de la *videoconferencia* se hacia uso solamente de los medios tradicionales como el teléfono, el fax o el módem para satisfacer las necesidades de comunicación corporativas, pero ninguno podía proporcionar una solución a la necesidad de mantener una comunicación a distancia cara a cara que fuera interactiva. La *videoconferencia* ofrece hoy en día una solución accesible a esta necesidad de comunicación, con sistemas que permiten el transmitir y recibir información visual y sonora entre puntos o zonas diferentes evitando así los gastos y pérdida de tiempo que implican el traslado físico de la persona, todo esto a costos cada vez más bajos y con señales de mejor calidad. Estas ventajas hacen a la videoconferencia la herramienta tecnológica de mayor crecimiento en el área de las telecomunicaciones.

El servicio de *videoconferencia* tiene como principal mercado el sector empresarial. La obtención de una comunicación eficiente en un menor tiempo, una reducción en gastos de viaje, facilidad en la toma de decisiones y aumento de la productividad, son algunos de los objetivos que consiguen las empresas gracias al uso de esta tecnología. Las *videoconferencias* no solo modifican el sistema de las compañías en cuanto a la comunicación, sino en la administración de los negocios, la videoconferencia esta cambiando el método de competencia de las compañías.

Pero la videoconferencia no solamente es considerada como una nueva e importante herramienta para las empresa modernas, sino que también es la base para una nueva era en la educación a distancia, además de ser una herramienta muy valiosa en el campo la medicina, y en muchos otros campos de la vida humana donde se le han empezado a encontrar aplicaciones sumamente importantes.

1.2 CONCEPTO DE VIDEOCONFERENCIA

ANTECEDENTES DE LA VIDEOCONFERENCIA

El interés por la comunicación utilizando video ha estado presente desde hace muchos años. Ya desde la invención del teléfono, los usuarios han tenido la idea de que el video podría eventualmente ser incorporado a éste. Con el surgimiento de la televisión en los años 40's, el interés por las comunicaciones audiovisuales aumentó, aunque se veía como algo inalcanzable para la época.

Los primeros intentos para lograr un enlace telemático audiovisual datan de las primeras décadas del presente siglo. En la década de los 20's un grupo de científicos, que contaba con un sistema experimental de la compañía *Bell Labs*, trabajaron desarrollando una aplicación muy primitiva de comunicación interactiva visual entre dos puntos distantes (desde la ciudad de Washington a Nueva York). Dicha señal fue transmitida a través de ondas electromagnéticas, aunque no se sabe a ciencia cierta del éxito o fracaso de dicho experimento.

Tuvieron que pasar muchos años para que a este primer intento de comunicación visual a distancia le siguieran otros, y no sería sino hasta la década de los 60's cuando las nuevas tecnologías de compresión de audio y video a distancia se convirtieron en una gran realidad y permitieron el nacimiento del sistema llamado "*PICTURE PHONE*" (un teléfono de escritorio acompañado de una unidad de video), presentado en Nueva York por la corporación norteamericana *AT&T* en el año de 1964 bajo el marco de la "Feria Mundial del Comercio". Dicho prototipo de *videoteléfono* necesitaba líneas de comunicación bastante costosas para transmitir video en movimiento. El dilema fue la cantidad y tipo de información requerida para desplegar imágenes de video, pues en aquel entonces la red telefónica no podía soportar las frecuencias generadas por las señales de video. La única solución viable en aquellos tiempos para la transmisión de video a través de largas distancias era la utilización de los satélites. Pero la industria satelital estaba apenas en sus inicios, por lo que el costo del equipo terrestre combinado con la renta del equipo del satélite excedía con mucho los beneficios que podrían obtenerse al tener a un grupo pequeño de personas comunicadas a través de este medio.

En los años 70's se realizaron progresos muy importantes en lo que se refiere a las telecomunicaciones. Ya para este tiempo *AT&T* había comercializado la nueva tecnología del videoteléfono a través del servicio "*PICTURE PHONE MEETING SERVICE*", instalado en ese entonces en solo cuatro ciudades norteamericanas.

En Estados Unidos las compañías proveedoras del servicio telefónico comenzaron una etapa de transición hacia métodos de transmisión digital. Entonces la industria computacional avanzó también, aumentaron el poder y la velocidad de procesamiento de datos, asimismo se descubrieron nuevos métodos de conversión de señales analógicas de audio y video en bits digitales. El procesamiento de señales digitales también ofreció algunas ventajas como en áreas de calidad y análisis de la señal, aunque el almacenamiento y la transmisión todavía presentan obstáculos significativos para ese entonces. Los métodos de video digital más comunes a finales de los años 70 y principios de los 80 requerían de relaciones de transferencia de 90 mbps; La señal estándar de video era digitalizada empleando el método común *PCM (Modulación por Codificación de Pulsos)* de 8 bits, con 780 píxeles por línea, 480 líneas activas por cuadro y con 30 cuadros por segundo.

La necesidad de comprimir los datos de video digital era entonces más que imperiosa. Ciertos métodos confiables de compresión de datos fueron descubiertos, con lo cual se podía eliminar la información redundante en la señal, consiguiéndose así una reducción de la cantidad de datos utilizados en un 50% aproximadamente, es decir, 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 de 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 ocupaba 1.5 mbps y que se le conoce como *T1*. Después varios grupos de canales *T1* fueron reunidos para conformar un canal que corría a 45 mbps (el *T3*). Así, fue finalmente posible transmitir video en movimiento a través de la red telefónica usando video comprimido a 45 mbps pero todavía era extremadamente caro y poco costoso.

Era necesario comprimir aun más el video digital para hacer uso de un canal *TI* (con una razón de compresión de 60:1), el cual se requería para iniciar en el mercado. Fue entonces, que a principios de los años 80, nuevos métodos de compresión aparecieron en escena, los cuales eliminaban la temporización y sincronización de la señal y además realizaban un análisis del contenido de la imagen para eliminar redundancias. La razón de imágenes presentadas generalmente para el video en varios países es de 30 cuadros por segundo, excediéndose de los requerimientos del sistema visual humano para percibir movimiento, ya que tan solo las películas cinematográficas muestran secuencias 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 a 15 cuadros por segundo logra por sí misma un porcentaje de compresión del 50% - una relación 4:1 - sin embargo aun se estaba muy lejos de alcanzar el objetivo de compresión de 60:1.

A principios de los 80s nacería el **CODEC** (enCODer/DECoder - codificador/decodificador) que en base a una tecnología conocida como *codificación de la transformada discreta del coseno (DCT)* lograba que las imágenes de video pudieran ser analizadas para encontrar en ellas 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 y 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 los métodos antes mencionados se logro obtener una razón de compresión de 60:1.

Fue la compañía *Compression Labs Inc. (CLI)* la que introdujo al mercado el primer **CODEC**, conocido como el *ITS 1.5 (Video Teleconference System de 1.5 mbps ó TI)*. En menos de un año *CLI* mejoro el *ITS 1.5* para obtener una razón de compresión de 117:1 (768 kbps), tomando el nombre de *ITS 1.5E*.

La corporación británica *GEC* y la corporación japonesa *NEC* entraron al mercado lanzando codecs que operaban con un *TI*. Además, la corporación japonesa *NEC* fue quien produjo el primer sistema de comunicación visual a distancia orientado a grupos. Sin embargo todos estos equipos eran demasiado caros, el *ITS 1.5E* era vendido a un costo de \$180.000 dólares, sin incluir el equipo de video y audio necesarios para completar el sistema de conferencia y que significaba otro gasto de \$70.000 dólares extras, mas el costo de acceso a la red de transmisión que significaba otro gasto de aproximadamente \$1.000 dólares por rentar 1 hora un *TI*.

Desde 1984 varias compañías de telecomunicaciones norteamericanas comenzaron a ofrecer servicios de *videoconferencia*, enfocándose primero a establecer enlaces a nivel local, hasta que poco a poco llegaron a ofrecer enlaces nacionales (en Estados Unidos) e internacionales (a nivel mundial). A mediados de los años 80s se observo un mejoramiento dramático en la tecnología empleada en los codecs. También hubo una baja sustancial en los costos de los medios de transmisión. *CLI* introdujo el sistema de video denominado *REMBRANDT*, el cual utilizó una razón de compresión de 235:1 (384 kbps).

Otra compañía, llamada *PICTURE TEL*, introduciría un nuevo codec que utilizaba una relación de compresión de 1600:1 (56 kbps). *PICTURE TEL* logro esto gracias a que utilizo un nuevo método de codificación denominado "*Cuantización Jerárquica de Vectores*" (*HVQ*). Poco tiempo después *CLI* lanzo también un codec que operaba a 56 kbps. llamado *REMBRANDT 56*, ellos utilizaban otra técnica nueva de compresión denominada "*Compensación del Movimiento*".

Al mismo tiempo que los proveedores de redes de comunicación empleaban nuevas tecnologías para abaratar el costo de acceso a las redes de comunicaciones, el precio de los codecs fue disminuyendo muy rápidamente. Para 1990 los codecs existentes redujeron su costo en mas del 80%, además también redujeron su tamaño, pues el *ITS 1.5E* medía cerca de 5 pies de alto y cubría un área de 2 y medio pies cuadrados, en cambio el *Rembrandt 56* medía cerca de 19 pulgadas cuadradas por 25 pulgadas de fondo.

En 1992 existían cerca de 8.000 sistemas de videoconferencia grupal instalados en todo el mundo, tres cuartas partes tan sólo en los Estados Unidos. El crecimiento de esta cantidad esta cerca del 50% por año. Las tecnologías que se vislumbran en el horizonte como el videoteléfono y computadoras que incluyen dispositivos de videoconferencia, continuarán introduciendo el video digital comprimido dentro de nuestras actividades diarias.

El videoteléfono 2500 de AT&T presentado en 1992 es el primer videoteléfono disponible comercialmente que opera sobre una línea telefónica estándar. Este sistema de video a color tiene resolución y aplicaciones limitadas. Videoteléfonos de mayor capacidad basados en el servicio telefónico de la *Red digital de Servicios Integrados* (abreviado *ISDN* por su nombre en inglés) presentan una mejor calidad de video en color y una resolución de imágenes parecidas a las que se observan en la televisión comercial.

La *VIDEOTELEFONIA (VT)* es considerada en realidad como un conjunto de la *VIDEOCONFERENCIA (VC)*, ya que se trata de una comunicación que involucra únicamente a dos personas, y no múltiples personas como en el caso de la segunda.

DEFINICION DE TELECONFERENCIA

Antes de dar a conocer la definición de *videoconferencia* es preciso conocer primero el concepto de teleconferencia.

TELECONFERENCIA, cuya traducción literal quiere decir *'reunión a distancia'* (tele - distancia , conferencia - reunión), es un concepto que engloba una serie de servicios o herramientas de telecomunicación, capaces de intercomunicar en tiempo real a dos o más interlocutores situados en puntos geográficamente distantes, a través de la transmisión de datos, voz, imágenes y video, mediante el uso de la red telefónica, diversas redes de comunicación, cableado, fibra óptica, microondas, satélite o una combinación de diferentes medios de transmisión.

El principal objetivo de las *teleconferencias* es el de lograr recrear el auditorio y la atmósfera de una conferencia (reunión, junta, mitin, etc.) entre personas que se encuentran en sitios remotos, traspasando la barrera de la distancia y proporcionando a las personas una mejoría en cuanto a la eficiencia, efectividad y satisfacción de la comunicación.

Existen los siguientes tipos de Teleconferencias (reuniones a distancia):

AUDIOCONFERENCIA.- Como su nombre lo indica, es una comunicación conferencial a distancia realizada mediante audio, en donde los elementos que la hacen posible son: el envío de voz a través de una línea telefónica, micrófonos y bocinas. Es la conferencia a distancia menos costosa y más fácil de implementar, ideal para reuniones cuyo contenido requiere solamente de información oral. Utiliza la línea telefónica y puede extenderse de una simple conferencia entre dos localidades a una red más complicada de varios cientos de localidades.

CONFERENCIA AUDIOGRAFICA.- La conferencia audiográfica, conocida algunas veces como **AUDIOGRAFIX**, es una reunión organizada entre dos o más personas ubicadas en sitios distantes a través del servicio telefónico, indicada para reuniones cuyo contenido requiera compartir información oral combinada con una dimensión visual. El espacio visual compartido permite la posibilidad de desplegar, modificar e interactuar con imágenes. Estas imágenes pueden ser: texto, graficas, fotografías, imágenes congeladas e incluso en algunos casos puede manejar algo de animación muy sencilla, y que son provistas gracias al uso de instrumentos de tele escritura como: pizarrón electrónico (Whiteboard), sistemas de fax, computadoras, etc.

DATACONFERENCIA.- Comúnmente conocida como **CONFERENCIA POR COMPUTADORA**. Es una reunión a distancia entre dos o más personas a través de sistemas de computo, que suelen ser regularmente computadoras personales (PC), con el objetivo de compartir información de interés común. Dicha información puede estar en forma de texto, audio o imágenes (graficas, fotografías, imágenes congeladas). Este tipo de conferencia se suele confundir con la Conferencia Audiográfica y con la Videoconferencia de Escritorio. La diferencia con la primera es: en la Dataconferencia el enlace se lleva a cabo exclusivamente de computadora a computadora, por lo tanto contar con un sistema de computo es indispensable, a diferencia de las Conferencias Audiográficas, que utilizan a la computadora solamente como una herramienta. Por el otro lado, las Dataconferencias se diferencian de las Videoconferencias de Escritorio debido a que se encuentran un paso atrás de estas, pues no utilizan recursos de video en movimiento, solamente imágenes congeladas y quizás un poco de animación muy sencilla.

DEFINICION DE VIDEOCONFERENCIA

La **VIDEOCONFERENCIA** es el tipo de reunión electrónica a distancia (teleconferencia) mas avanzado de la actualidad, cuya función es la de llevar a cabo encuentros virtuales entre miembros o grupos de trabajo remotos, es decir, que se encuentran separados geográficamente (por distancias cortas o inmensamente grandes), y que interactúan en línea con información de interés común.

Lo importante de esta tecnología de comunicación es que nos permite llevar a cabo una interacción auditiva (capacidad de escuchar) y visual (capacidad de ver) en tiempo real (en vivo y de manera simultanea), entre todos los interlocutores participantes en la conferencia (los cuales pueden ser dos o más grupos de personas), como ocurre en la realidad cuando la comunicación se da cara a cara, lo cual no es posible lograr a través de ningún otro servicio de telecomunicación.

A la videoconferencia se le conoce como **Teleconferencia Multimedia** debido a que es capaz de trabajar con una amplia gama de elementos en una misma sesión. La siguiente es la lista de los elementos que intervienen en una Videoconferencia, de acuerdo a la cantidad del ancho de banda necesario para su transmisión a través de un medio físico.

- **DATOS:** Los datos son valores definidos en letras, números y/o caracteres especiales, como por ejemplo: Nombres, teléfonos, cantidades, etc. Los datos hacen referencia a archivos, registros, bases de datos y demás. Para su transmisión en línea no necesita de altos requerimientos, ocupa un volumen pequeño de ancho de banda.
 - **VOZ:** Se refiere ínicamente y exclusivamente a la frecuencia que voz humana.
 - **GRAFICOS:** Son imágenes estáticas, como por ejemplo: fotografías, firmas digitales, graficas estadísticas, dibujos, etc. Requiere de volumen pequeño a mediano de ancho de banda porque los tamaños de las imágenes son muy variables, dependiendo el tamaño, su resolución y el formato utilizados. La integridad pueda no ser indispensable. No son necesarios algoritmos de compresión, aunque pueden utilizarse.
 - **AUDIO:** Son toda la gama de sonidos que puede percibir el oído humano. Para su transmisión se requiere de su conversión digital-analógico. El ancho de banda varía en función de la calidad del audio que se requiera. Necesita algoritmos especiales de compresión en línea.
 - **VIDEO:** Es un conjunto de imágenes en movimiento real, como por ejemplo la televisión. Es importante tener en cuenta las características como el formato de video (cuadro por cuadro), compresión y calidad (resolución, color y cuadros por segundo). Necesita un ancho de banda muy grande, algoritmos especiales para compresión / descompresión y coordinación con audio, concurrencia muy delicada.*
- * Cualquier velocidad por debajo de 10 imágenes por segundo (fps, frames per second) aparece como una serie de dibujos inmóviles, mientras que 15 fps es aceptable pero tiene una apariencia poco natural muy notable. Las velocidades de imágenes mas altas de 15 fps distribuyen video adecuadamente.

Las videoconferencias pueden llevarse a cabo desde cualquier parte del mundo (siempre y cuando los sitios a distancia tengan equipos compatibles y un enlace de transmisión entre ellos). Por ejemplo, se pueden establecer enlaces a nivel local (Ciudad Universitaria con Aragón), a nivel nacional (Ciudad de México con Monterrey) e incluso a nivel internacional (Ciudad de México con Nueva York).

DIFERENCIA ENTRE TELECONFERENCIA Y VIDEOCONFERENCIA

Es muy común que cuando surgen nuevas tecnologías, los términos que se emplean para denominar a estas suelen ser confundidos unos con otros, a pesar de encontrarse perfectamente definidos. En el caso que nos ocupa, los términos **TELECONFERENCIA** y **VIDEOCONFERENCIA** han sido confundidos por las personas desde hace ya mucho tiempo, al grado de que es muy común que ahora ya se use la palabra Teleconferencia como un sinónimo de Videoconferencia, sin embargo esto es incorrecto, como se pudo ver anteriormente cuando se procedió a describir ambos conceptos.

Es importante dejar en claro que ambos conceptos son diferentes, así que, con la finalidad de evitar esta confusión en lo sucesivo, se procederá a definir nuevamente ambos conceptos de una manera clara y sencilla.

TELECONFERENCIA es un término genérico con el cual nos referimos a cualquier tipo de encuentro a distancia, o tele-reunión, por medio de la tecnología de comunicaciones. Teleconferencia puede ser una Audiokonferencia, una Teleconferencia Audiográfica, una Dataconferencia o una Videoconferencia.

La **VIDEOCONFERENCIA** es un tipo específico de *Teleconferencia*, es decir, un encuentro a distancia que se distingue de los demás por utilizar el video para llevar a cabo encuentros a distancia "cara a cara". Es decir, es el encuentro a distancia que se basa en una forma de comunicación totalmente audiovisual.

TIPOS DE VIDEOCONFERENCIA

La videoconferencia puede ser dividida en dos áreas:

- **Videoconferencia Grupal**
- **Videoconferencia de Escritorio (VC Desktop)**

a) VIDEOCONFERENCIA GRUPAL

Las Videoconferencias de Grupo son aquellas que se llevan a cabo desde una sala adaptada especialmente para ello (*salas de videoconferencia*). Dichas salas necesitan instalaciones y equipo especial que las hacen ideales para llevar a cabo encuentros a distancia (reuniones de negocios, juntas ejecutivas, presentaciones especiales, conferencias de prensa, cursos de capacitación, conferencias, eventos, etc.) entre 2 o más grupos de personas que se encuentran separadas geográficamente.

Las Videoconferencias Grupales tienen como característica principal, que su implementación se lleva a cabo a través de enlaces dedicados.

Las Videoconferencias Grupales pueden dividirse en tres tipos, que son:

- **Sistemas Sobre Ruedas (Rollabout)**
- **Sistemas Interconstruidos**
- **Sistemas Especializados**

SISTEMAS SOBRERUEDAS (ROLLABOUT). Son sistemas de videoconferencia que se diseñan para alojarse en un gabinete con ruedas. Están diseñados para grupos pequeños y medianos de personas. Estos sistemas son los más comunes en la actualidad. Usualmente uno o dos monitores son acomodados en uno o dos gabinetes, con al menos una cámara montada sobre un monitor, además del sistema de audio, de control y el Codec.

En estos sistemas rodantes, la cámara se monta de tal manera que capte a los participantes colocados enfrente de los monitores, y puede ser controlada remotamente para seleccionar una variedad de vistas de la sala. También se pueden preestablecer posiciones específicas de la cámara para las vistas más comúnmente usadas. Además se puede utilizar una cámara de documentos para enviar imágenes fijas de documento u objetos.

Los Codecs son diseñados para transmitir y recibir dos señales de video: un video en movimiento (comúnmente la cámara para las personas), y una imagen de video estática (comúnmente de la cámara de documentos). Un sistema con dos monitores puede mostrar cada una de las señales en cada uno de los monitores, y un sistema con un solo monitor lo muestra utilizando una función llamada *picture in picture*. Cuando la imagen estática se envía la imagen de video en movimiento se congela momentáneamente hasta que la transmisión se completa.

SISTEMAS INTERCONSTRUIDOS (BUILT-IN).- Incluyen el mismo tipo de equipo que los sistemas rodantes, solo que, en lugar de residir en un gabinete con ruedas, estos sistemas se ubican en un lugar especialmente diseñado para ellos (pueden estar empotrados en una pared o en un rack). De este modo se puede contar con una vista permanente de la sala, lo cual es conveniente para algunas aplicaciones especiales. Las capacidades de los dos tipos de sistemas son similares; aunque los sistemas interconstruidos frecuentemente tienen más periféricos conectados y se utilizan para aplicaciones más específicas.

SISTEMAS ESPECIALIZADOS.- Son sistemas especialmente construidos para utilizarse en aplicaciones de Educación a Distancia y Telemedicina. Estos sistemas pueden ser fácilmente acomodados con diseño propio, y con periféricos adicionales, tales como reproductores de 35 mm, toda clase de graficas basadas en computadora, cámaras adicionales, monitores, otras fuentes de video, videograbadoras, pizarrones electrónicos, microscopios, otros dispositivos de imágenes medicas, etc. En realidad no existe un límite para los dispositivos periféricos que se pueden utilizar, eso depende completamente del tipo de aplicación.

b) VIDEOCONFERENCIA DE ESCRITORIO

Los sistemas de Videoconferencia de Escritorio o *VC DESKTOP* son sistemas que están basados en Computadoras Personales (por tal razón se les conoce también como *Videoconferencia Personal*) con poderosos procesadores, tarjetas de expansión, una cámara de video, un sistema de audio (micrófono y bocinas) y software basado en Windows. Se requiere también una conexión a una línea ISDN (o algún otro tipo de enlace de comunicación digital) para realizar la transmisión, aunque también es posible realizarla por Internet y a través de un modem.

Este sistema de Videoconferencia a través de computadoras personales, consiste en la comunicación interactiva de datos, gráficos, audio y video entre dos o más usuarios. Los participantes están frente a sus computadoras personales de uso diario y se comunican entre ellos de una manera muy parecida a una simple conferencia telefónica.

Durante una llamada se puede ver una imagen en movimiento de la persona en el otro extremo de la línea, se puede oír su voz y lo más práctico, se pueden compartir archivos de computadora y todo tipo de aplicaciones. La calidad del video en estos sistemas no es tan buena como en los sistemas de Videoconferencia Grupal, pero cada día aparecen nuevos y mejores estándares de VC de Escritorio, que mejoran la calidad del video. La mayoría de los sistemas desktop solo trabajan con una velocidad de 128 Kbps, y algunos a 384 Kbps. Además cada día están surgiendo nuevos estándares para permitir realizar estas aplicaciones utilizando una línea telefónica conmutada y un modem a 28 Kbps.

Estos sistemas están diseñados para llevarse a cabo desde la oficina o el hogar, sin la necesidad de moverse a un auditorio o sala especial.

El sistema de videoconferencia puede incorporar también algunos servicios telemáticos auxiliares, algunos de los cuales son:

- Fax
- Tele-escritura
- Pizarrón Electrónico
- Proyección de Diapositivas

Sin lugar a dudas, la principal aplicación de la Videoconferencia de Escritorio es el *Computo Distribuido*.

COMPUTO DISTRIBUIDO

También conocido como Computo Colaborativo. Un sistema de Computo Distribuido debe tener la capacidad para compartir e interactuar con información de interés común para dos o más personas que formen un equipo o grupo de trabajo. Esta interacción se puede lograr de manera más eficiente si se lleva a cabo en tiempo real.

La funcionalidad que deben cubrir estos sistemas incluye: transferencia, acceso directo, desplegado, control, proceso, integración a aplicación, concurrencia de uso, permisos y restricciones.

La Videoconferencia de Escritorio proporciona el medio más efectivo para lograr el proceso de comunicación entre miembros remotos de un grupo de trabajo, los cuales podrán interactuar en línea para poder resolver cualquier actividad de interés común.

Como es posible incorporar herramientas gráficas de teltrabajo, así como gran variedad de funciones (contestador automático digital, envío y recepción de faxes, transmisión de archivos, de bases de datos, control remoto de computadores, etc). Todo ello representa la compartición de diferentes aplicaciones en tiempo real entre dos o más puestos remotos: es decir dos o más personas se ven y trabajan simultáneamente con los mismos datos y el mismo programa, tal y como si estuvieran codo a codo delante del mismo ordenador.

Es importante resaltar que la complejidad de las aplicaciones de videoconferencia exigen el máximo rendimiento de todos los componentes de la computadora, como son:

- Gran capacidad de almacenamiento
- Alto poder de procesamiento
- Altas velocidades de transferencia
- Gran cantidad de memoria
- Soporte a aplicaciones en tiempo real
- Contar con los dispositivos necesarios para soportar multimedia

Un ejemplo de Computo Distribuido es el siguiente:

El departamento de Defensa de los Estados Unidos y la Industria Aeroespacial han trabajado juntos en el desarrollo de sistemas computacionales que les permiten el manejo de armas muy complejas, involucrando cooperaciones múltiples a través de un sistema privado de Videoconferencia de Escritorio.

Las principales ventajas de los sistemas de Videoconferencia de Escritorio son:

- Las distancias físicas desaparecen y su lugar es ocupado por espacios y sesiones de trabajo virtuales. En lugar de una sala de juntas, se establece una conexión entre estaciones computacionales y el trabajo se desarrolla normalmente.
- Este método de trabajo promueve la integración de ideas, evita la inseguridad en las decisiones y las críticas tardías o fuera de tiempo.
- Explora las capacidades de la computadora personal.
- Permite manipular los documentos y archivos en forma conjunta.
- Permite compartir fácilmente datos y aplicaciones durante la conexión.
- Fácil de utilizar, como si fuera una llamada telefónica, pero con las ventajas que proporciona un entorno audiovisual.
- En comparación con las Videoconferencias Grupales, estas son más económicas, requieren de anchos de banda más bajos y no requieren de instalaciones especiales para los enlaces.

Asimismo, las desventajas que presentan estos sistemas son:

- La resolución del video y la calidad del audio alcanzan apenas los límites de lo aceptable. Se requieren computadoras con un muy alto poder de procesamiento y gran cantidad de recursos
- En muchos lugares (nuestro país incluido), no existe aun la infraestructura de red adecuada para la implementación de una red de servicios integrados, que propiciaría el auge total para la implementación de las Videoconferencias de Escritorio.

Existe en la actualidad una gran variedad de sistemas de videoconferencia personal en el mercado, pero algunos de los mas utilizados son:

Sistema	Plataforma	Descripción
AT&T Visium 1300	PC	Herramientas de colaboración para audio y video
Avistar Conference	PC, MAC, SUN	Solución cliente-servidor para videoconferencia en redes de área local
C-Phone	PC	Videoconferencia para Windows sobre LAN, ISDN o líneas digitales conmutadas
Cameo Personal Video System	Macintosh	Video sobre líneas digitales conmutadas, ISDN y Ethernet
CollabOrator System 4000	PC	Videoconferencia sobre ISDN y LAN/WAN
Communicator III	PC	Videoconferencia sobre ISDN, T1, Ethernet
Communique!	SUN, HP, DEC, PC	Videoconferencia interactiva multimedia
CU-SeeMe	PC, MAC	Video y audio sobre Internet
Meet-Me	PC, MAC	Herramientas de colaboración con audio y video sobre redes LAN e ISDN
PictureTel Live PCS-100	PC	Herramientas de audio y video sobre ISDN y líneas digitales conmutadas
ShareVision Mac 3000	MAC	Herramientas de audio y video sobre líneas telefónicas analógicas
ShowMe	SUN	Herramientas de audio y video sobre Internet
TeleView 1000C	PC	Video sobre líneas telefónicas analógicas

1.2.1 APLICACIONES DE LAS VIDEOCONFERENCIAS

Comentario [CRA1

Actualmente el campo de aplicación de la videoconferencia es muy amplio, y cada vez es mayor la gama de actividades que están haciendo uso de esta tecnología. A continuación se van a revisar las aplicaciones más importantes que la videoconferencia tiene.

1.2.1.1 CAMPOS DE APLICACION

Las siguientes son las áreas donde, hasta la fecha, la tecnología de la VIDEOCONFERENCIA ha encontrado mayor aplicación.

- Instituciones Educativas (escuelas, universidades, centros de capacitación, etc.)
- Empresas Privadas
- Sector Industrial
- Dependencias Gubernamentales y de Servicios
- Instituciones Financieras (bancos, casas de bolsa, etc.)
- Sector Salud (hospitales, clínicas, centros de salud, etc.)
- Sector Turístico (cadenas hoteleras, agencias de viajes, compañías de transportación, etc.)

1.2.1.2 PRINCIPALES APLICACIONES

1) VIDEOCONFERENCIA EN EL MUNDO DE LOS NEGOCIOS

Conviene destacar que aquellas empresas que buscan optimizar el tiempo de sus empleados, así como los gastos, a menudo importantes, que ocasionan sus reiterados desplazamientos por reuniones ineludibles, encuentran en la **VIDEOCONFERENCIA** la solución a buena parte de sus problemas. Aunque es obvio que no todas las reuniones son susceptibles de ser realizadas a distancia, muchas empresas ya han descubierto las ventajas que les reporta el poder tele reunirse de manera inmediata y sin salir de su centro de trabajo.

La **VIDEOCONFERENCIA** permite realizar toda clase de reuniones, juntas y actos compartidos por personas que pueden encontrarse a miles de kilómetros de distancia, sin moverse de sus sitios de trabajo, con la evidente reducción de costos de desplazamiento e inconvenientes que esto trae consigo.

Asimismo, la **VIDEOCONFERENCIA** permite mantener una continuidad absoluta con el trabajo, pues en una misma jornada puede celebrarse una reunión sin dejar por ello de atender las labores diarias, y al no tener que aplazar otros asuntos por problemas de desplazamiento, consiguen solucionarse una mayor cantidad de asuntos en un tiempo menor.

Además, gracias a la **VIDEOCONFERENCIA** ya no es un problema el tener que prescindir de cualquier documento importante, un dato concreto, o alguna persona durante una reunión, puesto que al no moverse de su lugar de trabajo, se puede requerir la presencia de cualquier persona o de cualquier documento en el momento que se desee. Gracias a la posibilidad de mostrar instantáneamente cualquier tipo de plano, objeto o documento, la **VIDEOCONFERENCIA** resulta un medio ideal para presentar nuevos proyectos de ingeniería o arquitectura, presentar y debatir proyectos de investigación, visualizar nuevos productos, etc.

Por lo tanto, la principal virtud de la **VIDEOCONFERENCIA**, aplicada en el mundo de los negocios, es el lograr la optimización de la productividad de las empresas.

GANANCIAS ESTRATEGICAS

Las ganancias estratégicas son las fuertes ventajas de competitividad, que una organización obtiene gracias al uso de la **VIDEOCONFERENCIA**. Si bien estas pueden considerarse como ganancias indirectas, esta categoría suele aportar los mayores beneficios para las empresas.

A continuación se enlistan algunos de estos beneficios:

- **Comunicación corporativa** - Se puede alcanzar una óptima comunicación corporativa (tanto a nivel interno, como a nivel externo), a través de la celebración de: juntas de consejo, reuniones extraordinarias, audiencias de estrategias y cualquier otro tipo de reuniones de negocios. Dichas reuniones podrán ser llevadas a cabo todas las veces que se requiera, y sin que los participantes tengan que abandonar su respectiva área de trabajo, lo cual representa un ahorro sustancial de recursos para las empresas.
- **Mercadotecnia** - Esta ampliamente comprobado a través de numerosos estudios, que realizar las presentaciones de nuevos productos de una manera interactiva y desde ubicaciones remotas, causa entre los clientes un mayor impacto, que con una simple presentación de ventas normal.
- **Coordinación de proyectos entre compañías** - Se logra un mejor control de los proyectos llevados a cabo entre compañías que estén trabajando unidas para lograr un objetivo en común, con tan solo mejorar el intercambio de información entre estas.

Asimismo, algunas otras actividades en donde la videoconferencia puede lograr amplios beneficios para las empresas son:

- Investigación de mercados
- Servicios al cliente
- Control de la manufactura
- Adquisición de bienes y valores
- Contratación / Entrevistas
- Supervisión
- Adiestramiento y Capacitación

2) TELEMEDICINA

Gracias a la unión de un medio de telecomunicación audiovisual tan efectivo como la **VIDEOCONFERENCIA**, con algunos sistemas y procesos médicos, han nacido nuevas y sofisticadas técnicas para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades. A esta nueva revolución tecnológica en el mundo de la medicina, se le conoce con el nombre de **TELEMEDICINA**.

En los últimos años, la Telemedicina está adquiriendo un valor muy significativo. Su uso en la pasada guerra del Golfo Pérsico, ó en las mas recientes guerras de Yugoslavia y Somalia, ha permitido que delicadas intervenciones médico-quirúrgicas hayan podido ser dirigidas por especialistas desde puntos tan alejados como Alemania ó Estados Unidos con resultados plenamente satisfactorios.

Para dar mayor idea sobre la amplia utilización que la Telemedicina esta teniendo actualmente basta decir que en casi todos los países del mundo se esta desarrollando esta infraestructura tecnológica, tan solo en Estados Unidos, más de 40 estados trabajan con esta metodología médica a pleno rendimiento y satisfacción. Universidades y grandes centros médicos, como la Clínica Mayo, el Hospital General de Massachusetts, el Emory University ó el Southern California, por citar sólo algunos, invierten sumas importantes de sus presupuestos para el avance de la Telemedicina. De igual modo, grandes empresas privadas como AT&T y V-TEL, han invertido en los últimos años mas de 1000 millones de dólares en el desarrollo de estas tecnologías de comunicación.

VENTAJAS Y APLICACIONES DE LA TELEMEDICINA

- Permite el acercamiento entre profesionales de la medicina de cualquier país del mundo, con la finalidad de permitirles una discusión interactiva que mejorara el enfoque diagnóstico de cierto tipo de pacientes cuyo tratamiento sea difícil, pues coordinarse entre ellos, será mas fácil hallar la actitud terapéutica a seguir sobre ellos.
- Es utilizada en zonas despobladas y con escasos recursos sanitarios locales (compañías petrolíferas, constructoras, etc.) ó áreas rurales alejadas de los grandes núcleos urbanos y con dificultades de comunicación terrestre, para poder tener un rápido y eficiente acceso a la mas moderna tecnología médica bajo la supervisión y el apoyo de expertos en cada materia.
- La medicina militar fue pionera en el uso de la Telemedicina, y hoy en día, los modernos ejércitos de muchos países disponen de estos sistemas como parte básica de su infraestructura militar y sanitaria.
- Uno de los aspectos mas interesantes y en los que la Telemedicina están cobrando una mayor preponderancia, radica en la obtención de una "segunda opinión" a cargo de un experto en cada materia concreta. En tal sentido, la medicina rural, la medicina deportiva, la medicina de emergencia (catástrofes, terremotos, inundaciones, etc.) ó simplemente la medicina habitual que requiere de expertos en casos concretos, están encontrado a través de este sistema, una excelente vía de comunicación y de trabajo en equipo.

- Gracias a ella es posible la transmisión-recepción, de imágenes audiovisuales comprimidas de muy alta calidad, y que pueden variar desde una radiografía, un escáner, una ecografía en video, ó un electrocardiograma, hasta una consulta real entre dos médicos a distancia, pudiendo transmitir detalles médicos que van desde la auscultación cardiopulmonar hasta la percusión de una cavidad orgánica.
- Es de gran ayuda para la consulta de expedientes e historiales médicos a distancia.
- Será posible establecer interconsultas con personal médico altamente especializado a través de un sistema de referencia electrónica de pacientes, evitando así los traslados innecesarios de los pacientes a los centros de mayor complejidad.
- Elaboración de diagnósticos - A través de esta solución, médicos reconocidos pueden ver en vivo desde su computadora, a uno o varios pacientes (que pueden estar ubicados a kilómetros de distancia) y darles su opinión a los médicos que están a cargo de esos pacientes y que necesitan una opinión o diagnóstico de un especialista.
- Operación a distancia - Se pueden realizar complicadas operaciones dirigidas y supervisadas a distancia por los mas reconocidos doctores y por especialistas altamente capacitados, desde los hospitales mas reconocidos del mundo.
- Permite que los médicos de hospitales regionales y locales, puedan tener comunicación directa, con los hospitales nacionales ó especializados permitiendo así que se faciliten muchos de los procedimientos médicos.

3) EDUCACION A DISTANCIA

El termino **EDUCACION A DISTANCIA** nos refiere inmediatamente a un nuevo e interesante concepto en el ámbito educativo, hecho posible gracias a la evolución y el perfeccionamiento de la tecnología informática y de telecomunicaciones. Sin embargo, es propicio aclarar que, mas que un concepto en sí, la Educación a Distancia se refiere a una practica o aplicación de la tecnología telemática, es decir, de la Teleconferencia (o encuentros electrónicos a distancia).

Para hacer efectivo el proceso 'enseñanza-aprendizaje' con base a la tecnología de las telecomunicaciones, la Educación a Distancia adquiere, en opinión de los expertos, el carácter de un nuevo método que al fundamentarse en la separación física del educador y los educandos, requiere de dos elementos básicos:

1) Un medio de telecomunicación adecuado (tecnología telemática) que, además de permitir la superación de las distancias, constituya una base sólida para el soporte de herramientas multimedia (datos, imágenes, audio y video).

2) Medios perfectamente definidos de organización, coordinación e interacción entre los participantes, orientados al aprendizaje en sí mismo, independientemente de la tecnología telemática a utilizarse.

De la armonía plena entre estos elementos depende que la dispersión geográfica entre los participantes no sea un obstáculo y, por el contrario, se torne en una posibilidad de enriquecimiento, intercambio y aportación de conocimiento.

La **VIDEOCONFERENCIA** es la tecnología telemática que ha hecho posible la amplia difusión de la Educación a Distancia, y gracias a ella, se considera como una modalidad practica y concreta que se perfila como el nuevo horizonte a seguir en el campo de la educación y el conocimiento.

A nivel pedagógico, la Educación a Distancia ha tenido ya una amplia aceptación por parte de los expertos, quienes ven en esta nueva aplicación tecnológica, una opción ilimitada para enfrentar uno de los retos pedagógicos más importantes del próximo nuevo siglo, que es la utilización de la infraestructura tecnológica existente que permita el acceso al vertiginoso cúmulo de información y conocimientos previstos en cada uno de los campos del ser humano (la ciencia, la cultura, la técnica, el arte, la economía, etc.). Es en esta perspectiva donde la Educación a Distancia y la **VIDEOCONFERENCIA**, como la herramienta tecnológica que la hace posible, adquieren su máximo valor pedagógico, cultural y social.

De esta manera, ha quedado atrás la idea acerca de que la educación a distancia se trata de un medio frío que, al reducir el proceso de 'enseñanza-aprendizaje' a una mera transmisión de información (aun cuando se pretenda la interactividad), promueve el aislamiento. También se ha desterrado la idea de que "a mayor información, menos comunicación". Por supuesto que la eficiencia tecnológica no sustituye de ninguna manera la relación psicosocial y emotiva en que se fundamenta el proceso educativo, pero sí es una muy valiosa herramienta que debe ser usada para conseguir, de manera más fácil y eficiente, los objetivos pedagógicos que la educación persigue. En este sentido, la Educación a Distancia no debe ser vista como una moda tecnológica, sino como un valioso recurso que nos permitirá cubrir necesidades reales y específicas en el intercambio y acceso al conocimiento.

Asimismo, la **VIDEOCONFERENCIA** ha encontrado en la Educación a Distancia uno de los campos más propicios para su aplicación y desarrollo. Por ello no es aventurado afirmar que, gracias a esta poderosa herramienta tecnológica, está naciendo una nueva cultura pedagógica, a la luz, precisamente, de la aplicación, cada vez más sólida, de la Educación a Distancia.

Los beneficios más importantes de la Educación a Distancia son:

- Permite el desarrollo de los medios de interacción apropiados para la impartición de clases, cursos, diplomados y demás eventos relacionados con la educación y el conocimiento, gracias a que se puede compartir una gran cantidad y variedad de información (desde libros, folletos, manuales hasta poderosos bancos de datos), además de que se puede contar con una gran cantidad de recursos externos para la enseñanza (toda clase de material gráfico y audiovisual).
- Proporciona una gran riqueza para el asesoramiento y el intercambio de conocimientos y experiencia, gracias a que se puede contar fácilmente con el acceso y la participación de reconocidos expertos, profesores y especialistas, cualquiera que sea su lugar de origen o residencia. De esta manera estudiantes de preparatoria de las clases de ciencias podrían observar "en vivo" los más recientes experimentos desde los laboratorios de las universidades más importantes.
- En un futuro se podrá tener acceso a la educación y al conocimiento sin tener la necesidad de salir del hogar, así millones de personas no tendrían que estar trasladándose constantemente hasta los centros educativos, lo cual, en grandes ciudades como la nuestra, nos puede conllevar a múltiples beneficios, tales como la reducción a los problemas del autotransporte, reducción del tráfico vehicular, disminución de la contaminación y muchos otros problemas, sin contar con la ayuda que esto traería a la economía familiar.
- La educación a distancia podría significar una ayuda invaluable para estudiantes discapacitados que no pudieran trasladarse hasta los centros educativos por causa de su enfermedad. Ahora, gracias a los beneficios de la Educación a Distancia, ellos estarían en la posibilidad de asistir a clases y tener acceso a la educación sin necesidad de salir de sus casas.

1.3 MEDIOS DE TRANSMISION

Debemos entender al *medio de transmisión* como el canal por el cual viajara la información que se desea enviar desde una fuente de información origen (*emisor*), hasta otra fuente de información destino (*receptor*). Estos son los tres elementos básicos en cualquier sistema de comunicación.

Los medios de transmisión se pueden clasificar en dos tipos:

- 1) medios guiados (terrestres)
- 2) medios no guiados (aéreos)

1) MEDIOS GUIADOS

Los *medios guiados* o *terrestres* son los canales por los cuales se realizan las transmisiones de señales, para lo cual, utilizan un soporte físico, que puede ser algún tipo de cable metálico (cable paralelo, cable de par trenzado o cable coaxial) o un cable óptico (fibra óptica).

Los medios guiados se clasifican en:

Cable serie / paralelo

Cable par trenzado

- Par trenzado sin blindar (UTP)
- Par trenzado blindado (STP)

Cable coaxial

- Coaxial banda base (Baseband)
- Coaxial banda ancha (Broadband)

Cable de fibra óptica

- Fibra óptica multimodo de índice escalonado
- Fibra óptica de índice gradual
- Fibra óptica monomodo

CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

El cable es el medio de transmisión que consiste en alambres de cobre o fibras ópticas envueltas por una cubierta protectora. El tipo de cableado es un punto importante a tener en cuenta en la instalación de una red o sistema de comunicaciones, ya que representa un porcentaje importante de su costo total. Es importante entonces, considerar que los sistemas de cableado son un producto de alta tecnología, pues aunque los cables y el hardware de conexión están ubicados "detrás de la pared" y no tienen deslumbrantes led's que parpadéen a toda velocidad, y la electrónica de red y las PC's suelen resultar mucho más llamativos, debe tenerse en cuenta que la calidad del sistema de cableado es la que establece el límite de la capacidad de la red para transmitir los datos que esa electrónica genera.

Los tres tipos de cables usados para el alambrado de comunicación son: el cable de par trenzado (Twisted Pair), el cable coaxial y el cable de fibra óptica. También existen otro tipo de cables menores, como el cable paralelo, que consta de dos hilos de cobre rodeados por un aislante y que se utiliza solamente para conectar dispositivos periféricos a través de distancias cortas y que no requieran una alta velocidad de transmisión.

Los datos codificados en binario se transmiten sobre un cable de cobre mediante la aplicación de un nivel de voltaje en un extremo del mismo, recibándose esta característica eléctrica en el otro extremo.

El cable de cobre conforma una tecnología de costo relativamente bajo, además de que es bien conocida y no muy difícil de instalar. Sin embargo, presenta una serie de características eléctricas y enemigos externos, que imponen ciertos límites a la transmisión.

A continuación se citan algunos de los problemas más comunes a los que se tiene que enfrentar la transmisión de datos basada en cables de cobre.

ATENUACION.- La transmisión de datos sobre distancias largas se encuentra sujeta a atenuación, que es la pérdida de potencia o intensidad de una señal (reducción de la amplitud de la señal) en su paso a través del medio físico de transmisión, y también a través de los conectores e interfaces físicas. Si la señal llega a ser demasiado débil, el equipo receptor no conseguirá interpretarla adecuadamente o incluso no logrará detectarla, lo cual causa errores que requerirán una retransmisión y en consecuencia motivaran retrasos significativos en la transmisión de la información. Dispositivos tales como los amplificadores se utilizan para evitar la atenuación, amplificando las señales analógicas. Los repetidores sirven para amplificar las señales digitales.

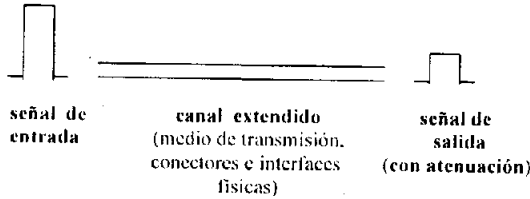


Figura 1: Representación de la Atenuación

INTERFERENCIA / RUIDO DE FONDO (CROSSTALK). - Modificación de la información en el medio físico causada por fuentes externas. Las líneas de transmisión tienen una porción de ruido generado por fuentes externas, el transmisor o las líneas adyacentes, este ruido se combina con la señal transmitida. La distorsión resultante puede ser pequeña, pero también puede suceder que el nivel de amplitud de la señal este por debajo del nivel de ruido permitido. Por eso se debe de prestar mucha atención a la relación señal a ruido. El fenómeno de la diafonía es la principal fuente de ruido en los cables (sobre todo de par trenzado), y es originada por la filtración de información entre cables adyacentes. Una débil conversación de fondo en una línea telefónica constituye un ejemplo de diafonía. Los técnicos pueden certificar el cableado mediante la verificación de los niveles de ruido y de diafonía, para examinar los niveles de esta última, inyectan a través de un cable una señal de valor conocido y miden la filtración producida en cables adyacentes.

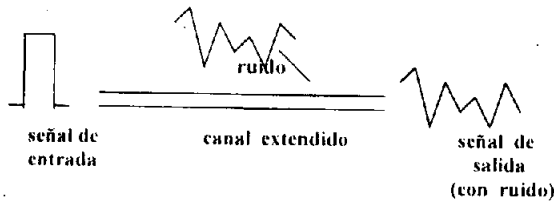


Figura 2: Representación de la Interferencia (Ruido)

DISTORSION / DISPERSION.- Modificación o deformación de la señal, por seguir esta, trayectorias diferentes. La causa de esta distorsión es la capacitancia, un parámetro eléctrico que es directamente proporcional a la longitud del cable y al espesor del aislante. La capacitancia consiste en una medida de la energía (carga eléctrica) almacenada por el cable, incluyendo al aislante. Aumentar el número de hilos de un haz contribuye a aumentar la capacitancia de un hilo y de la cubierta exterior.

Los equipos de pruebas para cableado pueden examinar este parámetro para detectar si un cable presenta flexiones o estiramientos. Todos los tipos de cable tienen valores conocidos de capacitancia, la cual se mide en picofaradios (pF), que generalmente comprende un rango de valores entre 17 y 20 pF.

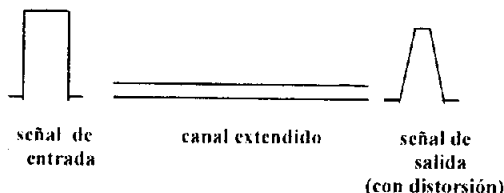


Figura 3: Representación de la Distorsión

ASINCRONIA / RETARDO (JITTER). - Distorsión presentada en las señales causada por la impedancia, que consiste en una resistencia variable que depende de la frecuencia, lo cual puede causar que los distintos componentes de frecuencia de una señal no lleguen al receptor de forma sincronizada. Si la frecuencia se incrementa con objeto de aumentar el rendimiento en la transmisión de datos, el efecto se multiplica y el receptor no será capaz de interpretar correctamente las señales de datos. La disminución de la longitud del cable y/o de la frecuencia de transmisión puede resolver el problema. Hay que tomar en cuenta que los valores de impedancia de un cable pueden medirse para detectar cortes o conexiones defectuosas. Cualquier cable de grado de datos debe disponer de un valor de impedancia de 100 ohms a la frecuencia de transmisión de datos.

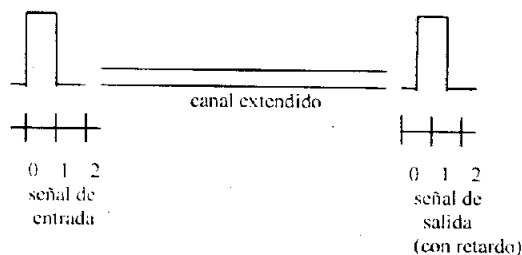


Figura 4: Representación de la Asincronía

REFLEJO.- Generación de señales indeseadas debido a la existencia de barreras detectadas en el medio de transmisión.

DESCARGAS ELECTRICAS.- Sobrecarga en los circuitos por no tener adecuadas tierras físicas. Si uno solo de los equipos no se encuentra debidamente aterrizado puede ocurrir que este se quemara al ocurrir una descarga eléctrica no prevista.

AGENTES EXTERNOS.- Los roedores son uno de los principales agentes destructores de las infraestructuras de comunicaciones, especialmente los cables conductores de electricidad. En la actualidad existen cables con malla anti-roedores, también el uso de canaletas y tubos reduce o elimina la probabilidad de destrucción por roedores.

2) MEDIOS NO GUIADOS

Los *medios no guiados, inalámbricos* o *aéreos* son aquellos medios de transmisión de señales entre transmisor y receptor, que consisten en alguna de las múltiples técnicas de transmisión a través del aire y del espacio, cada una de las cuales utiliza una banda de frecuencias en alguna parte del espectro electromagnético. Estas soluciones resultan excelentes cuando llega el momento en el que un cable es imposible de utilizar y es utilizado en todo tipo de comunicaciones.

Este tipo de medios de transmisión se divide en:

- Radiocomunicación
- Microondas
- Satélites
- Comunicación luminosa
 - Luz infrarroja
 - Láser

A medida en que las frecuencias de las ondas de radio van aumentando en línea recta, ellas se propagan, tal como la luz. A continuación tenemos una tabla de frecuencias con sus respectivas denominaciones.

Frecuencia	Rango	Aplicación
ELF (Extremely Low Frequency)	300Hz - 3 KHz	
VLF (Very Low Frequency)	3 KHz - 30 KHz	
LF (Low Frequency)	30 KHz - 300 KHz	Radiodifusión
MF (Medium Frequency)	300 KHz - 3 MHz	Radiodifusión AM
HF (High Frequency)	3 MHz - 30 MHz	Onda Corta
VHF (Very High Frequency)	30 MHz - 300 MHz	TV, Radio FM
UHF (Ultra High Frequency)	300 MHz - 3 GHz	Microondas, TV
SHF (Super High Frequency)	3 GHz - 30 GHz	Microondas, Satélite
EHF (Extremely High Frequency)	30 GHz - 300 GHz	

Tabla 2: Relación de bandas de Frecuencia

a) RADIOCOMUNICACIÓN (10 KHz - 100 MHz)

Un medio de transmisión al que estamos habituados es el radioenlace, el cual es uno de los medios más empleados en las formas de interconexión de redes inalámbricas modernas, las cuales emplean parte del espectro de frecuencias para mover información entre los equipos.

Por definición, la radiocomunicación es la técnica que permite el intercambio de información entre dos puntos geográficos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas. Estas tienen una velocidad de propagación muy cercana a la velocidad de la luz, es decir 300,000 km/seg, lo que representa una velocidad por demás aceptable. En todo sistema de transmisión por radio, debe existir un transmisor y una antena asociada al mismo. El transmisor emite entre su potencia de salida a la antena, la que genera una señal hacia el exterior. El proceso contrario se da cuando una antena receptora captura las señales y las deriva a un equipo capaz de extraer la información contenida en la misma. Entre ambas antenas se propagan las señales electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas son literalmente impulsos eléctricos que se desplazan por el medio ambiente. Su descubrimiento se debe al científico *Heinrich Hertz*, y es por esta razón, que las ondas electromagnéticas se conocen con el nombre de ondas de radio o hertzianas; estas son bastante similares a las ondas de luz, ya que ambas poseen características electromagnéticas

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden cruzar distancias largas, y entrar fácilmente en los edificios. Son *omnidireccionales*, lo cual implica que los transmisores y receptores no tienen que estar alineados en línea recta. Las ondas de frecuencias bajas pasan por los obstáculos, pero su potencia disminuye a través de la distancia. Las ondas de frecuencias más altas viajan en línea recta, rebotan en los obstáculos y la lluvia las absorbe. Las ondas de radio tienen tres formas de propagarse. La primera es la denominada *propagación por onda terrestre*, la segunda es la *propagación por línea recta ó alcance visual* y la tercera es la *propagación por onda espacial*.

b) MICROONDAS (100 MHz - 10 GHz)

Las microondas son las ondas de radio que utilizan un rango de frecuencias muy grande y una longitud de onda pequeña, y que van de una antena parabólica a otra. Sirven básicamente para comunicaciones de video o telefónicas. La movilidad que pueden caracterizar estos equipos y el ahorro económico que produce el hecho de no tender cable a cada sitio en que quiera enviarse o recibir la información hace de esta técnica una de las más usadas para comunicaciones móviles.

La transmisión por microondas se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora, viaja en forma directa hacia la antena receptora, sin tocar la superficie del terreno. Este tipo de transmisión es empleado particularmente para las frecuencias más altas como VHF y UHF. Bajo esta modalidad de propagación, la altura de las antenas es fundamental para lograr una comunicación eficaz entre ambas antenas. Se deben entender dos términos relacionados a este tipo de comunicación: distancia al horizonte, que es la distancia que se cubre en línea recta desde la antena transmisora hasta rozar tangencialmente la superficie de la tierra; y la distancia de alcance visual, o sea, la distancia máxima a la que pueden instalarse dos antenas de alturas determinadas en puntos geográficos distantes.

Las antenas repetidoras son elementos indispensables en este tipo de enlaces; en general se procura que la distancia entre repetidoras de microondas no exceda de 50 km. Además, se debe de contar con línea de vista entre cada repetidor, debido a que frecuencias tan altas rebotan ante cualquier obstáculo.

Su principal desventaja es que las transmisiones se ven afectadas muy a menudo cuando se presentan condiciones atmosféricas desfavorables (lluvia, viento, etc.). Además, es necesario un permiso especial para asignación de frecuencias cuando se requiere utilizar este medio de transmisión.

c) SATELITES (4 GHz - 30 GHz)

Este es uno de los medios de transmisión de datos más sofisticado, aunque también es de los más caros. Afortunadamente con el paso del tiempo se han logrado abaratar sus costos de accesibilidad. El elemento central de este tipo de comunicaciones de datos, es el satélite, complejo artefacto situado en el espacio a 35,000 Km. de la superficie de la tierra, ubicados en órbitas geoestacionarias. Con esta órbita el satélite se puede sincronizar con la órbita terrestre y mantenerse sobre un lugar en concreto.

Los satélites varían abundantemente en características como en funciones. Su peso varía entre los 50 kg. y los 2,000 kg. Su tiempo de vida útil varía de 1.5 años a 10 años. Uno de los aspectos más interesantes de los satélites es la increíble cantidad de estos que giran alrededor de la tierra. Un satélite está compuesto fundamentalmente por un cuerpo o cilindro, donde se alberga todos sus equipos de control no solo de comunicaciones, sino también de control de navegación. A forma de brazos, se hallan a los lados del cilindro, los paneles solares, siempre dirigidos hacia la luz del sol, fuente de energía para el satélite y todas las funciones que debe cumplir.

Las estaciones terrestres son la parte del sistema que se halla en tierra, y realmente existe una amplia gama de las mismas. Por lo general se clasifican de acuerdo al tamaño de su antena en tres tipos: de 30 m. de diámetro de reflector parabólico, de 20 m. de diámetro de reflector parabólico y de 11 m. de diámetro de reflector parabólico. Es evidente que mientras mayor sea el diámetro de la antena, tanto mejor es la capacidad de transmisión y recepción de la estación terrena. La mayor parte de las comunicaciones a través de las estaciones terrenas tienen que ver con transmisiones de voz y video, aunque últimamente las comunicaciones de datos computacionales están tomando la vanguardia en todas partes del mundo.

Las estaciones terrestres disponen de los siguientes equipos:

- Multiplexores que pueden transmitir varias señales simultáneamente.
- Transeptotes (**transmisores/receptores**), capaces de enviar y recibir señales.
- Equipos de modulación y demodulación de frecuencias de radio (RF)
- Antenas parabólicas

La emisión-recepción de información a través de satélites, puede entenderse como un repetidor gigantesco de microondas, situado a miles de kilómetros de la tierra. La velocidad de la información cuando va y viene del satélite es la de la luz (30 0000 km/h). Las transmisiones hacia los satélites se denominan enlaces ascendentes (uplinks) y las transmisiones hacia las estaciones terrestres se denominan enlaces descendentes (downlinks).

La principal ventaja de la transmisión satelital es su enorme alcance, ya que permite una cobertura total del globo terráqueo, eliminando la barrera de los océanos, montañas e irregularidades geográficas. La transmisión satelital puede llegar a cualquier parte del planeta sin ningún problema. Adicionalmente, la transmisión satelital soporta un elevado número de comunicaciones simultáneas, lo que lo cataloga como uno de los medios de comunicaciones más popularizados.

Sin embargo, el satélite también tiene sus problemas, particularmente relacionados a condiciones atmosféricas deplorables que pueden dañar severamente la calidad final de las comunicaciones. Otro aspecto negativo es el tiempo, relativamente alto, que tardan los datos en subir y bajar del satélite, dada la elevada altura a la que los mismos se hallan. Por ejemplo, un bit que sube y baja del satélite, debe recorrer una distancia de aproximadamente 70000 Km, y si consideramos que la velocidad de propagación en el espacio es de aproximadamente la velocidad de la luz, tenemos que un bit ha de demorar 70000/300000 segundos, dando como resultado, 0.23 segundos. Un byte asincrónico está compuesto por 10 bits, lo que resulta en 2.3 segundos por byte, ni pensar en el tiempo de transmisión de 1 Mb o peor 1 Gb. Estos retardos pueden acarrear problemas en ciertas transmisiones de datos para las que el tiempo sea un factor crítico. Afortunadamente, en la actualidad se están lanzando al espacio satélites de órbita baja, que se encuentran a distancias mas cortas del medio terrestre, con lo cual se agilizan considerablemente los tiempos de respuesta entre el satélite y las estaciones terrestres.

Esto, sumado a que los procesos de transmisión por satélite están mejorando gracias a técnicas como la multiplexación de frecuencias y diversos tipos de compresión de información, esta logrando eliminar los retrasos tan altos en la transmisión por vía satélite.

e) COMUNICACIÓN LUMINOSA

Las transmisiones de luminosas operan mediante líneas de visión, así que la fuente y el receptor deben estar apuntando o enfocando una al otro, del mismo modo en que se hace con el mando a distancia de una televisión. Hay que tomar en cuenta las posibles obstrucciones del entorno, debido a que las transmisiones de luz infrarroja son sensibles a la fuerte luz de las ventanas u otras fuentes, podrían hacerse necesarios los sistemas que produzcan emisiones de alta intensidad. El rango de velocidad de transmisión alcanzado por este medio es de 10 MHz, aproximadamente. Existen dos opciones, por medio de láser o por luz infrarroja

1.3.1 COBRE (MULTIPAR, UTP, STP)

El cable de cobre, comúnmente conocido como **CABLE DE PAR TRENZADO**, es actualmente el medio de transmisión más comúnmente difundido, solo superado en cuanto a funcionalidad por la fibra óptica. En 1881, *Alexander Graham Bell* patentó el cable de cobre de pares trenzados que, durante 100 años, se usó casi exclusivamente para transportar señales analógicas de voz, llegando a ser el medio tradicional utilizado en las redes telefónicas de todo el mundo, gracias a que puede alcanzar distancias de varios kilómetros sin necesidad de amplificar las señales. Con el paso del tiempo, este cable entró también al mercado de las redes locales de computadoras. Durante los últimos 15 años, sin embargo, el diseño de este tipo de cable ha sufrido notables evoluciones hasta el punto de que, en el momento actual ha alcanzado todavía una mayor difusión, no solamente en telefonía, sino como soporte de redes locales y de amplio alcance que requieran de una alta velocidad de transmisión para soportar aplicaciones multimedia (transmisión de datos, voz y video). Esta adaptabilidad responde al hecho de que el cable de par trenzado ha contado con mejoras considerables en cuanto a su fabricación, gracias a lo cual se han originado hasta la fecha cinco categorías distintas de cable, cada una de las cuales tiene un objetivo específico de aplicación. Hoy en día, el mercado pretende utilizar en la medida de lo posible los sistemas de cableado de Categoría 5 actuales para soportar aplicaciones que requieren de amplio ancho de banda, tales como GigaBit Ethernet, ATM (Asíncrono Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono, etc.).



Figura 6: Cable de par trenzado

El cable de par trenzado consiste en un conjunto de alambres o hilos de cobre (normalmente de 1 milímetro de diámetro) rodeados por un aislante. Los alambres se encuentran trenzados por pares, de manera que cada par forma un circuito que puede transmitir datos, por esta razón son conocidos también como **CABLES MULTIPAR**. La forma helicoidal de los cables (el trenzado) se utiliza para reducir las interferencias eléctricas que pueden producir cables próximos y agentes externos. El trenzado debe mantenerse durante todo el recorrido del cable entre los puntos extremos de la conexión.

Todos los cables de par trenzado deben de ser codificados con bandas de color que les permitan diferenciarse unos de otros para una adecuada y fácil instalación. Dichos colores de aislamiento están normalizados a fin de la manipulación de cables por grandes cantidades. Los cables se trenzan de a pares de acuerdo al color que le corresponda a cada uno de ellos. Es importante notar que cada uno de los pares tiene un color diferente, pero a su vez, cada par tiene un cable de un color específico y otro blanco con algunas franjas del color de su par.

No. PAR	COLOR CONDUCTOR	
	No. 1	No. 2
1	Blanco	Azul
2	Blanco	Anaranjado
3	Blanco	Verde
4	Blanco	Café
5	Blanco	Gris
6	Rojo	Azul

Tabla 3: Estandarización de colores para el cable de par trenzado

Para el reemplazo de eventuales pares defectuosos se colocan pares de reserva en cables que tengan 100 o más pares. Estos se deberán ubicar en la parte más externa del cable y su número no puede ser mayor al 1% de la cantidad total de pares del cable.

El blindaje exterior de estos cables consiste en una cinta de material aislante, resistente a la humedad, la cual puede estar construido con dos tipos de materiales distintos. La mayoría se construyen con *cloruro de polivinilo* o **PVC**. Aunque también existen otros tipos de cable plenum especial, aislados mediante un material llamado *Fluoropolimero* o **FRD** (como el teflón de Dupont). El FRD se corre en ductos de aire forzado como una alternativa a los ductos de cables. El cable PVC se corre en el cielo abierto o por conductos en ductos de aire forzado. Ambos tipos de cables tienen características bajas de humo/llama. Además, es importante el proceso de presurización durante la fabricación de los cables, mediante el cual se introduce al interior de los cables un gas seco, a efectos de eliminar la humedad del interior (esto tan solo para los cables que poseen más de 50 pares).

TIPOS DE CABLE DE PAR TRENZADO

Los cables de par trenzado pueden ser de los siguientes tipos:

- UTP (Unshield Twisted Pair - Par Trenzado sin blindar, o sin pantalla).
- STP (Shielded Twisted Pair - Par Trenzado blindado, o con pantalla individual).
- FTP (Foiled Twisted Pair - Par trenzado apantallado globalmente)

PAR TRENZADO NO APANTALLADO (UTP)

El UTP es sin duda el cable de cobre más aceptado, gracias a su costo accesible, su manejo sencillo y su fácil instalación comparado con los demás cables trenzados blindados (STP y FTP). Sus dos alambres de cobre torcidos aislados con plástico PVC, han demostrado un buen desempeño en las aplicaciones de hoy.



Figura 6: Cable UTP

El cable UTP nació para transmitir señales de baja frecuencia (voz), como las señales telefónicas, que se encuentran en los rangos de hasta 100 KHz. Posteriormente, su desarrollo le permitió tener las condiciones necesarias para la transmisión de altas frecuencias (100 Mhz).

Sin embargo a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente, provocadas por equipos electrónicos y de comunicación adyacentes (teléfonos celulares, inalámbricos, radiolocalizadores, radio AM/FM, cables contiguos, etc.) y por las descargas eléctricas naturales o rayos, lo cual ocasionara la pérdida de datos y discontinuidad del flujo de información, así como colisiones en la red.

El conector utilizado por los cables de par trenzado sin apantallar es el RJ-11, para los cables con 4 y 6 hilos, y el RJ-45 para el resto de los cables. El RJ-45 se trata de un conector muy fácil de implementar, además de ser muy seguro gracias al mecanismo de enganche que posee, mismo que mantiene al cable firmemente ajustado a los dispositivos, no como en el cable coaxial, donde permanentemente se presentan fallas en la conexión.

Existen 2 tipos de conectores RJ-45, que son el T568A y el T568B, los cuales se muestran a continuación.

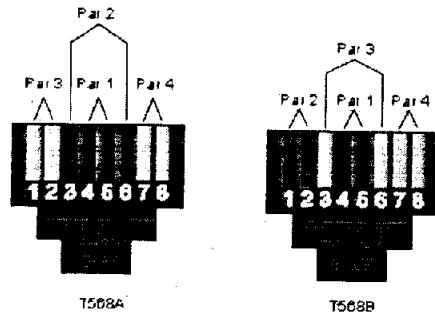


Figura 7: Conectores RJ-45 T568A y RJ-45 T568B

PAR TRENZADO APANTALLADO (STP)

El cable STP fue desarrollado para la transmisión de datos, y consiste en un cable con un blindaje individual por cada par, más un blindaje general que envuelve a todos los pares, generalmente una malla de cobre, la cual, debidamente aterrizada, ofrece mayor protección ante las interferencias electromagnéticas.

El STP es un cable excelente para la transmisión de información gracias a sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas. Sin embargo presenta el inconveniente de ser un cable robusto, pues debido a su cubierta de metal, se vuelve más grueso y por lo tanto, difícil de introducir en ductos. Además de su dificultad de manejo, su costo es casi siempre mucho mayor al del UTP, y debido a esto no se ha convertido en un cable tan popular como este.

El conector utilizado por los cables de par trenzado con pantalla, es el RJ-49.

PAR TRENZADO APANTALLADO GLOBALMENTE (FTP)

El FTP es un cable UTP cubierto por una pantalla de aluminio y un alambre de sistema. Este blindaje especial que envuelve a los pares de alambres, está diseñado para brindarles una mayor protección en contra de las emisiones electromagnéticas del exterior. El cable FTP permite, sin ningún problema, la transmisión de datos a altas velocidades (hasta 100 Mhz.).

El cable FTP es relativamente nuevo, y representa una valiosa alternativa a los cables UTP y STP que eran las únicas dos opciones existentes para cables de par trenzado. Este cable ha tenido una amplia aceptación, pues hasta la fecha se ha instalado en 33 países de Europa y América Latina. En México ya existen sistemas de cableado estructurado con cables FTP. La norma internacional ISO recomienda a FTP para la transmisión de datos y al UTP para la telefonía. Este cable tiene un precio intermedio entre el UTP y STP y requiere ser instalado por personal calificado.

De acuerdo con las estimaciones sobre el mercado mundial de sistemas de cableado, podemos observar como los sistemas apantallados, quizá debido a la dificultad de su instalación, no han tenido una gran aceptación hasta la fecha, como se deduce de varios estudios para determinar como se comporta el mercado global de cableado; dichos estudios reportan que el mercado se encuentra repartido de la siguiente manera: 64 % para UTP, 7 por ciento para STP y 7 por ciento FTP (la otra parte del mercado se encuentra repartida entre la fibra óptica con un 16 %, y el cable coaxial con solamente 6 %). Este hecho confirma que si bien en los últimos años ha habido una fuerte controversia sobre las ventajas e inconvenientes del apantallamiento, ésta ha respondido fundamentalmente a fines comerciales y no a claras razones técnicas.

CLASIFICACION DE LOS CABLES DE PAR TRENZADO

La EIA/TIA (*Electronics Industries Association / Telecommunication Industry Association*) en su norma 568-A (Estándar de cableado estructurado para edificios comerciales), ha clasificado al cable de par trenzado en varias categorías dependiendo de sus características particulares.

Aunque existe la creencia de que estas categorías están diseñadas exclusivamente para los cables UTP (sin pantalla), en realidad el estándar EIA/TIA 568-A admite diversos tipos de medios de transmisión, apantallados o no, siempre que estos satisfagan los requisitos necesarios. Dichas categorías son:

- **CATEGORÍA 1** - Se trata del clásico cable diseñado especialmente para redes telefónicas. No es adecuado para la transmisión de datos. *
- **CATEGORÍA 2** - Empleado para transmisión de voz y datos con baja velocidad (4 Mhz) *
 - * Estas dos categorías se encuentran actualmente en desuso. Ya no son recomendados para las nuevas aplicaciones de cableado estructurado, pues no cumplen con los requerimientos de la norma 568 de la EIA/TIA
- **CATEGORÍA 3** - Se utiliza en aplicaciones de redes locales, alcanzando velocidades de transmisión de datos mayores a los 10 MHz, y hasta los 16 Mhz. Se utiliza también para aplicaciones de voz. Se usa típicamente en redes 10BASE-T y Token Ring.
- **CATEGORÍA 4** - Se utiliza en redes locales y en redes de área amplia que utilizan velocidades de datos que llegan hasta los 16 MHz. Se siguen utilizando en aplicaciones de voz. Esta categoría presenta cualidades de alto rechazo de diafonía y de baja atenuación para el desempeño de datos de alta velocidad. Los productos de la categoría 4 cumplen con todas las especificaciones aplicables a las categorías 1, 2 y 3, así como también los estándares propuestos para cables de baja pérdida. Estos cables son mejor usados en redes Token Ring de UTP de 16 Mbps y proveen alguna flexibilidad para mejoras futuras.
- **CATEGORÍA 5** - Usado frecuentemente en aplicaciones de Redes de Área Local (LAN's) de velocidades extremadamente altas, en aplicaciones de voz a velocidades de hasta 100 MHz, o más, y para aplicaciones de Redes de Alcance Extendido (WAN's). En general, se recomienda el uso de este cable en instalaciones de redes donde velocidades inferiores pudieran dar lugar a velocidades mayores en un futuro previsto.

El nivel estandarizado mas alto de un cable actualmente es el de categoría 5, sin embargo es importante aclarar que ya se esta trabajando en categorías de cables que puedan alcanzar mayores velocidades. Los cables de **CATEGORÍA 6** y **CATEGORÍA 7 (GigaSPEED)** soportaran aplicaciones que requieren de gran ancho de banda, como GIGABIT ETHERNET, ATM a 1.2 y 2.4 GHz, así como los 77 canales (550 MHz) de video analógico de banda ancha. Sin embargo, los estándares de la industria para cables GigaSPEED aun no se encuentran perfectamente definidos, aun y cuando se habla de que para 1999 comenzaran a salir al mercado productos para la categoría 6 y para el 2000, productos para la categoría 7. Se espera que el cable de categoría 6 tenga un ancho de banda entre 200 y 250 MHz, mientras que el cable de categoría 7 posiblemente alcance a operar hasta los 600 MHz.

1.3.2 CABLE COAXIAL

El cable coaxial es un medio de transmisión basado en un alambre de cobre de aproximadamente 5 milímetros de diámetro (conector central), rodeado por un conductor cilíndrico externo y hueco de material aislante: el aislante está cubierto por una pantalla de material conductor, que según el tipo de cable y su calidad, puede estar formada por una o dos mallas de cobre, un papel de aluminio, o ambos. Entre ambos conductores existe un aislamiento de polietileno compacto o espumoso, denominado dieléctrico. Finalmente, y de forma externa, existe un aislamiento compuesta por PVC o Policloruro de Vinilo. El material dieléctrico define la de forma importante la capacidad del cable coaxial en cuanto a velocidad de transmisión por el mismo se refiere.

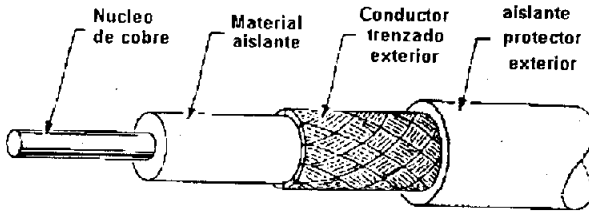


Figura 8: Cable Coaxial

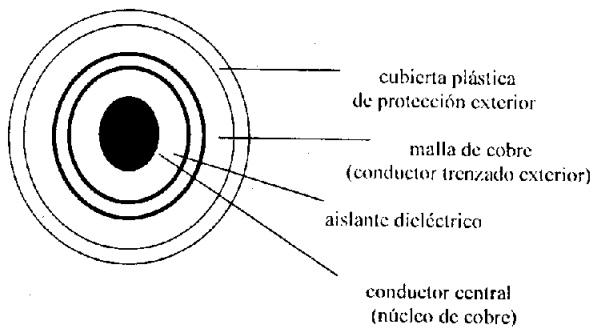


Figura 9: Corte transversal de un Cable Coaxial

El conector utilizado por el cable coaxial es el llamado **BNC** (*British National Conector - Conector Nacional Británico*). Existen diversos tipos de los mismos, como se muestra en la figura. Cada porción de cable entre dos dispositivos debe tener un conector BNC macho y uno hembra. Actualmente existen diversos tipos de conectores según la forma de conexión que tiene el cable coaxial, algunos de ellos son por presión, otros por inserción de púas, a tornillos, etc. La elección corresponde a la comodidad de cada persona.

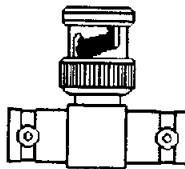


Figura 10: Conector BNC

Los cables coaxiales necesitan en sus extremos finales terminadores (resistencias) para que las señales no sigan atravesando la red una vez que han recorrido el cable. Otro elemento importante en una red conectada por cable coaxial, son los terminadores. Estos dispositivos se conectan en cada uno de los extremos de la red, tal como si se tratase de una tubería de agua. Su objetivo es el de proveer la resistencia necesaria en cada uno de los extremos, aspecto que es empleado por el protocolo de red para ciertas operaciones.

Es importante notar que hoy en día las redes de computadoras que emplean cable coaxial han quedado desplazadas por el cable de par trenzado (UTP, STP, FTP) en muchos sentidos, particularmente por la seguridad de la topología del cable de par trenzado, que evita los frecuentes problemas que presenta el cable coaxial al perderse la señal por algún conector en mala posición. En el pasado, el cable coaxial permitió una transmisión más alta que el cable de par trenzado (10 Mbps), aunque las recientes técnicas de transmisión sobre par trenzado superan por mucho la velocidad de transmisión por cable coaxial. Sin embargo, el coaxial llegó a ser por mucho tiempo el tipo de cable más utilizado, pues se le consideraba el medio tradicional de transmisión en redes basadas en Ethernet y Arcnet, pero la utilización de par trenzado y fibra óptica sobre este tipo de redes es ahora más común. Incluso se considera un esquema obsoleto de cableado en entornos de oficina extensos y redes de altas velocidades, si tomamos en cuenta que la nueva normativa de sistemas de cableado estructurado requiere la utilización de par trenzado de categoría 5 con velocidades que alcanzan los 100 Mbits/s, es decir, 10 veces la velocidad de transmisión que puede llegar a alcanzar el cable coaxial.

• TIPOS DE CABLE COAXIAL

Los cables coaxiales se dividen en dos grupos, los cuales son:

1) CABLE COAXIAL DE BANDA ANGOSTA (BASEBAND)

- a) Cable coaxial delgado
- b) Cable coaxial grueso

2) CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA (BROADBAND)

Existen básicamente dos tipos de cable coaxial. El primero denominado de **BANDA ANGOSTA (BASEBAND)**, que es el que normalmente se emplea en redes de computadoras, y que posee una resistencia de 50 ohms, por el que fluyen señales digitales, al contrario que su pariente más cercano, el cable coaxial de banda ancha. El cable de **BANDA ANCHA (BROADBAND)**, que posee una resistencia de 75 ohms, normalmente sirve para transportar señales analógicas, permitiendo la transmisión de gran cantidad de información por varias frecuencias, y su uso más común es la televisión por cable. Por cierto que en muchos países del mundo, esta red tendida sobre las ciudades ha permitido a muchos usuarios de Internet tener un nuevo tipo de acceso a la red, para lo cual existe en el mercado una gran cantidad de dispositivos, incluyendo módems para CATV.

COAXIAL DELGADO

Características:

- La distancia mínima entre un nodo y otro es de 0.5 m.
- Soporta un máximo de 30 nodos por segmento.
- Un segmento soporta como máximo 185 m. de extremo a extremo.
- En cada extremo se conectan terminadores de 50 ohms.

COAXIAL GRUESO

Características:

- Cuenta con un alambre de cobre con un diámetro de 10 mm.
- Impedancia de 50 ohms.
- Le pueden afectar interferencias externas, por lo que tiene que estar apantallado para reducir interferencias
- Puede actuar como una antena conforme aumenta la distancia, captando ruidos e interferencias de motores, transmisores de radio y otra fuente de potencia eléctrica. de esta forma pueden distorsionarse las señales que transporte
- Tiene problemas con las conexiones a tierra
- Límite señales que pueden ser captadas por personas no deseadas
- En cada extremo se tienen terminadores de 50 ohms
- Distancia mínima entre nodos de 2.5 m.
- Soporta un máximo de 100 nodos
- Existen mas de 150 variedades de Cable Coaxial
- Utiliza para su interconexión conectores tipo "T"

CABLE COAXIAL DE BANDA ANCHA

Este cable, de 75 ohms de resistencia, normalmente empleado para la transmisión analógica de información (comúnmente señales de televisión por cable), también se emplea para interconectar ordenadores, aunque esto requiera el uso de dispositivos para convertir la señal analógica a digital o viceversa. En función de estos dispositivos, con un cable típico de 300 MHz podemos tener velocidades de 150 Mbps. En este tipo de cable, se asignan canales para la transmisión de información con un ancho de banda determinado, así podemos usar la capacidad del cable para varias transmisiones.

Características:

- Es el mismo utilizado en el CATV (Televisión por cable)
- Utiliza modulación por división de frecuencia (FDM)
- Se combinan datos, voz y video simultáneamente
- Se permite voz y video en tiempo real
- La señal en el cable viaja en forma analógica de radio frecuencia (RF) y por lo tanto los datos deben estar modulados antes de la transmisión utilizando un módem RF
- Todas las señales se transmiten en modo Half Duplex, pero usando dos canales se obtiene Full Duplex
- Se utilizan amplificadores y no repetidores
- Se pueden conectar hasta 25.000 dispositivos con un alcance de 5 Km
- Capacidad del canal de 500 Mbps.
- Mejor inmunidad a los ruidos que el cable Baseband

1. 3. 3 FIBRA OPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión de señales ópticas, es decir, que es capaz de conducir pulsos luminosos a lo largo de grandes distancias. Fue desarrollado a finales de los años 70's, y presenta varias ventajas sobre sus contrapartes, los cables de cobre, ya que al ser pulsos luminosos los que se transmiten y reciben, la comunicación es inmune a interferencias eléctricas y magnéticas.

Su ventaja principal sobre los cables de cobre son las ganancias tremendas en ancho de banda y en velocidad de transmisión digital, que las fibras ópticas han llegado a alcanzar. Respecto a atenuaciones producidas dentro de otros medios de transmisión, la fibra óptica presenta niveles de atenuación realmente bajos, que permiten transmitir luz por varios kilómetros sin necesidad de regenerar la señal usando repetidores.

Los retardos en las transmisiones de señales eléctricas se deben muchas veces a la cantidad de resistencia que oponen las ondas electromagnéticas mientras son transportadas a través de los cables y circuitos, cosa que no sucede con los pulsos luminosos. Asimismo, pueden coexistir en un mismo cable datos, voz y vídeo. Esto permite a la fibra óptica ser un medio muy efectivo para infinidad de aplicaciones, como por ejemplo la red **FDDI** (*Fiber Data Distributed Interface - Interface de Datos Distribuidos por Fibra*), la cual está diseñada totalmente sobre una base de fibra óptica; otras aplicaciones de la fibra óptica son: la telefonía digital, las redes locales de alta velocidad, las redes de área extensa, la videoconferencia, etc. Sin duda, todos los tipos de redes que emplean algún tipo de cableado, apuntan hacia la fibra óptica, en cualquiera de sus aplicaciones prácticas

La fibra óptica consiste en un filamento central muy fino de vidrio o plástico, aproximadamente del grosor de un cabello humano, y que estará cubierto por revestimientos primarios y secundarios, que lo protegerán de los factores externos que pudieran causarle algún daño en su interior.

Cada fibra provee un camino de transmisión único e independiente de extremo a extremo (unidireccional). Para lograr una transmisión bidireccional, es decir, en los dos sentidos se requiere de la utilización de dos fibras (una fibra por dirección), y en general, los cables de fibra normalmente poseen un gran conjunto de fibras en su interior.



Figura 11: Cable de Fibra Óptica

Los pulsos de luz se introducen en un extremo, gracias a un **diodo emisor de luz (LED)** o a un emisor de rayos láser, generalmente esta luz es de tipo infrarrojo y no es visible al ojo humano. La modulación de esta luz permite transmitir información tal como lo hacen los medios eléctricos (la reflexión que presentaran dichos pulsos luminosos será la manera en que se transmitirá la información).

ESTRUCTURA DEL CABLE DE FIBRA OPTICA

Básicamente, la fibra óptica se compone de dos elementos muy importantes, uno denominado **NÚCLEO (CORE)**, y otro denominado **REVESTIMIENTO (CLAD)**. El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la **reflexión** interna total: la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre el revestimiento, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Estas reflexiones ocurren debido a la diferencia de **índices de refracción** entre el núcleo y el revestimiento. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces.

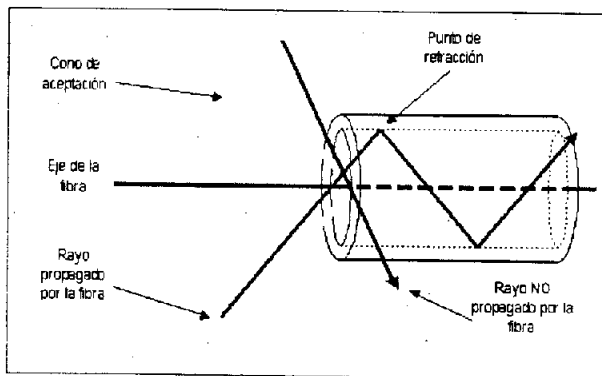


Figura 12: Cono de aceptación en Fibras Ópticas

El **núcleo** consiste en un hilo extremadamente fino, con un diámetro aproximado de 125 micras (casi del mismo grosor que un cabello humano). El núcleo se encuentra en la parte central de la fibra y será el encargado de actuar como guía o conductor de la luz dialéctica. El núcleo debe estar construido con vidrio de alta pureza, generalmente cristal de silicio (para fibras de pérdida media y baja), o en base a un material de plástico transparente (para fibras de pérdidas altas), con el fin de que posea un índice de refracción alto y uniforme que evite las desviaciones, ya que se ha demostrado que las ondas electromagnéticas que conforman la luz tienden a viajar a través de una región que posee un índice de refracción alto.

Ahora que ya tenemos el núcleo, y con el fin de retener la luz dentro de él, necesitamos recubrirlo con alguna clase de material de un índice de refracción menor. Este **revestimiento** hecho de vidrio, y que rodea al núcleo, tiene como principal función reflejar toda la luz hacia el núcleo como una especie de espejo (las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el revestimiento). Debido a la diferencia de índices de refracción del núcleo y del recubrimiento, la luz introducida al interior de la fibra se mantiene y propaga a través del núcleo. Se produce por ende el efecto denominado **refracción total**.

Los rayos de luz pueden entrar a la fibra óptica si el rayo está contenido dentro de un cierto ángulo denominado **cono de aceptación**. Un rayo de luz puede perfectamente no ser transportado por la fibra óptica si no cumple con el requisito del cono de aceptación, el cual está directamente asociado a los materiales con los cuales se construye la fibra óptica.

Como la fibra óptica es extremadamente delicada, se les debe de proporcionar un medio de protección para hacerlas resistentes a la tensión, humedad, temperatura y agentes externos, así como para darles un tamaño adecuado, durabilidad y flexibilidad. Dichos elementos protectores, que constituyen el cable para fibra óptica son:

- **Elementos de relleno** - Son tubos de diversos materiales, similares a los utilizados para albergar las fibras y que se emplean para rellenar los espacios vacíos dentro del cable, protegiendo así a las fibras de la humedad y de sustancias corrosivas rellenar los espacios vacíos del núcleo. Pueden ser alambres de acero, fibras textiles de plástico (nylon, dacron o kevlar), fibras de vidrio y fibras de carbón.
- **Compuestos de relleno** - El cable está relleno de un compuesto hidrófugo, normalmente petrolato, que se dispondrá en los espacios vacíos del núcleo y entre éste y la cubierta.
- **Tubos de plástico (cubierta secundaria)** - Dentro de estos tubos de material plástico se coloca cada fibra individualmente antes de que se introduzca en el cable. Este material añade más fortaleza a la fibra y mecánicamente aísla o pule las fibras de pequeña irregularidades geométricas, distorsiones o rugosidades de superficies adyacentes. Existen dos tipos de tubos: de ajuste apretado y holgados.
- **Camisa protectora (cubierta exterior)** - Es el recubrimiento externo que sirve como una protección primaria de la fibra de polvo, humedad, rayos solares, golpes, temperatura extrema, etc. Además, proporciona la rigidez necesaria para el manejo del cable. Puede ser de polietileno, poliuretano, cloruro de polivinilo (PVC) o tefzel.

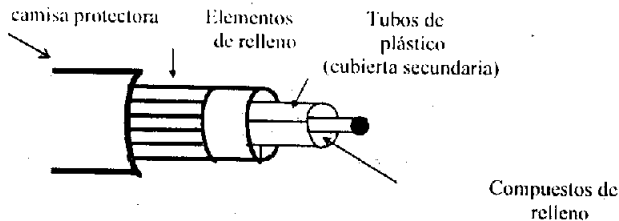


Figura 13: Elementos de protección del cable de fibra óptica

Las fibras ópticas se agrupan para formar cables ópticos de 2, 4, 6, 128, 144 o 900 fibras, cada una de las cuales es un canal de comunicación independiente. En realidad el número de fibras ópticas que puede tener el cable, es decir, su capacidad, será variable y dependerá del tipo de cable y de la aplicación necesaria.

Existen *cables ópticos multifibras* y *cables ópticos monofibra*.

Los cables multifibra presentan en el exterior de la cubierta la siguiente información a manera de identificación (la identificación está grabada o impresa, con tinta indeleble blanca o amarilla):

- Nombre del fabricante (siglas)
- Año de fabricación (últimas 2 cifras)
- Número de fibras ópticas (por ejemplo: 2 Fibras Ópticas)

- Tipo de fibra:
 - Monomodo (número 10).
 - Multimodo (número 50).
 - Monomodo en cinta (10/CINTA).

- Metraje (excepto en el cable de acometida).

Los cables monofibra presentan en el exterior de la cubierta una inscripción grabada o impresa con tinta indeleble negra, indicando el nombre del fabricante (siglas) y el año de fabricación (los últimos 2 dígitos).

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE FIBRA OPTICA

Los principales elementos de un sistema de comunicación óptico son:

- Equipo transmisor terminal
 - Señal de entrada
 - Repetidor
 - Foto emisor de luz

- Medio de transmisión
 - Cable de fibra óptica
 - Conectores y empalmes

- Equipo receptor terminal
 - Foto detector de luz
 - Repetidor
 - Señal de salida

1) EQUIPO TRANSMISOR TERMINAL

Será la unidad encargada de enviar la información hacia el receptor, convirtiendo las ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa, por ello se le considera como el componente activo de este proceso. Puede ser conectada y desconectada muy rápidamente y/o modulada digitalmente por algún tipo de señales que representen información.

Este equipo transmisor esta formado por una fuente emisora de luz y en ocasiones, por repetidores, pues, aunque en baja escala, la señal que se transmite por la fibra óptica es atenuada, y a fin de que la señal no se convierta en imperceptible, se deben instalar repetidores en sistemas que cubran grandes distancias, los cuales son necesarios para amplificar periódicamente y reforzar la señal cuando el enlace abarca muy largas distancias.

El **FOTO EMISOR DE LUZ** será el encargado de generar las señales ópticas que convierten la señal eléctrica a luminosa. Puede ser de dos tipos distintos:

- **LED (Diodo emisor de luz, Light Emitting Diode)**. Los diodos emisores de luz son utilizados en transmisiones de baja velocidad y enlaces relativamente cortos.
- **ILDS (Diodo de inyección láser, Injection Laser Diode)**. Estos diodos de inyección **LASER (Light Amplification Stimulated Radiations)** son utilizados en transmisiones de alta velocidad y enlaces largos.

Los diodos emisores de luz y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida de luz puede ser modulada rápidamente variando simplemente su corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

El fenómeno de dispersión es menos acentuado si se utiliza un láser, por tanto, éste permite obtener una potencia óptica superior a la de los LED's, lo cual la vuelve indispensable para transmisiones en largas distancias, aunque su costo es alto. Además, la vida útil de un láser es superior a la de un diodo electroluminiscente. Sin embargo, la utilización de los LED's es necesaria en el caso de la fibra monomodo.

Las señales de entrada eléctricas al equipo transmisor pueden ser ya sea analógicas o digitales. El conjunto de circuitos del transmisor convierte estas señales eléctricas a una señal óptica variando el flujo de corriente a través del foto emisor de luz. Esta fuente óptica es un dispositivo de ley-cuadrada, lo cual significa que una variación lineal en la corriente de manejo resulta en un cambio lineal correspondiente en la potencia de salida óptica.

2) MEDIO DE TRANSMISION

El elemento que será el medio de transmisión en este sistema es el **CABLE DE FIBRA ÓPTICA**. Como ya se analizo anteriormente, el cable de fibra debe contar con un núcleo, una cubierta y un encapsulamiento, así como una pureza que le hagan fuerte y transparente a las frecuencias de luz que se van a utilizar. El cable de fibra debe poder ser empalmado y reparado cuando sea necesario y tener capacidad para llevar los rayos de luz a una distancia razonable antes de que una estación repetidora tenga que reamplificar la luz para hacer posible que ésta atraviese la distancia casi total en la cual debe viajar.

Después de que una señal óptica ha sido lanzada dentro de la fibra, dicha señal será progresivamente atenuada y distorsionada con el aumento de la distancia debido a esparcimiento, absorción y mecanismos de dispersión en la guía de onda del cable.

Los cables de fibra pueden conectarse entre sí de dos maneras:

- **Conexiones provisionales:** Se realizan por medio de **CONECTORES** o bornes que permiten múltiples conexiones y desconexiones.
- **Conexiones permanentes:** Son realizadas uniendo los extremos finales de cada fibra mediante soldadura, pegado, etc. Es la conexión mas utilizada, conocida también como **EMPALME**.

Los conectores deben de ser de una gran precisión, para evitar la atenuación de la luz.

En el caso de los empalmes, los núcleos de las fibras que se unen deben estar perfectamente alineados a fin de que no se produzcan excesivas pérdidas de energía luminosa. Existen dos métodos de empalmes. Los primeros son los *Empalmes por Fusión*, en la cual las dos fibras ópticas son calentadas hasta obtener el punto de fusión, y ambas quedan unidas. Este método siempre tiene una ligera pérdida de 0.2 dB. El segundo tipo es el *Empalme Mecánico*, en el cual, por elementos de sujeción mecánicos, las puntas adecuadamente cortadas de las fibras se unen, permitiendo el pasaje de la luz de una fibra a otras. La pérdida de información en este segundo caso, es ligeramente mayor al primer caso (de 0.5 dB).

También existen los *ACOPLADORES*, que son dispositivos que permiten distribuir la luz proveniente de una fibra hacia otras. Son dos tipos de acopladores los que existen: en T y en estrella. Los *acopladores en T* permiten distribuir la luz proveniente de una fibra, hacia dos salidas, por lo general una entra a una computadora, y la otra prosigue hacia las siguientes. Los *acopladores en estrella* permiten distribuir una sola entrada de información hacia muchas salidas. Estos últimos pueden ser de 3 a 40 puertos. Todo acoplador tiene una pérdida aproximada de 5 dB.

3) EQUIPO RECEPTOR TERMINAL

Este tercer elemento será el que recibirá las señales en forma de pulsos luminosos, enviados por el equipo transmisor.

Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en el otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en reconvertir la señal luminosa (rayos de luz) en energía electromagnética (voltajes y corrientes analógicas o digitales), similar a la señal original, de forma que la estación del usuario pueda separar y utilizar las señales de información que se habían transmitido. Análogo a la fuente de luz, el fotodetector es también un dispositivo de ley cuadrada, ya que convierte la potencia óptica recibida directamente en una corriente eléctrica de salida (fotocorriente).

Se distinguen dos tipos de receptores:

- Los diodos PIN (*Positive Intrinsic Negative*)
- Los diodos de avalancha o APD (*Avalanche Photo Diode*)

Los diodos tipo PIN y APD poseen una alta eficiencia en conversión de luz a electricidad necesaria, son de pequeño tamaño y además tienen una alta respuesta de salida y un tiempo de recuperación bastante rápido. Para aplicaciones en que una señal óptica de bajo poder es recibida, un fotodiodo de avalancha es utilizado normalmente, ya que este posee una mayor sensibilidad debido a un mecanismo de ganancia interno inherente (efecto de avalancha).

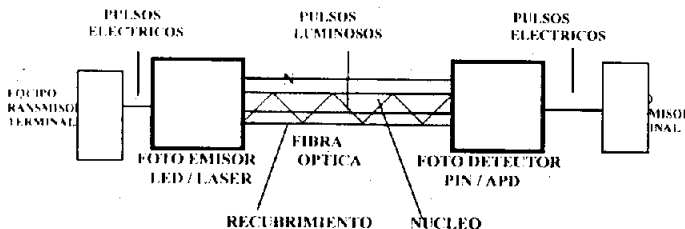


Figura 14: Sistema de Fibra Óptica

PARAMETROS DE LA FIBRA OPTICA

a) **APERTURA NUMERICA.**- La apertura numérica es un parámetro que indica el ángulo de aceptación de la luz en la fibra óptica. Este parámetro es muy importante porque una de las razones principales de pérdidas se debe a que se ha excedido la apertura numérica.

b) **ANCHO DE BANDA.**- Las fibras ópticas tienen un gran ancho de banda, que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal. de esta manera es considerable el ahorro en volumen en relación con los cables de cobre. Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10.000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los ductos y requiere de grandes volúmenes de material, lo que también eleva los costos. Originalmente, la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda; sin embargo, con el tiempo se ha planteado para un amplio rango de aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

c) **ATENUACION (Pérdidas en sistemas de fibra óptica).**- Cuando situamos energía luminosa dentro de una fibra óptica nos damos cuenta de que, inevitablemente, la energía luminosa se debilita a medida que va viajando. Las pérdidas que afectan la señal en una fibra óptica son debidas principalmente a la *absorción* (conversión de la luz en calor) y a la *dispersión*.

La *absorción* se debe principalmente a las impurezas del material, que absorben parte de la energía al paso de los rayos de luz. La absorción se divide en intrínseca y extrínseca. La *absorción intrínseca* se debe fundamentalmente a la composición del material de la fibra. La *absorción extrínseca* se debe a impurezas en el material (normalmente metales, aunque en ocasiones el agua actúa como un elemento de absorción extrínseca). La *dispersión* es un fenómeno que está asociado con la propagación multitrayectoria de la onda de luz en el proceso de transferencia de energía óptica a través de la fibra. Un pulso transmitido presenta un ensanchamiento debido a la naturaleza de multitrayectoria de propagación de la onda en una fibra, y puede ser de 0.3 ns/km a 10 ns/km, dependiendo del tipo de fibra. La dispersión es importante dados los efectos limitantes sobre el ancho de banda, y sus características dependen significativamente del proceso usado en la fabricación de la fibra.

TIPOS DE FIBRA OPTICA

Las fibras ópticas se clasifican en base a las formas en que se propagan a través del núcleo, los rayos de luz emitidos. En términos técnicos, los *modos de propagación* son los ángulos de incidencia (sobre el revestimiento), descritos por los rayos de luz. El "modo" está relacionado con el número y clase de las longitudes de onda que podrían propagarse a través del núcleo de una fibra óptica.

Existen tres tipos de fibras, que son: fibras multimodo de índice escalonado, fibras multimodo de índice gradual y las fibras monomodo.

1) FIBRAS MULTIMODO

Cuando se transmiten los rayos de luz a través de la fibra óptica existe un efecto llamado *mezcla de modos*, que tiene lugar en el interior de las propias fibras (aunque también puede tener lugar en los empalmes). Cuando los caminos de las diferentes frecuencias luminosas son distintos, los rayos tardan tiempos diferentes en viajar desde la entrada hasta la salida. En la mezcla de modos existe una cierta interacción entre los diversos modos (caminos), de tal manera que el tiempo que tardan todos los rayos en llegar a la salida tiende a ser un valor medio. Ello significa que los retardos tienden a equilibrarse y que todos los rayos tienden a llegar a la salida al mismo tiempo. En realidad no es posible reducir el retardo a cero, por lo que todavía existirán algunos retardos, aunque no serán tan perjudiciales como si no existiera este fenómeno de mezcla.

a) FIBRA MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO

En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado. Este tipo de fibras tienen un diámetro aproximado de 600 micras. Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio (con una atenuación de 30 dB/km), o de plástico (con una atenuación de 100 dB/km).

Si se considera un rayo luminoso que se propaga siguiendo el eje de la fibra y un rayo luminoso que debe avanzar por sucesivas reflexiones, ni que decir tiene que a la llegada, esta segunda señal acusará un retardo, que será tanto más apreciable cuanto más larga sea la fibra óptica. Esta dispersión es la principal limitación de las fibras multimodo de índice escalonado. Su utilización a menudo se limita a la transmisión de información a cortas distancias, algunas decenas de metros y flujos poco elevados. Alcanzan un ancho de banda de hasta 40 MHz por kilómetro. Su única ventaja reside en que son las fibras de precio más económico.

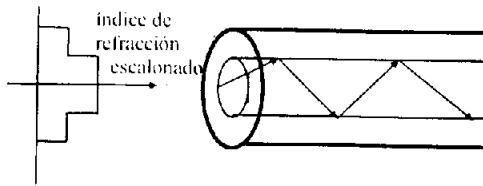


Figura 15: Fibra Multimodo de Índice Escalonado

b) FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADUAL

El núcleo tiene varios índices de refracción que hacen que la onda se refleje de forma gradual, logrando así que las pérdidas sean menores. Esto produce un efecto de espiral en todo rayo introducido en la fibra óptica, es decir, que todo rayo describirá una forma helicoidal a medida que vaya avanzando por la fibra.

Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, con lo cual se reduce la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra. Las fibras multimodo de índice gradual tienen un ancho de banda que puede sobrepasar los 500 MHz por kilómetro.

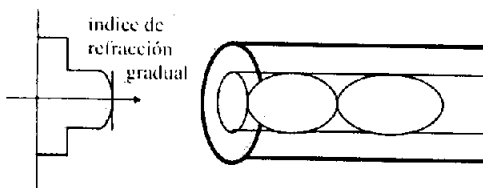


Figura 16: Fibra Multimodo de Índice Gradual

La fibra multimodo de índice gradual de tamaño 62.5 / 125 micras (diámetro del núcleo / diámetro del recubrimiento) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- Multimodo de índice escalonado 100/140 micras
- Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 micras
- Multimodo de índice de gradiente gradual 85/125 micras

2) FIBRAS MONOMODO

En este tipo de fibra, los rayos de luz transmitidos por la fibra viajan linealmente, debido a que el índice de refracción en el núcleo es constante. Solo se permite al haz de luz reflejarse en un solo modo (modo de propagación único), y gracias a esto las pérdidas son mucho menores.

Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unas 5 a 10 micras. Potencialmente, este último tipo de fibra ofrece la mayor capacidad de transporte de información, ya que alcanza un ancho de banda del orden de los 100 GHz/km. Sin embargo, su construcción es bastante más compleja.

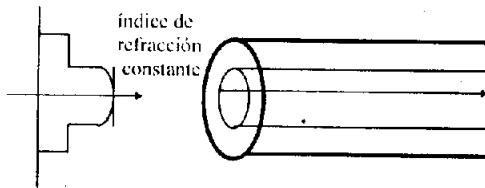


Figura 17: Fibra Óptica Monomodo

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

Entre las principales características y ventajas de la fibra óptica se pueden mencionar:

- Poseen una amplia capacidad de transmisión (gran ancho de banda), lo que permite flujos muy elevados, que alcanzan el del orden de Gigahertz. Con lo cual es posible el transporte de señales de datos, voz y vídeo de manera simultánea.
- Ofrecen altas velocidades de transmisión (más de 100 Mbps).
- Son compactas (de pequeño tamaño), por tanto ocupan poco espacio.
- Son de gran flexibilidad, ya que el radio de curvatura puede ser inferior a 1 cm, lo que facilita la instalación enormemente.
- Poseen una gran ligereza, el peso es del orden de algunos gramos por kilómetro, lo que resulta unas nueve veces menos que el de un cable convencional.
- Son inmunes a cualquier tipo de interferencias electromagnéticas, lo que implica una calidad de transmisión muy buena.
- Tienen un alto grado de confiabilidad, pues no existen retrasos en las transmisiones de las señales.

- No conducen señales eléctricas por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductivo y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión sin que se presenten problemas debido a los cortos circuitos.
- Poseen un grado de seguridad muy alto, ya que cualquier conexión no autorizada en una fibra óptica es fácilmente detectable debido al debilitamiento de la energía luminosa en recepción, lo cual es particularmente interesante para aplicaciones que requieren alto nivel de confidencialidad (Si se produce una conexión no autorizada, la línea fallara por que el sistema no estará ajustado a dicha conexión).
- Presenta apenas una pequeña atenuación, es decir que es capaz de transmitir señales a través de grandes distancias sin que estas pierdan su potencia durante varios kilómetros, lo cual permite utilizar solo ocasionalmente elementos activos intermedios (repetidores).
- Resistencia al calor, frío, corrosión, radiación, agentes químicos, etc.
- Facilidad para localizar los cortes gracias a un proceso basado en la telemetría, lo que permite detectar rápidamente el lugar y posterior reparación de la avería, simplificando la labor de mantenimiento.
- Se puede usar comúnmente en combinación con otros cables, como una conexión central entre los servidores y segmentos de red local.
- Se puede tender en ducterías eléctricas, de calefacción o aéreas.

Entre sus desventajas (que son mínimas), se pueden contar:

- Poseen un costo mucho mayor que sus contrapartes, los cables de cobre.
- No presentan difusión natural (se trata de un soporte unidireccional).
- No se pueden empalmar cables tan fácilmente para conectarlos a nuevos nodos.
- Equipos terminales aún demasiado costosos.

1.4 CODIGOS DE LINEA

CODIGOS DIGITALES

La información se desplaza de un lado a otro mediante códigos que son transmitidos utilizando señales. Por ejemplo, nosotros empleamos códigos sonoros, normalmente conocidos como palabras, transmitidos mediante señales de voz a través del aire, para permitir a la gente conocer lo que pensamos. De manera análoga, la información en la red se envía de un dispositivo a otro utilizando códigos de datos, denominados *tramas (frames)*, transmitidos mediante señales eléctricas a través de un medio como el cable de cobre, fibra óptica, etc.

Códigos más modernos utilizan caracteres de una misma longitud (*bits*) y que tienen el mismo número de caracteres en cada combinación (*palabra o byte*), de esta manera, definimos al bit como la división o parte más pequeña de la información binaria. Ejemplos de estos códigos digitales son: el código de 5 bits de J. M. E. Baudot (código CCITT-2), el cual tiene caracteres de control, adicionalmente a las letras, números y caracteres de puntuación. Este fue desarrollado específicamente para transmisión y recepción automática; El código ASCII (*código standard americano para intercambio de información*), es un código de 7 bits con un octavo bit a menudo adicionado por razones de paridad, y que es comúnmente utilizado para la transmisión de datos y comunicación de computadoras.

El código **BCD** (*código decimal codificado en binario*) usado en computadoras y sistemas de instrumentación y control, especialmente donde valores numéricos y cálculos son requeridos. Este es usado extensivamente cuando valores analógicos deben ser representados en forma digital (conversión analógica a digital): Otro ejemplo de código digital es el **EBCDIC** (*código de intercambio de decimal codificado en binario extendido*), un código de 8 bits utilizado como un código de comunicaciones.

La primera forma eléctrica de comunicaciones digitales fue probablemente la que inventó Samuel Morse para la transmisión de información a través de la red de telégrafo de los Estados Unidos en el siglo XIX. El código Morse es un ejemplo de código binario digital, porque usa combinaciones de caracteres largos y cortos (rayas y puntos) para distinguir las letras. Hay combinaciones de código Morse para las letras y los números, y para los símbolos de puntuación normalmente usados. Sin embargo, estas combinaciones no son de igual longitud.

Básicamente, existen dos clases de señales de información: las señales de datos y las señales de control. Las **señales de datos** son las señales que transportan los datos que contienen la información que se desea transmitir desde el punto de origen hasta su destino. Sin embargo, estas necesitan de otro tipo de señales que las guíen y se aseguren que ocurra una correcta transmisión, este es el objetivo de las **señales de control**, que son aquellas que indican a los datos donde ir y cuando. Casi todos los sistemas de telecomunicaciones se basan en las señales de control para establecer la conexión entre la parte emisora y la receptora, controlar el flujo de datos entre ambas partes (para indicar a los dispositivos cuando comenzar y cuando detener el envío de datos) y liberar la conexión una vez finalizada la llamada. Las señales de control también tienen otra función importante, que es la de comprobación de errores cuando se realiza una transmisión de datos; cuando la parte receptora detecta un error de transmisión solicita que los datos dañados sean reenviados otra vez, esto se logra a través de diferentes protocolos de detección de error.

SINCRONIA

a) Transmisión Asíncrona

La transmisión asíncrona es usada cuando los datos a ser transmitidos provienen de una fuente que los produce a intervalos aleatorios. Con esta forma de transmisión el receptor tiene que ser capaz de resincronizarse al inicio de cada nuevo carácter recibido, ya que el reloj del transmisor y del receptor es independiente y no está sincronizado.

En este tipo de transmisión las unidades de información, denominados **paquetes**, deben ser de tamaño fijo. Cada byte de información se transmite individualmente, acompañado de 2 o 3 dígitos binarios (bits), llamados de **arranque** (start), y de **parada** (stop), y son utilizados para sincronizar los equipos transmisor y receptor, permitiéndole al equipo receptor determinar el inicio y el fin de cada carácter recibido; esto es porque la base de tiempos entre el transmisor y el receptor es distinta, y sin estos bits de sincronía la transmisión estaría llena de errores debido a que el muestreo puede realizarse en instantes equivocados.

De esta manera, el paquete en la transmisión asíncrona quedara integrado por: un dígito binario de arranque (0), el carácter (generalmente 7 dígitos binarios de datos más un bit para chequeo de paridad) y 1 o 2 bits de parada (1). La **paridad** se agrega a menudo para proporcionar una cierta protección contra los errores que pudieran ocurrir en la conexión.

Estos bits extra son a menudo adicionados automáticamente a los datos por un circuito integrado llamado **UART** (*Un Transmisor/Receptor Asíncrono Universal*): el UART del receptor se encargara de validar solamente los datos que sean limitados por los dígitos binarios correctos de arranque y de parada.

Con el código ASCII de 7-bits todas las combinaciones de patrones de bit son usadas por los caracteres alfanuméricos, caracteres de control u otros símbolos. De este modo, la eficiencia de este código será del 100%.

Cuando un octavo bit es a menudo adicionado para chequeo de paridad para permitir que un error sea detectado, aunque este bit no lleva información, degradara un poco la eficiencia, la cual será aproximadamente del 88% ($7/8 \times 100\% = 87.5\%$).

Si un bit de inicio y dos bits de parada son adicionados, como es común con el formato ASCII para sistemas asíncronos, se tiene una reducción adicional en la eficiencia, la cual será ahora del 64% aproximadamente ($7/11 \times 100\% = 63.6\%$). Esto significa que solamente dos tercios del tiempo serán usados para transmitir información.

En realidad los caracteres de control asociados con el código ASCII no están verdaderamente transportando información. Esto adicionalmente reducirá la eficiencia. En aplicaciones donde una alta velocidad de transferencia de datos no es requerida, por ejemplo: comunicaciones entre un teclado y una PC, esta baja eficiencia no es significativa. Sin embargo, en una aplicación tal como la transmisión de grandes cantidades de datos a alta velocidad, una eficiencia de tan solo un poco mas del 50% será totalmente inaceptable.

La comunicación mediante conexiones asincronas es utilizada por lo regular para conseguir el acceso a una red usando un módem. La mayoría de las redes de área local y área amplia utilizan las conexiones sincronas.

b) Transmisión Sincrona

Una aplicación la cual transmite datos a una tasa regular, o a alta velocidad, utiliza un modo de transmisión sincrónico. Con esta forma de transmisión, una vez que el receptor es sincronizado al transmisor, el reloj de datos permanecerá en sincronismo para un período significativo de tiempo. Obviamente la sincronización debe ser establecida antes del inicio de la transmisión de datos, pero una vez que esta es lograda se mantiene por fijación del reloj del receptor a la base de tiempos de bit de los datos transmitidos. De este modo, los bits de inicio y de parada no son necesarios con la transmisión sincrónica.

Con este tipo de transmisión se envían unidades de información digital de tamaño variable conocidos como **tramas (frames)**. Cada trama es entonces transmitida como un sencillo flujo de bits, sin pausas entre caracteres, y que además requieren de cierto preámbulo o conjunto de bits para sincronizar el reloj del receptor con la información que esta arribando, sin embargo, como el largo de la trama de bits puede ser de varios cientos de bits, esta información de sincronización no es transmitida tan frecuentemente como para el caso asíncrono. La eficiencia es así considerablemente incrementada y toda la información es a gran velocidad.

Dos formas de sincronización son requeridas para que el receptor sea capaz de decodificar la información correctamente:

- Sincronización de bit
- Sincronización de trama

El receptor debe estar en sincronización de bit con los datos para que los bits de datos sean leídos en el tiempo correcto (idealmente en la mitad del periodo del bit). El receptor debe estar también en sincronismo de trama con los datos para que las tramas sean decodificadas correctamente.

En la transmisión sincrónica, el reloj del receptor se extrae de los datos, lo cual permite recuperar la sincronía entre el emisor y el receptor. Esto es conocido como recuperación del reloj de bit. Esta sincronía se puede obtener por medio de la codificación en los datos (codificación Manchester, AMI, HDDB5, etc.)

CODIGOS DE LINEA

Para que la interpretación de la información enviada por el transmisor sea la misma para el receptor, se requiere una base de tiempos mutua o una señal de reloj común. Como se vio anteriormente, al proceso de establecer una referencia común entre transmisor y receptor se denomina **SINCRONIZACION**.

En los enlaces de corta distancia la sincronización se establece a través de una línea o canal separado, específico para la temporización. Sin embargo, cuando las distancias entre transmisor y receptor son considerables, la implementación de canales dedicados para la sincronización no es posible. Entonces la temporización entre ambos puntos se hará posible incorporándose códigos autosincronizados a la propia señal de información. Dichos códigos son conocidos como **CODIGOS DE LINEA**.

El código de línea permite al receptor la comprobación periódica de la referencia de tiempo generada por el transmisor para reajustar su funcionamiento a través de la extracción de la señal de reloj de la señal de información.

Los códigos de línea se caracterizan por la existencia de transiciones regulares y periódicas del estado del canal (transiciones de niveles de tensión) a nivel de bit. Las transiciones se efectúan periódicamente a intervalos de tiempo igual a la duración de un bit para delimitar la existencia de estos. Los siguientes códigos digitales han sido clasificados por la polaridad de los niveles de tensión que presentan:

- **CODIGO UNIPOLAR** - Los estados lógicos representados a través de esta codificación corresponden a niveles de tensión con una sola polaridad (0 V y + V para dos estados lógicos).
- **CODIGO POLAR** - Los estados lógicos son diferenciados por el signo de los niveles de tensión que representan (+ V y - V para dos estados lógicos).
- **CODIGO BIPOLAR** - La señal se representa a través de la variación de la tensión entre tres niveles (+ V, 0 V y - V).

Los códigos de línea se caracterizan por ser códigos bipolares sin componente de corriente directa, dado que su valor de tensión medio durante un periodo suficientemente amplio es cero. El propósito de la implementación de códigos de línea es la adecuación de la señal digital al medio de transmisión a través de la modificación de las características de la señal. La adecuación de la señal al medio de transmisión consiste básicamente en los siguientes puntos: 1) Eliminación de la componente de corriente directa de la señal para su aplicación a los transformadores de acoplamiento de los repetidores regenerativos en el medio de transmisión; 2) Eliminación de grandes secuencias de ceros en la señal para evitar la pérdida de sincronización del receptor; 3) La adecuación del espectro de potencia de la señal para el mejoramiento de respuesta ante la atenuación y 4) Verificación y detección de errores en la señal.

1.4.1 CODIGO AMI

El **código AMI** (*Alternate Mark Inversion - Codificación Bipolar de Inversión de Marca Alternante*) es una técnica de codificación del reloj sincrónico que utiliza pulsos bipolares para representar los valores lógicos '1', por lo tanto es un sistema de tres niveles (+ V, 0, y - V). La principal característica de AMI es la inversión alternada de polaridad para los unos lógicos.

Un '0' lógico no es representado por ningún símbolo, por lo tanto representa una señal baja; un '1' lógico es representado por pulsos de polaridad alterna (positiva o negativa). El primer '1' lógico será de valor positivo, pero el siguiente '1' cambiara de polaridad a negativo, y así, cada que se vaya presentando un uno lógico la polaridad estará alternándose.

0 = ninguna señal en la línea

1 = nivel positivo o negativo, alternando para unos lógicos, sucesivos o no.

Por ejemplo, el modelo de dígitos binarios "10000110" codificado en AMI quedaría: "+0000-0", y estaría representado de la siguiente manera:

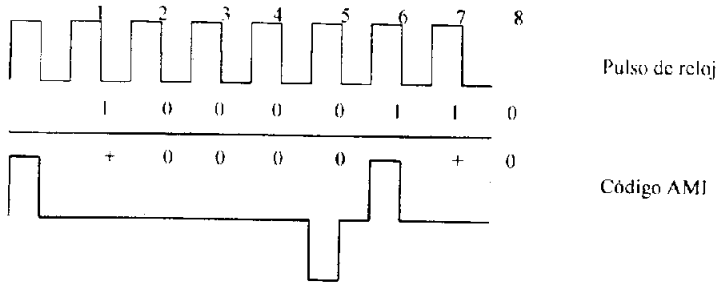


Figura 18: Representación del código AMI

La codificación que se alterna previene la acumulación de un nivel voltaico de corriente directa abajo del cable. Esto se considera una ventaja puesto que el cable se puede utilizar para llevar una corriente pequeña de CD para accionar el equipo intermedio, tal como repetidores de la línea.

El formato de datos AMI es muy eficiente, sin embargo presenta un problema cuando en la transmisión existen largas cadenas de ceros consecutivos. Para estas cadenas de ceros no habrá transiciones de nivel en los datos. Esto significa que el receptor no recibirá señal de control por largos períodos y la sincronización correrá el peligro de perderse, dando como resultado corrupción de la información.

1.4.2 CODIGO HDB3

Debido a la necesidad de evitar la transmisión de grandes secuencias de ceros que provocan la pérdida de las referencias de tiempo del receptor con respecto al transmisor y la imposibilidad del código AMI y de otros códigos de línea (NRZ, RZ o ADI) de evitar este defecto, los sistemas de transmisión digital utilizan el código de línea bipolar **HDB3** (*High Density Bipolar Three - Codificación Bipolar de Alta Densidad de Orden 3*). Ese tipo de código ha substituido a AMI en redes de distribución modernas.

La codificación HDB3 es una técnica bipolar (es decir, confía en la transmisión de pulsos positivos y negativos), que se basa en la inversión de los bits de estado lógico igual a uno alternativamente, de la misma forma que la codificación AMI; sin embargo, la codificación HDB3 prevé y evita las secuencias de mas de tres ceros consecutivos a través de la inserción de pulsos extras y de violación.

Las reglas de codificación HDB3 son las siguientes:

a) La representación de los bits iguales a uno lógico se realizara de la misma manera que en la codificación AMI, con niveles de tensión de polaridades + V y - V en forma alternada, en tanto no se presenten secuencias de ceros mayores a tres.

b) En una secuencia consecutiva de ceros superior a tres, se realizara la inserción de un pulso de violación de polaridad igual a la del ultimo uno lógico identificado antes del inicio de la secuencia de ceros. El receptor utiliza esta característica de igualdad de polaridades entre el pulso del ultimo '1' lógico y el pulso de violación para identificar la presencia de la violación.

c) La polaridad de un pulso de violación correspondiente a una secuencia de ceros deberá ser contraria a la polaridad del pulso de violación correspondiente a la secuencia de ceros inmediatamente anterior. Esta inversión de polaridades se realiza con el objeto de hacer igual a cero la componente de CD que se generaría si la totalidad de los pulsos de violación fueran de la misma polaridad.

d) Si la inversión de polaridades de los pulsos de violación propicia la interpretación de uno de ellos como un '1' lógico, respetando la polaridad, deberá realizarse la inserción de un **pulso extra** de polaridad igual a la del pulso de violación en la posición del primer cero de la secuencia. La inserción de este pulso extra identificará la violación como tal, puesto que tanto el pulso extra como el de violación son de la misma polaridad. Por ejemplo: Supóngase que se desea transmitir la siguiente secuencia de bits: `1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1`.

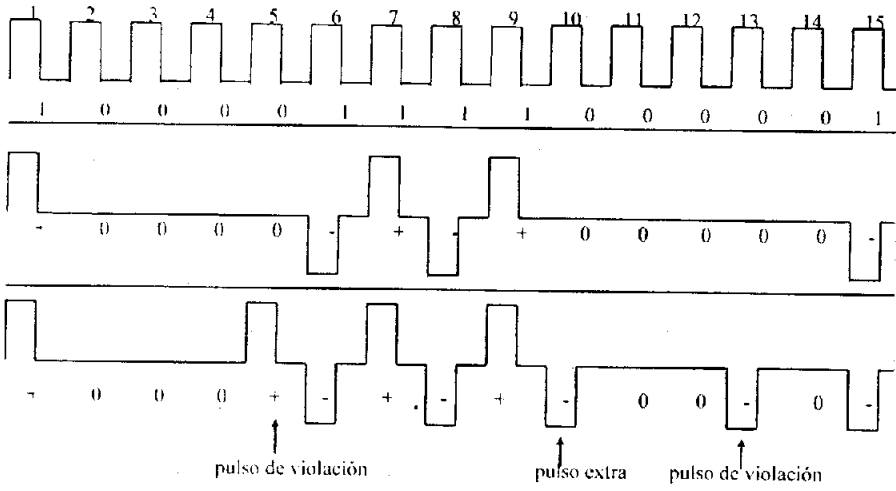


Figura 19: Representación de la codificación HDDB3

Fácilmente se puede observar la presencia de dos secuencias de '0's (de cuatro y cinco respectivamente). El primer bit tiene valor de '1' lógico, por lo que codifica con polaridad positiva; después viene una cadena de cuatro ceros, por lo que inmediatamente después del tercer '0' lógico se insertara un pulso de violación (bit 5), de la misma polaridad que el ultimo '1' lógico (bit 1); al bit 6 corresponde un '1' lógico, por lo tanto se continuara con la alternancia de unos comenzada con el bit 1, de esta manera tendremos un bit de polaridad negativa; los siguientes tres unos continúan alternándose de polaridad, hasta que al llegar al bit 10 nos encontramos con otra cadena de ceros consecutivos, después del tercer cero consecutivo (bit 13) se insertara otro pulso de violación, cuya polaridad será negativa, atendiendo a la regla e del código HDDB3, ya que el anterior pulso de violación fue positivo, pero antes se deberá insertar un pulso extra en el bit 10, necesario para la identificación del pulso de violación de la segunda secuencia de ceros, pues de no existir, el receptor interpretaría la violación como un '1' lógico de polaridad negativa, dado que obedecería la alternancia de unos entre el '1' lógico del bit 9 y el pulso de violación (bit 13); Finalmente el ultimo bit, que es un '1' lógico, continua la alternancia de unos que viene desde el bit 9, por esta razón codifica como un bit de polaridad negativa. El resultado final de la transmisión de bits `1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1` será `+ 0 0 0 + - + - - 0 0 - 0 -`.

1.5 MODULACION DIGITAL

MODULACION

Las diferencias de las características físicas entre el medio físico de transmisión y el ambiente de los equipos emisor y receptor hacen necesario que se realicen ciertos procesos de conversión para optimizar la comunicación.

TIPO DE INFORMACION EN EL EQUIPO (señal original)	TIPO DE INFORMACION EN EL MEDIO (medio físico de transmisión)	TIPO DE CONVERSION
Análogica	Analógico	Modulación AM, FM, PM
Digital	Analógico	Modulación ASK, FSK, PSK, etc.
Análogica	Digital	Codificación PCM, Delta
Digital	Digital	Codificación NRZ, RZ, NRLZ, Manchester, Diferencial, Miller, Bifase, etc.

Tabla 3: Tipos de conversión para los diferentes medios físicos de transmisión

La forma más simple de realizar una transmisión de datos es la de emitir por la línea o medio, los conjuntos de bits que conforman los caracteres del mensaje bajo la forma de impulsos de corriente; de modo que, por ejemplo, a un bit 1 le corresponderá un valor positivo de tensión y a un bit 0 un valor negativo. Esta es la transmisión denominada **BANDA BASE (BASEBAND)**. El problema de este modo de transmisión es que solo es válido para longitudes cortas (de pocos kilómetros de distancia), ya que las señales digitales se degradan y atenúan rápidamente a la distancia.

Para distancias mayores, la información ha de transmitirse en modo analógico, en forma de señales senoidales, con una frecuencia adecuada al medio físico que le da soporte. Esto se consigue por medio de la modulación.

La **MODULACION** es el proceso por el cual se puede enviar información analógica por un medio físico de transmisión analógico, como por ejemplo los cables de cobre; por medio de este proceso se modifica (modula) sistemáticamente alguno de los atributos de una onda senoidal perfecta llamada **señal portadora (carrier)** de forma proporcional a los valores de la señal digital que constituye la información (**señal moduladora** o mensaje). La señal portadora se utiliza entonces para transportar la información analógica que se desea transmitir a través de un medio físico (analógico); esta señal deberá tener una frecuencia de al menos el doble de la frecuencia de la señal original. En el otro extremo del medio debe realizarse la función inversa (**demodulación**) para recuperar la señal en su forma original y entregarla al receptor.

Las ventajas que se obtiene con el empleo de la modulación son:

Reducción del ruido e interferencia: No obstante que la eliminación del ruido en los sistemas de comunicación es imposible y la supresión de la interferencia en ocasiones es impracticable, la modulación tiene la propiedad de reducir notablemente sus efectos nocivos.

Factibilidad de asignación de frecuencias: Mediante la modulación es posible asignar diferentes frecuencias de portadora a cada una de las señales que comparten un mismo medio de transmisión.

Uso eficiente de los canales de comunicación: La modulación se utiliza para situar la señal a transmitir en la porción del espectro de frecuencias en donde los requerimientos de diseño de los canales de comunicación sean más fáciles de cumplir.

Cuando se trata de enviar información por algún medio de transmisión digital, se deberá hacer mediante un proceso llamado codificación, el cual genera (codifica) un conjunto de valores binarios según la información del emisor. En el siguiente capítulo se tratará el tema de codificación con mayor amplitud.

CARACTERÍSTICAS DE UNA ONDA

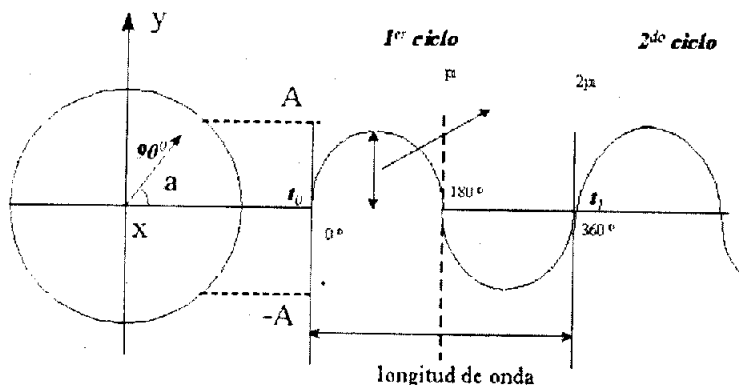


Figura 20: Características de una onda senoidal

donde:

Amplitud (A)	Altura máxima de la onda
Frecuencia (f)	Numero de ciclos que ocurren en un segundo (expresada en Hertz - Hz)
Fase (ϕ)	Ángulo de la senoide
Periodo (T)	Tiempo que tarda un ciclo $T = 1/f$ (expresado en segundos)
Longitud de onda (λ)	Distancia que avanza la onda en un ciclo $\lambda = v/f$ (expresado en metros)
Velocidad (v)	Velocidad de la onda en el medio

Una onda podemos caracterizarla, en un instante determinado, por su frecuencia, amplitud y fase. Por este motivo, son estos los parámetros mas comúnmente utilizados para ser modificados, de manera que incorporen la información (los datos) que debe transmitir la onda.

La frecuencia se mide en ciclos por segundo (Hz), la amplitud en voltios y la fase en grados, dado que medimos el retardo entre ciclos de la oscilación.

La utilización de cada uno de estos parámetros establece una primera clasificación de los métodos de modulación en función de qué propiedad de la onda se altera para transportar las propiedades binarias del mensaje: modulación en amplitud, frecuencia, o fase.

De acuerdo al tipo de onda portadora utilizado, las técnicas de modulación se clasifican en 3 tipos básicos, los cuales son:

- 1) **TECNICAS DE MODULACION ANALOGICA.** - En donde la onda portadora es una onda senoidal (analógica). Se dividen a su vez en:

Modulación Lineal: - AM (Modulación en Amplitud)

Modulación Angular: - FM (Modulación en Frecuencia)
- PM (Modulación en Fase).

2) **TECNICAS DE MODULACION POR PULSOS.**- Emplean como onda portadora un tren de pulsos continuo. Se dividen en:

No Codificados: - PAM (Modulación por Amplitud de Pulsos)
- PPM (Modulación por Posición de Pulsos)
- PDM (Modulación por Duración de Pulsos)

Codificados: - PCM (Modulación por Codificación de Pulsos)
- DM (Modulación Delta)

3) **TECNICAS DE MODULACION DIGITAL.**- Estas emplean una señal portadora de tipo senoidal y una señal moduladora de tipo digital. Es decir, que el proceso de variar unos o más parámetros de una onda portadora analógica estará en función de dos o más estados discretos de una señal.

Una señal digital generada por el equipo de procesamiento de datos es insertada en la onda portadora generada por el módem, siendo que las características originales de la onda son modificadas de acuerdo a la técnica de modulación utilizada por el módem y esta transporta los datos hasta la otra extremidad del enlace donde otro módem demodulará la señal y la entregará a un equipo de procesamiento de datos en su forma original.

En modulación digital, la velocidad de cambio a la entrada del modulador es llamada "*tasa de bits*" (*bit rate*), y sus unidades son el *bit por segundo (bps)*. La velocidad de cambio a la salida del modulador es llamada "*baudio*", y es igual al recíproco del tiempo de señalización de un elemento de salida. En esencia, baudio es la velocidad de los símbolos por segundo.

Las principales técnicas de modulación digital son:

- ASK (Amplitud Shift Keying – Modulación por desplazamiento de amplitud)
- FSK (Frequency Shift Keying – Modulación por desplazamiento de frecuencia)
- PSK (Phase Shift Keying – Modulación por desplazamiento de fase)
- BPSK
- QPSK
- 8-PSK
- 16-PSK

1.5.1 Modulación ASK

La modulación **ASK** (*Amplitud Shift Keying - Modulación por desplazamiento de amplitud*) es aquella donde se modifica la amplitud o altura de la onda portadora (representada por una señal senoidal) en función de los dos valores a los que equivale cada bit del mensaje a transmitir. De manera que un bit "1" daría como resultado un valor de amplitud máxima, y un bit "0" un valor de amplitud mínimo.

Los dos valores binarios (0, 1) se representan por dos amplitudes diferentes de la frecuencia portadora. Comúnmente, una de las amplitudes es cero, esto es, un dígito binario representado por la presencia de una amplitud constante de la portadora, y el otro por la ausencia de la portadora. ASK describe la técnica de que la onda portadora es multiplicada por la señal digital $f(t)$.

ASK es una forma de modulación que exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones: es por esta razón que la modulación de amplitud no se usa por sí misma en comunicación de datos, pues daría rendimientos muy malos en la transmisión de la información.

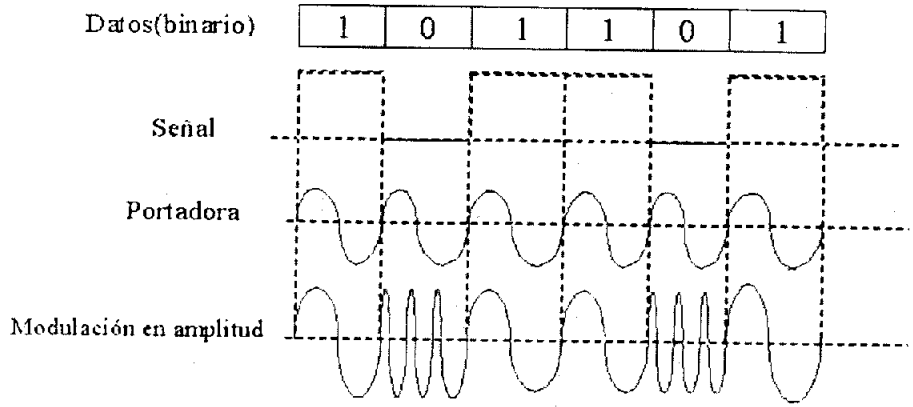


Figura 21: Modulación ASK

1.5.2 Modulación FSK

La modulación *FSK* (*Frequency Shift Keying - Modulación por Desplazamiento de Frecuencia*) es un sistema que se basa en la representación de ceros y unos utilizando señales de diferente frecuencia (como un cambio de forma de onda continua). Con este tipo de modulación se hace variar la frecuencia de la onda portadora (señal senoidal), en función de los valores de los bits del mensaje. Aquí la portadora conmuta entre 2 frecuencias predeterminadas.

Con FSK la frecuencia central de portadora es desviada por los datos binarios de entrada. Consecuentemente, la salida de un modulador binario FSK es una función escalonada en el dominio del tiempo. Como la señal de entrada binaria cambia de un 0 lógico a un 1 lógico, y viceversa, la salida FSK conmuta entre dos frecuencias: una marca o '1' lógico y un espacio o '0' lógico. Existe entonces un cambio en la salida de frecuencia cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Por lo tanto, la velocidad de cambio a la salida es igual a la velocidad de cambio de la entrada. Así, los ceros se transmiten a 980 Hz, y los unos a 1,180 Hz.

Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades (por lo regular utilizado en módems económicos de 300 a 1200 bits por segundo), y puede ser:

Modulación Coherente: Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

Modulación No Coherente: Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor.

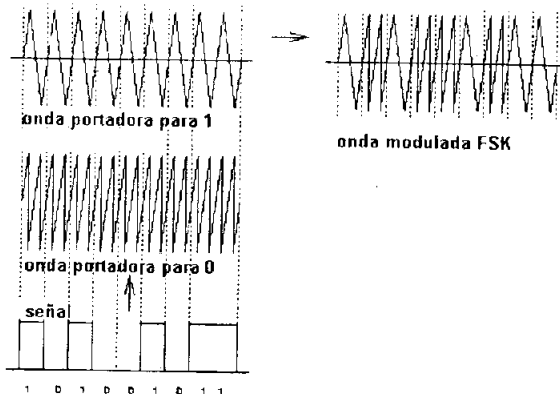


Figura 22. Modulación FSK

1.5.3 Modulación PSK

Con este tipo de modulación se hace variar la fase de la señal senoidal para representar un cambio en la señal binaria, en función de los valores de los bits del mensaje a transmitir. Por ejemplo, si la señal descende, se cambia a una señal ascendente cuando la señal binaria cambia. Fundamentalmente, la onda se invierte y el punto de inversión representa un cambio de los valores binarios. En su forma más simple, PSK produce un desplazamiento de 0 grados u otro de 180.

Este tipo de modulación representa los ceros y unos del código binario con señales que poseen diferente fase. Generalmente el desfase entre las ondas es de 180°. Este tipo de modulación se utiliza en módems de 1200 a 9600 bps., y es mucho menos susceptible al ruido que ASK y FSK.

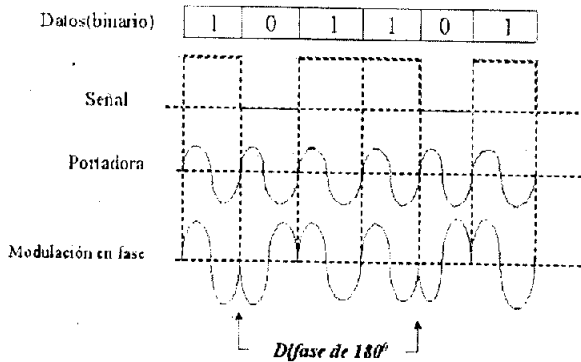


Figura 23: Modulación PSK

Cuando la señal conmuta en 2 fases se le conoce como **BPSK** (*Biphase-shift-keying*). Una fase de salida representa un '1' lógico y la otra a un '0' lógico. Como la señal digital de entrada cambia de estado, la fase portadora de salida se desplaza entre dos ángulos. BPSK es una forma de suprimir portadoras, modulando ondas completas con una señal de onda continua.

1.5.4 MODULACION QPSK

CODIFICACION M-ARIO: M-ario es un termino derivado de la palabra 'binario'. 'M' es simplemente la representación del numero de condiciones posibles. Las dos técnicas de modulación digital (FSK y BPSK) son sistemas binarios con solamente dos condiciones posibles de salida, una representa un '1' lógico y la otra un '0' lógico; en esos sistemas M-arios, $M=2$. Esto se representa matemáticamente de la siguiente manera:

$$N = \log_2 M$$

donde: N = numero de bits; M = numero de posibles condiciones de salida con N bits.

La modulación QPSK (*Quadrature phase-shift-keying*), o en cuadratura PSK, como algunas veces es llamado, es otra forma de modulación angular de amplitud constante. QPSK es una técnica de modulación M-aria donde $M=4$ (de aquí el nombre de cuaternaria).

Con QPSK son posibles 4 fases de salida, existen 4 diferentes condiciones de entrada, ya que la entrada digital para un modulador QPSK es una señal binaria (base 2), para producir 4 diferentes condiciones de entrada se toman mas de 1 bit de entrada. Con 2 bits tenemos 4 posibles condiciones: 00, 01, 10 y 11. Por lo tanto, con QPSK la entrada de datos binarios son condiciones en grupos de 2 bits llamados *dibits*. En lugar de usar un desfaseamiento de 180° , se pueden utilizar múltiplos de 90° . Cuatro estados de fase pueden ser gráficamente representados en un plano X-Y como se muestra a continuación.

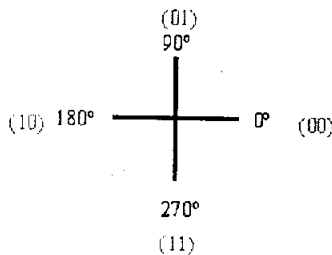


Figura 24: Fases para la Modulación QPSK

CAPITULO II CODEC

2.1 DEFINICION DE CODEC

El **CODEC** constituye el equipo principal de operación de un sistema de *videoconferencia*. Se trata de un dispositivo electrónico en el cual se conectan todos los subsistemas de video, audio, datos y control, para que dicho dispositivo lleve a cabo las funciones de multiplexación, digitalización y compresión de las señales para su transmisión; del lado del receptor se encargara de llevar a cabo las funciones inversas, para la recuperación de las señales originales.

La palabra **CODEC** es un acrónimo de *Codificador/Decodificador*, su principal función es *codificar* las entradas de audio, video y datos del usuario, para lo cual tiene entradas para recibir la señal de los micrófonos, cámaras de video y demás periféricos ubicados en las aulas; después, su misión es combinar o multiplexar dichas señales para su transmisión en forma de una cadena de bits digitales a través de líneas digitales, hacia una sala de *videoconferencia* remota. Cuando el *codec* recibe las cadenas de datos digitales provenientes del punto remoto, separa o demultiplexa el audio, el video y los datos de información del usuario, y decodifica la información de tal manera que puede ser vista, escuchada ó dirigida hacia un dispositivo periférico de salida situado en la sala de conferencia local.

Las señales de audio video y datos que se desean transmitir a través de una *videoconferencia* se encuentran por lo general en forma de señales analógicas, para que el *codec* poder transmitir toda esa información a través de una red digital se debe primero convertir esas señales analógicas en señales digitales, y después se deben comprimir y multiplexar. En el otro extremo de la red, deberá de existir otro *codec* para realizar el trabajo inverso y así poder desplegar y reproducir los datos provenientes desde el punto remoto.

Por lo anterior expuesto, se puede observar con claridad que el *codec* es el elemento principal en una sesión de *videoconferencia*.

2.2 CONVERSION ANALOGICA - DIGITAL

Debido a que las señales analógicas presentan a menudo inconvenientes como la susceptibilidad al ruido, distorsión e interferencias, se pensó en hacer uso de otro tipo de señales para la transmisión de datos. Las señales digitales son menos vulnerables al ruido y a las interferencias y además pueden ser fácilmente regeneradas debido a que cuentan únicamente con dos estados (0 y 1); Por esta razón, fueron desarrollados diversos procesos de *digitalización*, es decir, métodos para convertir señales analógicas a digitales. Se conoce como *conversión analógica a digital* a la reducción de una forma de onda analógica continua en el tiempo para convertirla en una forma de onda digital donde, en lugar de ser continuo, el eje temporal estará representado de manera discreta o escalonada. Estas señales son más fáciles de manipular, sin que se pierda la habilidad de recrear su riqueza y matices originales.

Algunos métodos que permiten la representación de una señal analógica mediante niveles discretos son:

- 1) La modulación **PAM** (*Pulse Amplitude Modulation - Modulación por Amplitud de Pulsos*), donde se representa la amplitud instantánea de la señal a través de la amplitud de los pulsos, permaneciendo el tiempo de duración de los pulsos constante.
- 2) La modulación **PWM** (*Pulse Wide Modulation - Modulación por Ancho de Pulsos*), también llamada **PDM** (*Pulse Duration Modulation - Modulación por Duración de Pulso*), implica la variación de la anchura o duración del pulso en función de la magnitud instantánea de la muestra de la señal, permaneciendo constante la amplitud de los pulsos.

3) La modulación *PPM* (*Pulse Position Modulation - Modulación por Posición de Pulso*) implica la variación de la posición del pulso con respecto a un instante de referencia donde además la amplitud de los pulsos también permanece constante.

Estas 3 técnicas presentan características no deseables que restringen su utilización, como son los niveles de ruido o las distorsiones de fase presentadas en el canal de transmisión.

La técnica que es considerada la base de las comunicaciones digitales, por ser la más difundida para la conversión analógica-digital, es la *Modulación por Pulsos Codificados (PCM)*.

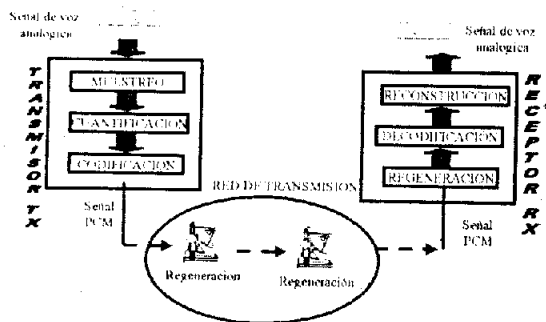


Figura 2-1: Conversión Analógico-Digital mediante la técnica PCM

En *PCM* la información no depende de las características de amplitud, duración o fase de un pulso, sino del significado contenido en un conjunto de pulsos codificados de amplitud, duración y fase constantes (el mensaje se representa por medio de un grupo codificado de pulsos digitales o amplitudes discretas).

Además, la calidad de la transmisión es independiente de la distancia y de la configuración de la red y del medio de transmisión, pues la calidad de la transmisión esta determinada principalmente por las características de precisión de los equipos de codificación y decodificación colocados en los puntos terminales del sistema.

Una característica especial de la técnica de *PCM* es que la transmisión de una señal es independiente de su naturaleza y es factible que se pueda mezclar con otras señales de naturaleza u origen distintos en un mismo canal de transmisión, lo que hace posible un tratamiento para multiplexar y transmitir a la vez una o más señales.

El proceso de conversión de la forma analógica a la forma digital esta compuesta de tres pasos:

1. **MUESTREO** - Generación de varias muestras que representan a la señal original
2. **CUANTIFICACION** - Asigna un valor numérico binario a las muestras obtenidas en el proceso anterior
3. **CODIFICACION** - Representación de las muestras mediante un código numérico, generalmente binario.

2.21 MUESTREO

De acuerdo con la teoría de la información, una señal analógica no requiere de ser transmitida en su totalidad, debido a que incorpora un gran número de redundancias que hacen innecesario transmitirla de manera continua. La información completa de dicha señal puede ser representada y transmitida mediante valores discretos, es decir, enviando solamente un determinado número de muestras de la señal original con las cuales se puede obtener perfectamente toda la información de dicha señal en el lado del receptor, a esto se le conoce como regeneración de la señal.

Muestrear es el proceso de capturar información de una señal analógica continua, en periodos de muy corta duración a intervalos de tiempo iguales, es decir, se realiza una medición periódica de la amplitud de la señal original. Esto significa que la señal que va ha transmitirse es una señal muestreada, que como su mismo nombre lo indica, será una señal formada por una serie de muestras o pulsos obtenidos a intervalos iguales de tiempo, y que representan la *amplitud* de la señal original en el instante de muestreo (*se obtiene una muestra PAM - Pulso modulado por amplitud*). A la señal original se le conoce como la *envolvente* de una señal muestreada. Debe tomarse en cuenta que el muestreo es un proceso analógico, cada muestra tomada varía infinitamente como lo hacia la forma de onda original.

Como ya se ha dicho, la información muestreada permite reconstruir la forma de onda original, sin embargo, si las muestras son relativamente escasas o infrecuentes, la información entre las muestras se perderá. El **TEOREMA DE MUESTREO** o **TEOREMA DE NYQUIST**, es el que determina la cantidad mínima de muestras que se necesitan para representar con toda exactitud la señal original, es decir, la *frecuencia de muestreo*, que es equivalente a la cantidad de muestras por segundo. El teorema de muestreo afirma que:

"Si una información, que es contenida en una forma de onda continua en el tiempo, se muestrea instantáneamente a intervalos regulares y con una frecuencia que sea al menos dos veces la frecuencia significativa más alta de la forma de onda continua, las muestras obtenidas van a contener toda la información original"

$$F_m \geq 2 F_{max}$$

donde:

F_m = Frecuencia de muestreo (cantidad de muestras por segundo)
 F_{max} = Frecuencia más alta de la información original

La magnitud de tiempo máximo (T_m) que debe existir entre dos muestras consecutivas esta dada por el periodo de la frecuencia de muestreo,

$$T_m = 1 / (2 F_{max})$$

donde:

T_m = Tiempo máximo de la muestra (determinado en segundos)
 F_{max} = Frecuencia mas alta de la información original

Para definir la señal original se necesitan tomar muestras de las amplitudes de dicha señal a intervalos de tiempo iguales o menores a T_m .

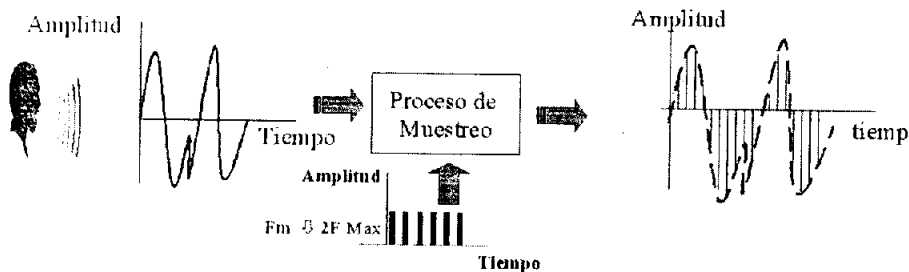


Figura 2-2: Técnica de Muestreo

En los sistemas telefónicos se maneja un rango o espectro de frecuencias entre 300 y 3,400 Hz, pero como el espectro de conversación es un poco más amplio (0-4 KHz), es necesario utilizar filtros que seleccionen las frecuencias de las señales de voz al rango del canal. Conociendo ya el espectro del canal telefónico, queda determinada la frecuencia de muestreo a fin de asegurar una reproducción fiel de la señal de voz. Según esto, la F_m (Frecuencia de Muestreo) sería de 6,800 Hz (muestras por segundo), ya que la frecuencia máxima (F_{max}) del canal es de 3,400 Hz. Sin embargo, la frecuencia de muestreo recomendada por el CCITT para los sistemas telefónicos es de 8 KHz, indicando una separación entre muestras de 125 μ segundos ($T=1/F_m$), es decir, para tomar 8000 muestras durante un segundo debemos examinar la señal de voz cada 125 microsegundos. Así la tasa de muestreo será constante e independiente de la frecuencia de la señal de voz del cliente o de la amplitud. Se puede observar que la frecuencia de muestreo es superior por 1.2 KHz a la frecuencia que se obtiene a través del Teorema de Nyquist, esto se debe a que los 8 KHz permiten la aplicación de filtros más simples y económicos que no requieren una característica de corte abrupta en el tratamiento de la señal muestreada.

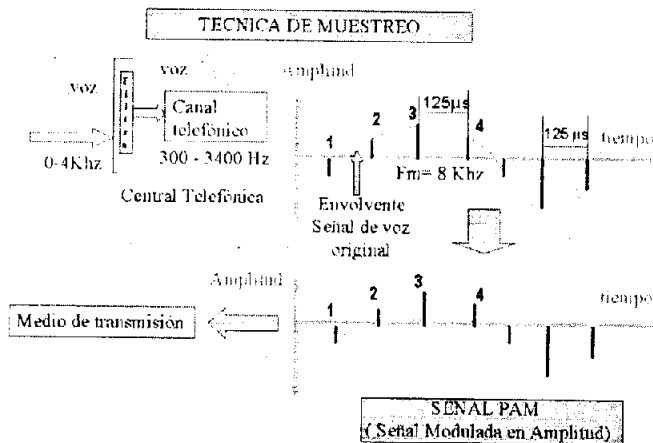


Figura 2-3: Técnica de Muestreo para señales de voz en sistemas telefónicos

2.2.2 CUANTIFICACION

Una vez que han sido obtenidas las muestras, la *cuantificación (cuantización)* es el siguiente proceso para la reducción de la señal analógica compleja. En este paso se le asignaran valores a las muestras de la señal. Sin embargo, como las muestras obtenidas de la técnica de muestreo son aun señales analógicas, el número de valores que puede tomar cada una de las muestras dentro de un intervalo de amplitud desde $-A$ hasta A de la señal es infinito, esto presenta inconvenientes para completar el proceso de *digitalización*, ya que para especificar cada valor se requeriría de un número de códigos igualmente infinito implicando esto la necesidad de un canal de transmisión de ancho de banda infinito y una velocidad de transmisión también infinita. Dada la imposibilidad de conseguir tales características, es necesario limitar la longitud de la palabra de los códigos, consiguiendo realizar una aproximación de la señal original, para lo cual, se introduce la técnica de cuantificación, la cual pretende agrupar toda esa gama de valores de amplitud de las muestras en una cantidad discreta de valores de amplitud; esto implica que la asignación de valores se debe realizar al valor discreto más cercano, esto es, que cada valor de la muestra se compara con una escala de valores previamente determinados (*niveles de cuantificación*), y posteriormente se le asignara el valor más próximo al intervalo en que la muestra esta situada. De este modo, estableciendo un número discreto de niveles de cuantificación, se obtiene un número igualmente discreto de códigos binarios, cada uno asociado a un nivel de cuantificación, limitando así el ancho de banda y velocidades de transmisión para el canal, es decir, permite una aplicación factible en sistemas de transmisión digital reales.

Sin embargo, la aplicación del proceso de cuantificación genera diferencias entre el valor original de la amplitud muestreada y el valor aproximado correspondiente a la escala seleccionada, a estas variaciones en la señal se les denomina *ruido de cuantificación* (que tiene un valor aproximado a un intervalo de cuantificación). Es importante reducir la magnitud del ruido de cuantificación para que éste se encuentre entre los límites que permitan una óptima calidad de la señal; esto se puede lograr disminuyendo el intervalo de cuantificación (el *CCITT* recomienda 256 intervalos de cuantificación para sistemas *PCM* Rec. G.711). El aumento del número de intervalos contribuye también a reducir el nivel de ruido de cuantificación en la señal obtenida, sin embargo, aumentar la cantidad de intervalos de cuantificación implicaría aumentar el número de dígitos binarios para representar cada uno de los intervalos de cuantificación en el proceso de codificación, y como consecuencia, la velocidad de transmisión (bits por segundo) aumentaría demasiado. Otra forma de reducir la magnitud del ruido de cuantificación es mediante la aplicación de características de no-linealidad en el proceso de cuantificación.

CUANTIFICACION LINEAL

El proceso de cuantificación lineal o uniforme implica que la amplitud de los intervalos será constante.

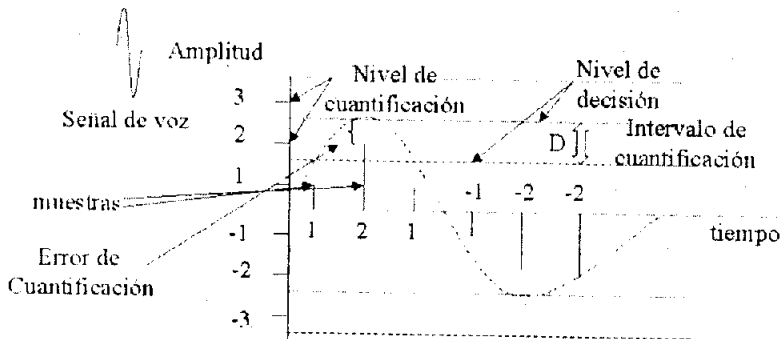


Figura 2-4: Niveles de Cuantificación

Área de cuantificación - Es el intervalo de amplitud de la señal, cuyo límite está definido por las amplitudes máximas positiva y negativa de la señal $s(t)$.

Intervalo de cuantificación - Es el subintervalo obtenido de la división del área de cuantificación. En cada intervalo de cuantificación se observan dos niveles bien definidos:

1) **Nivel de decisión** - Es el límite superior e inferior del intervalo de cuantificación

2) **Nivel de cuantificación** - Es el valor que toman todas las muestras que caigan dentro de los niveles de decisión que conforman el intervalo de cuantificación.

Existe un mayor error de cuantificación para muestras de menor amplitud que para muestras con amplitudes grandes, además que las muestras con amplitudes pequeñas son las más probables de ocurrir en la comunicación de voz, según análisis estadísticos realizados.

Si se quiere obtener un nivel de error aceptable para toda la gama de señales de conversación es necesario dimensionar el tamaño de los intervalos de cuantificación con respecto a los niveles de conversación bajos por ser los más frecuentes, es decir, que los intervalos de cuantificación deben ser más pequeños que los niveles de cuantificación para señales de gran amplitud.

CUANTIFICACIÓN NO LINEAL

Como podemos ver, el tipo de cuantificación lineal no es el más óptimo, por lo tanto, suele utilizarse otro tipo de cuantificación denominado **cuantificación no lineal**, buscando con ésta que los intervalos de cuantificación sean pequeños para amplitudes de muestras bajas y grandes para muestras altas; lo que equivale a decir que existen más intervalos para amplitudes bajas y menos intervalos de cuantificación para amplitudes altas, logrando así, una relación señal a error de cuantificación aproximadamente constante en una amplia gama de volúmenes de conversación, empleando a la vez mucho menos niveles que los que se requerían con intervalos de cuantificación lineal.

Para muchas clases de señales no existe un valor específico de amplitud (como es el caso de las señales de voz); de hecho, el nivel de la señal puede variar en forma aleatoria, como por ejemplo el intervalo de variación de la voz, que puede llegar a ser de hasta 40 dB (que va desde el murmullo de una persona que habla en voz muy baja hasta los gritos que puede producir otra). Para cubrir este intervalo dinámico debe usarse la cuantificación de espaciamiento no lineal, ya que si se emplearan los niveles de cuantificación lineales para cubrir todo el mayor espacio de la señal posible, las voces suaves ni siquiera se transmitirían.

Cuando las señales de los canales de voz son muy bajas (lo cual, como ya se dijo ocurre más de la mitad de las veces), la cuantización lineal no es suficiente para reducir el efecto del ruido de cuantificación, ya que entre más bajas sean las señales más grande será el nivel de ruido.

Cuantificación Lineal

Cuantificación No Lineal

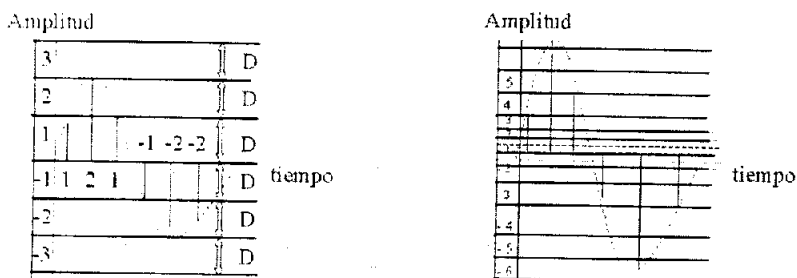


Figura 2-5: Intervalos de cuantificación lineal y de cuantificación no lineal

Los estándares de audio deben manejar un gran rango de señales con diferentes niveles debido a la aleatoriedad de la voz. Las distribuciones de amplitud de los niveles de voz ordinarios no tienen una distribución normal, estas adoptan una distribución exponencial. Generalmente, la probabilidad de que ocurra una amplitud muy alta en los niveles de voz es poca, y por lo tanto, no resulta ventajoso dividir el rango de los niveles de cuantificación en intervalos iguales.

Para manejar este rango de niveles se utiliza un *compresor logarítmico* antes del cuantizador lineal, la función que realiza es cambiar la distribución de la magnitud de la señal para que la parte de bajo nivel resulte amplificada y la de alto nivel comprimida.

COMPANSION

Al proceso con el cual se obtiene una cuantificación no lineal se le denomina **COMPANSIÓN** (*compresión* y *expansión*). Las señales de amplitud mas alta se comprimen antes de su transmisión y posteriormente son expandidas en el receptor. En las señales de amplitud mas baja se realiza el proceso inverso.

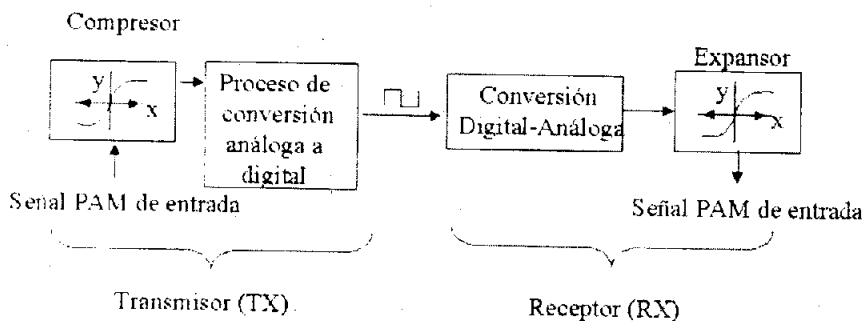


Figura 2.6: Compansión de la señal

Hay dos maneras de realizarla:

a) La señal de entrada es pasada por el compresor y la señal obtenida a la salida de éste se envía al proceso de cuantificación lineal, en el lado receptor se expande nuevamente la señal mediante el expansor. El compresor tiene el efecto de amplificar o agrandar proporcionalmente las amplitudes más bajas de la señal de entrada sobre las más altas, es decir, que el compresor genera una señal logarítmica (compresión), que permite reflejar las muestras de amplitud baja de la señal de entrada en muestras de mayor amplitud; por lo tanto, a la salida del compresor, todas las muestras de la señal tienen amplitudes altas, y sin temor a aumentar el error de cuantificación se puede aplicar después del compresor una cuantificación lineal. Como conclusión, se puede decir que el tamaño de los intervalos de cuantificación está definidos con respecto a una gráfica logarítmica (que obedece a una relación logarítmica). Veamos gráficamente lo que hace el compresor.

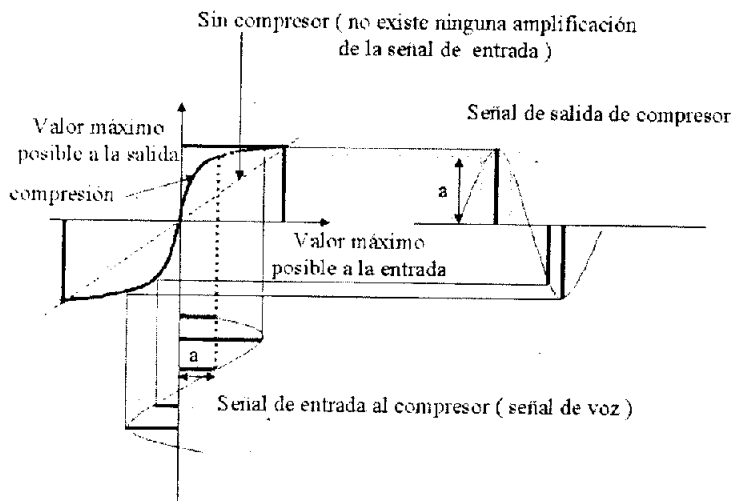


Figura 2.7: Proceso de la compansión logarítmica

b) El proceso utilizado por los sistemas PCM modernos utiliza intervalos de cuantificación crecientes con la amplitud de la señal de entrada, mediante la utilización de leyes de aproximación logarítmica que manejen el incremento del tamaño del intervalo de cuantificación.

Existen dos formas de compansión para PCM, los códigos logarítmicos llamados *ley A* y *ley μ* . Estas leyes de aproximación logarítmica fueron desarrolladas por el CCITT para su recomendación de codificación de audio G.711, las cuales representan aproximaciones con segmentos lineales a curvas de compansión logarítmica. Matemáticamente, lo que realizan éstas ecuaciones es generar la curva logarítmica del compresor. Se hablara mas ampliamente sobre estas leyes en el punto correspondiente al estándar G.711 del codec de audio.

2.2.3 CODIFICACION

Hasta este punto no se ha terminado aún el proceso de *digitalización*, solamente se cuenta con muestras tomadas cada 125 μ s del canal de voz, las cuales pueden tomar usualmente 256 valores posibles de amplitud (en sistemas PCM el CCITT recomienda 256 intervalos de cuantificación). Estos 256 valores posibles deberán pasar por una técnica de *codificación*, para completar el proceso de *digitalización*.

El proceso de *codificación* consiste en tomar una muestra que ha pasado por el proceso de *cuantificación* para representarla mediante un conjunto de impulsos eléctricos, cuyo número depende de la cantidad de niveles de cuantificación que puede tomar cada muestra.

Los sistemas PCM realizan una *codificación binaria*, es decir, que la señal puede representarse por impulsos eléctricos que toman dos niveles: '1' cuando la señal está presente y '0' cuando la señal está ausente.

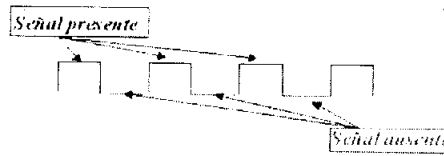


Figura 2.8: Representación de una señal digital

El uso del código binario es apto para el proceso de transmisión debido a que son señales fáciles de regenerar y además, los circuitos lógicos utilizados para el proceso de cuantificación y codificación generalmente trabajan bajo dos estados posibles (0 y 1). Regeneración es el proceso que, mediante la reconstrucción de la señal en puntos determinados de la trayectoria, permite tener en el lado receptor una calidad igual a la calidad de la señal generada en el punto de transmisión. Cabe anotar que las señales que mejor se pueden regenerar son las digitales, por contar con solamente dos estados (0 y 1).

En telefonía existen 256 intervalos de cuantificación, ahora bien, como $256 = 2^8$ se necesitan ocho dígitos binarios para identificar un intervalo de cuantificación.

- Bit 1: Signo de polaridad de la muestra
- Bits 2-4: Identifican el segmento dentro del cual fue ubicada la muestra
- Bits 5-8: Identifican el nivel que fue asignado a la muestra dentro del segmento.

Cuando se transmiten en serie (consecutivamente) las señales o bits a través de un medio físico, se debe de tomar en cuenta que el bit 1 (de polaridad) siempre deberá ser transmitido en primer lugar y el bit 8, que es el menos significativo, se transmitirá en último lugar.

Después de aplicar la técnica de codificación culmina el proceso de digitalización de la señal de voz analógica y ésta es la que se envía por el medio de transmisión seleccionado, en el lado receptor se realiza un proceso inverso para recuperar en forma analógica la señal de voz.

2.3 ESTANDARES DE VIDEOCONFERENCIA

El mercado de la videoconferencia estuvo restringido durante muchos años por la falta de compatibilidad, ya que los equipos (codecs) manufacturados por diferentes proveedores no eran compatibles entre sí, pues manejaban algoritmos propietarios, tanto en los módulos de audio, video y control, como en el módulo de comunicaciones.

Mientras que las normas propietarias pueden ser usadas por una marca en particular, los estándares internacionales de *videoconferencia* son muy importantes, ya que hacen posible la comunicación entre equipos de diferentes marcas en todo el mundo, dándole la posibilidad a los usuarios de elegir entre un amplio número de proveedores, además de que se garantiza que el equipo no se vuelva obsoleto rápidamente.

El CCITT (Comité Consultativo Internacional de Telegrafía y Telefonía), cuyo propósito es el desarrollo formal de recomendaciones ó estándares, para asegurar que las comunicaciones mundiales sean establecidas eficientemente y efectivamente, estableció en 1984 las primeras recomendaciones para codecs de videoconferencia: las normas **H.120** (Codecs de videoconferencia para grupos primarios de transmisiones digitales) y **H.130** (Estructuras para la interconexión internacional de codecs digitales para videoconferencia de telefonía visual). Sin embargo, estas recomendaciones fueron definidas específicamente para la región de Europa, y estaban basadas en un ancho de banda primario de 2,048 Mbps.

Debido a que no existían recomendaciones para regiones afuera de Europa, la CCITT designó a un grupo de especialistas en telefonía visual con el fin de desarrollar una recomendación internacional que asegurara la compatibilidad entre codecs construidos por diversos fabricantes. La ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estandarización para Telecomunicaciones), grupo que en un principio formó parte integral del CCITT y que posteriormente lo reemplazó, fue quien se encargó de poner en marcha este proyecto. El trabajo de estos especialistas dio como resultado, en diciembre de 1990, la finalización de 5 recomendaciones: **H.261**, **H.221**, **H.242**, **H.230** y **H.320**, las cuales definen en conjunto a una terminal audiovisual para proveer los servicios de videoconferencia (VC) y vidotelefonía (VT), sobre la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN). Debido a que el bloque básico de construcción de ISDN es un canal básico operando a 64 Kbps, el término genérico "p x 64" se refiere a la operación de estas terminales con valores integrales de 1, 2, 6, 12, 24 y 30 para "p". La recomendación **H.320** define la interrelación entre las cinco recomendaciones anteriores.

A partir de entonces, la *CCITT/ITU-T* se quedó como el organismo encargado de desarrollar las recomendaciones necesarias para garantizar la transmisión de servicios audiovisuales a través de redes telemáticas, incluida la tecnología de *videoconferencia*. Estas recomendaciones se clasifican primordialmente por el tipo de red que es utilizado como medio de transporte.

- **H.320** – Sistemas de telefonía visual y equipo terminal para enlaces de ancho de banda limitado. Se creó para *Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN)*.
- **H.321** – Adaptación de equipo terminal **H.320** para ambientes de *Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN)*.
- **H.310** – Sistema de vidotelefonía y equipo terminal de banda ancha.
- **H.322** – Sistema de vidotelefonía y equipo terminal para redes locales que proporcionan una calidad de servicio garantizado (por ejemplo *Isol/Ethernet*).
- **H.323** – Sistema de vidotelefonía y equipo terminal para redes que no proporcionan una calidad de servicio garantizada: es el estándar utilizado para comunicaciones multimedia a través de una red *IP*.
- **H.324** – Terminales para comunicación multimedia de bajas tasas de transmisión. Se creó para la red telefónica pública conmutada (*PSTN*).

En la siguiente tabla se muestra una comparación entre estas recomendaciones, especificando los estándares adicionales que emplea cada una de ellas.

Recomendación	H.320	H.321 / H.310	H.322	H.323	H.324
Aprobación	1990	1995	1995	1996	1996
Red	ISDN	B-ISDN ATM LAN	Redes de paquetes de ancho de banda garantizado	Redes de paquetes que no garantizan el ancho de banda	PSTN
Vídeo	H.261 H.263	H.261 H.263 MPEG-2	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263
Audio	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.723.1 G.728 G.729	G.723.1
Multiplexaje	H.221	H.221	H.221	H.225.0	H.223
Control	H.230 H.242	H.242	H.230 H.243	H.245	H.245
Multipunto	H.231 H.243	H.231 H.243	H.231 H.243	H.323	
Datos	T.120	T.120	T.120	T.120	T.120
Interfaz de comunicaciones	Serie 1.400	AAL 1.363 ATM 1.361 Serie 1.400	TCP/IP Serie 1.400	RTP/RTCP TCP UDP IP	1.34

TABLA 2.1: Recomendaciones de la ITU-T para servicios audiovisuales

2.3.1 ESTANDAR H.320

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, la recomendación **H.320** es la que se encarga de definir las comunicaciones audiovisuales (*videoconferencia* y *videotelefonía*), sobre redes digitales con un ancho de banda limitado, es decir, con redes que tengan un ancho de banda entre 64 Kbps y 1920 Kbps (64 Kbps x 30). El estándar **H.320** fue creado para ser utilizado sobre redes digitales de servicios integrados de banda angosta (*ISDN*).

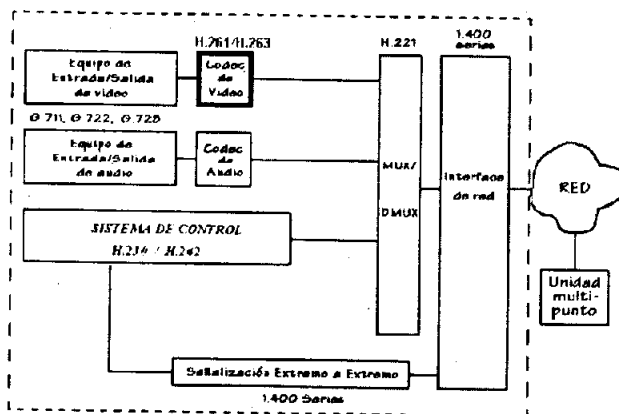


Figura 2.9: Diagrama de bloques de la recomendación H.320

1. - CODEC DE VIDEO

El codec de video de *H.320* esta obligado a trabajar con la recomendación *H.261* (*videocodec para servicios audiovisuales a px64 Kbps*). Esta recomendación requiere anchos de banda en múltiplos de 64 Kbps, y permite asegurar la comunicación entre codecs de diferentes fabricantes, garantizando con ello la compatibilidad entre diferentes equipos. Posteriormente surgió otro estándar para codificación de video, que fue la recomendación *H.263*, que puede utilizarse de manera opcional en el codec de video basado en *H.320*.

2. - CODEC DE AUDIO

En el codec de audio son utilizados los siguientes estándares de codificación: *G.711*, *G.722* y *G.728*. La recomendación *G.711* (*Modulación por código de pulsos de frecuencias de la voz*) es utilizada para la codificación de voz de hasta 3 KHz, utilizando para ello una tasa de muestreo de 8.000 muestras-segundo, además de ser codificada a 8 bits /muestra, para velocidades de 64 Kbps. La recomendación *G.722* (*Codificación de audio de 7 KHz dentro de 64 Kbps*) describe las características de un sistema de codificación de audio que va de los 50 Hz a los 7.000 Hz (7 KHz), el cual puede ser utilizado en una gran variedad de aplicaciones de voz de una mayor calidad. El sistema tiene tres modos básicos de operación correspondientes a las velocidades de transmisión utilizadas para la codificación de audio de 7 KHz: 64, 56 y 48 Kbps. *G.728* es una recomendación relativamente reciente para la codificación de audio de hasta 3 KHz dentro del estándar *H.230*; es utilizada para la transmisión de voz de alta calidad a 16 Kbps.

H.320 obliga que se cumpla con el estándar *G.711*, mientras que los estándares *G.722* y *G.728* pueden ser soportados opcionalmente de acuerdo a las necesidades: si se requiere mayor calidad de audio, la recomendación *G.722* es recomendada, pero si lo que se necesita es trabajar con un menor requerimiento de ancho de banda, entonces se recomienda *G.728*.

3. - CONTROL

Como la codificación de audio es mucho más rápida que la de video, existirá un retardo en el canal para sincronizar ambas señales, para esto existe un modulo de control, el cual esta conformado por dos recomendaciones: *H.242* (*Sistema para el establecimiento de las comunicaciones entre terminales audiovisuales usando canales digitales arriba de 2 Mbps*), y *H.230* (*Control sincrono de trama e indicadores de señales para sistemas audiovisuales*).

H.242- La recomendación *H.242* define el protocolo detallado de comunicación y los procedimientos que son empleados por las terminales *H.320*, es decir, que es el que se encarga de establecer la coordinación entre las terminales de videoconferencia que estén participando en el enlace. Como las características y normas que soporta cada terminal pueden ser distintas, *H.242* se encarga de negociar las características más ideales que se deberán mantener durante todo el enlace.

Los principales tópicos cubiertos por esta recomendación se listan a continuación:

- Secuencias básicas para la utilización de los canales de transmisión.
- Modos de operación, de inicialización, modo dinámico de cambio y modo de recuperación forzada para condiciones de falla.
- Consideraciones de red como: llamado a conexión, desconexión y llamado de transferencia.
- Procedimiento para la activación y desactivación de los canales de datos.
- Procedimiento para la operación de terminales en redes restringidas.

H.230.- Los servicios audiovisuales digitales son provistos por un sistema de transmisión en el cual las señales relevantes son multiplexadas dentro de un patrón digital. Además de la información de audio, vídeo y datos de usuario, estas señales incluyen información utilizada para el funcionamiento adecuado del sistema. La información adicional ha sido llamada de "control e indicación" (C&I), para reflejar el hecho de que mientras algunos bits para el control están causando un estado de cambio en algún otro lado en el mismo sistema, otros proveen las indicaciones, tanto para los usuarios, como para el funcionamiento del sistema en sí.

La recomendación **H.230** tiene dos elementos primarios: el primero define a los *símbolos C&I* relacionados al vídeo, audio, mantenimiento y multipunto. El segundo contiene la tabla de códigos de escape **B.45**; estos códigos especifican las circunstancias bajo las cuales algunas funciones C&I son prioritarias y otras opcionales.

4. - DATOS

La recomendación **T.120** (*Protocolo de Datos para Conferencias Multimedia*) define el transporte multipunto de datos multimedia y cubre protocolos para compartir documentos. **T.120** permite a los participantes de una videoconferencia, compartir datos y aplicaciones de cualquier tipo durante el enlace.

5. - MULTIPLEXAJE

Este módulo está conformado por la recomendación **H.221** (*Estructura de la trama de comunicaciones para un canal de 64 Kbps a 1920 Mbps en teleservicios audiovisuales*), la cual se encarga de proveer la trama y varios canales domésticos por los cuales se combinara (multiplexara) el flujo de bits de vídeo codificado, junto con el de audio, control y datos de usuario. Al establecer la multiplexación de los distintos flujos de información sobre la trama de salida, **H.221** es considerada como la interfaz con la red.

6. - SEGURIDAD

Existen dos recomendaciones que fueron creadas con el fin de preservar la seguridad cuando se realiza el enlace de un sistema de comunicación audiovisual; Ambas se encargan de proveer la privacidad de la transmisión entre las terminales audiovisuales. Un sistema de privacidad consiste de dos partes: el mecanismo de confidencialidad, conocido también como el proceso de *encriptación* para los datos, y el subsistema de administración de claves.

H.233 (*Recomendación para sistemas de confidencialidad en servicios audiovisuales*).- Esta recomendación describe la parte de confidencialidad de un sistema de privacidad apropiado. Sin embargo, aun cuando se requiere de algún algoritmo para la encriptación, ningún algoritmo está indicado para este sistema de privacidad.

H.KEY (*Recomendación para el sistema de autenticidad y administración de las claves de encriptación para los sistemas audiovisuales*).- En este sistema, la privacidad es alcanzada por el uso de claves secretas, las cuales son cargadas dentro de la parte de confidencialidad del sistema de privacidad (**H.233**); estas claves secretas se encargaran de controlar la manera en la cual los datos transmitidos son encriptados y desencriptados. Si alguna tercera persona tuviera acceso a las claves que están siendo utilizadas, entonces el sistema de privacidad no sería seguro.

7. - MULTIPUNTO

Existen dos recomendaciones que permiten las videoconferencias multipunto: **H.231** (*Unidades de control multipunto o MCU*) para sistemas audiovisuales usando canales digitales de mas de 2 Mbps y **H.243**, (*procedimientos básicos para el establecimiento de las comunicaciones entre 3 o más terminales audiovisuales usando canales digitales de mas de 2 Mbps*).

2.3.2 ESTANDAR H.323

El estándar H.323 proporciona una base para las comunicaciones de audio, video y datos a través de una red IP como Internet. Los productos que cumplen con el estándar H.323 pueden interoperar con los productos de otros, permitiendo de esta manera que los usuarios puedan comunicarse sin preocuparse con problemas de compatibilidad.

H.323 es un estándar bajo el amparo de la ITU, es un conjunto de estándares para la comunicación multimedia sobre redes que no proporcionan calidad de servicio (QoS). Estas redes son las que predominan hoy en muchos lugares, como redes de paquetes conmutadas TCP/IP e IP sobre Ethernet, Fast Ethernet y Token Ring. Por esto, los estándares H.323 son bloques importantes de construcción para un amplio rango de aplicaciones basadas en redes de paquetes para la comunicación multimedia y el trabajo colaborativo.

El estándar tiene amplitud e incluye desde dispositivos específicos hasta tecnologías embebidas en ordenadores personales, además de servir para comunicación punto-punto o conferencias multi-punto. H.323 habla también sobre control de llamadas, gestión multimedia y gestión de ancho de banda, además de los interfaces entre redes de paquetes y otras redes (RTC por ejemplo)

A continuación se definen los requisitos técnicos para conexiones por norma H.323 a través de redes conmutadas por paquetes (IP), como Internet e Internet 2.

ENLACE:

- Red conmutada por paquetes (IP), Internet o Internet 2.
- Ancho de banda mínimo: 64 kbps.
- Ancho de banda estándar: 384 kbps.
- Ancho de banda máximo: 2,048 Mbps.

NOTA: No se garantiza la conexión con direcciones IP no homologadas o detrás de un NAT (Network Address Translation)

COMUNICACIONES:

- TCP/IP, IPv4 e IPv6.
- Cableado estructurado Categoría 5 o superior
- Red local conmutada (switch) a 100 Mbps.

EQUIPO DE VIDEOCONFERENCIA:

- CODEC que cumpla con el estándar H.323 de la ITU-T
- Algoritmos de compresión de video: H.261, H.263 y H.264
- Algoritmos de compresión de audio: G.711a, G.711u, G.722, G.723a, G.723b y G.728
- Algoritmos de comunicaciones: Sobre TCP/IP

EQUIPO ADICIONAL

- Monitores y/o proyectores.
- Micrófonos de mesa e inalámbricos.
- Videocasetera VHS.
- Reproductor de DVD Multiregión (opcional)
- Mezcladora de audio de 4 canales (opcional).

2.4 CODEC AUDIO

Antes de la era de las comunicaciones digitales, la voz se transmitía y almacenaba como una señal analógica. Hoy en día se puede representar de manera digital, lo cual permite transmitirla y almacenarla de manera más eficiente. Las nuevas aplicaciones, como por ejemplo la telefonía celular, el correo de voz, la telefonía a través de redes, etc. utilizan codificadores de voz digitales. Como cada aplicación tenía equipos diferentes por sus propios requerimientos, se desarrollaron y estandarizaron muchos codificadores en el periodo de 1987 a 1996.

Podemos clasificar a los codificadores de voz en:

a) **CODIFICADORES QUE TRANSMITEN UNA ONDA DE LA VOZ** - Altas tasas de transmisión y buena calidad de voz

b) **CODIFICADORES QUE TRANSMITEN PARÁMETROS PARA LA REPRODUCCIÓN DE LA VOZ DE ACUERDO A UN MODELO** - Bajas tasas de transmisión, pero producen señales de voz con sonido sintético.

c) **CODIFICADORES HÍBRIDOS** - Se obtiene una buena calidad de voz a tasas de transmisión muy bajas

a) **Codificadores que transmiten una onda de la voz (CODECS DE FORMA DE ONDA)**

La esencia de todos los *codificadores de forma de onda* es el transmitir la voz analógica por un canal digital, pero sin perder la naturaleza analógica de la voz. Estos codificadores actúan sin importar como es generada la señal original, pues la señal la reproducirán basándose en su la forma de onda, la cual deberá ser lo más parecido posible a la señal original. Esto implica que no importa con que señal se este tratando (voz o audio), los *codecs de forma de onda* trabajaran de igual forma ya que son independientes de la señal a tratar.

En esta clasificación tenemos en primer lugar a la codificación *PCM (Modulación por Codificación de Pulso)*, que muestrea la voz a 8 KHz (suponiendo una frecuencia máxima de 4 KHz) y codifica las muestras en palabras de 8 bits, resultando una tasa de transmisión de 64 Kbps. La recomendación *G.711* del *CCITT* especifica el uso de *PCM* y de una cuantización logarítmica (*ley A y ley μ*).

También dentro de esta primera clasificación de codificadores tenemos al *DPCM (Modulación por Codificación de Pulso Diferencial)*, que basa su funcionamiento en la transmisión de las diferencias de las muestras de voz que se tomen. Cuando se codifica voz hay una gran correlación entre las muestras adyacentes, esta correlación puede aprovecharse para reducir la tasa de bits y una forma sencilla de hacerlo sería utilizar la muestra de voz como una predicción para la muestra siguiente, almacenando el error de predicción, es decir la diferencia de muestra a muestra, y transmitir solamente las diferencias entre las muestras en lugar de sus valores absolutos (de aquí el nombre de *diferencial*).

Si la predicción es efectiva, entonces el error o señal de diferencia tendrá un rango dinámico muy bajo mucho menor que el de la voz original, por lo que podrá ser cuantificada con un número menor de bits en comparación con los que se necesitan para codificar la muestra completa. Mientras que con *PCM* la reproducción de la forma de onda de la voz es casi perfecta, con *DPCM* se logra una excelente calidad y sobre todo un ahorro considerable de ancho de banda debido a sus bajas tasas de transmisión.

Posteriormente se fueron desarrollando codificadores como *ADPCM (Modulación por Código de Pulso Diferencial Adaptativo)*, llamado así, debido a que al cuantificador que utiliza se le dio una característica adaptativa de acuerdo a las propiedades de la señal de entrada, ya que la amplitud de esta señal puede variar sobre una gran cantidad de valores (dependiendo de la entonación del orador, el medio ambiente, etc.). Así que, cuando en un conjunto de muestras la señal de entrada presente variaciones marcadas, el cuantificador reducirá el tamaño del paso de cuantificación, logrando así, seguir más de cerca a la señal; de igual forma, cuando la señal de entrada lo permita, se amplía el paso de cuantificación, a esta característica se le conoce como *cuantización adaptativa*. Pero *ADPCM* hace uso también de la *predicción adaptativa*, que examina constantemente el flujo de la muestra actual y predice el siguiente valor de la muestra. Esta predicción es altamente precisa, pues se simula la voz humana por lo que continuamente se está ajustando internamente para minimizar el error, con lo que la diferencia entre las muestras actuales y las predichas es siempre muy pequeña, manteniéndose una baja razón de bits.

También existe la codificación *SBC (Codificación de Sub-Bandas)*, que son codificadores que operan en el dominio de la frecuencia, dividiendo la voz entrante en un número de bandas de frecuencia, llamadas sub-bandas (generalmente entre 2 y 8 dependiendo la aplicación); Es importante señalar que el tamaño de las sub-bandas no es uniforme, ya que el número de bits asignados a cada sub-banda puede variar en función de la importancia de dicha sub-banda. Posteriormente, cada sub-banda es codificada independientemente de las demás por un método que opere en el dominio del tiempo (*PCM*, *DPCM* o *ADPCM*), para volver a ser reintegradas en el decodificador donde se reconstruye la señal de voz original; Al ser divididas las señales de voz, se les puede dar un mejor tratamiento de manera independiente, obteniéndose un nivel de calidad mejor que con otros codificadores.

La recomendación *G.722* utiliza codificación *SBC* con *ADPCM*, considerando un ancho de banda de 7 KHz para transmitir voz con mejor calidad que *G.711* sobre canales de 64 Kbps. Posteriormente surgieron también las recomendaciones de audio *G.723*, *G.726* y *G.727*, las cuales pretenden reemplazar a la recomendación *G.722*, permitiendo la conversión de *PCM* de 64 Kbps a canales de 24, 32 y 40 Kbps respectivamente.

h) Codificadores que transmiten parámetros para la reproducción de la voz de acuerdo a un modelo (VOCODERS - CODIFICADORES DE VOZ)

Los codificadores de voz pertenecientes a esta clasificación transmiten parámetros digitales de un modelo codificado hacia el decodificador. Un modelo es la parte del codificador encargada de analizar la estructura de la información que se desea codificar y de aprovechar este análisis para producir una estimación eficiente de la probabilidad de ocurrencia de los símbolos o parámetros que componen esta información.

Estos codificadores modelan la voz humana como una suma de tonos y otros sonidos para obtener una serie de parámetros que caracterizan al modelo de producción de la voz en un momento dado. Debe ser claro que el envío de parámetros es mucho más eficiente que mandar muestras enteras, por lo cual la velocidad de transmisión para este segundo tipo de codificadores es mucho mayor. El rango vocal debe ser representado como un filtro que varía en el tiempo, y que deberá ser excitado con una fuente de ruido blanco.

A estos codificadores también se les conoce como *codificadores de análisis-por-síntesis*. En el emisor se lleva a cabo un análisis que obtiene los parámetros de la señal para luego sintetizarla y conseguir el mayor parecido a la original. Tales codecs utilizan el filtro de predicción lineal (**LP**) para modelar el rango vocal. La señal de excitación obtenida producirá una forma de onda que será casi idéntica a la forma de onda de la señal original.

De este tipo de codificadores se desprenden una gran cantidad de codecs, y de cada uno de ellos hay distintas versiones. Por ejemplo, de los **CELP** (Code Excited Linear Prediction ó Excitación de Código con Predicción Lineal) surgen distintos algoritmos basados en la asignación de un código conocido de antemano a la caracterización del modelo en un momento dado.

El **CELP** es un codificador basado en un modelo del rango de voz que registra el error entre la señal de voz de entrada y los parámetros del modelo, y posteriormente transmite dichos errores o diferencias. Estos errores estarán representados como índices dentro de un libro de código común, que será compartido tanto por el codificador, como por el decodificador, a esto se le conoce como excitación de código.

La recomendación **G.728 (Low-Delay CELP)** define un codificador en el cual las secuencias de excitación se calculan previamente y con cada muestra se calcula la que minimice el error con respecto a las secuencias previamente calculadas, logrando una muy buena calidad a una tasa de 16 Kbps.

C) CODIFICADORES HIBRIDOS

En la codificación híbrida se combinan las técnicas de los codificadores de la forma de onda con las de los vocoders con el propósito de obtener una alta calidad de voz a bajas tasas de transmisión (inferiores a 8 Kbps). En estos codificadores, las muestras de la señal de entrada se dividen en bloques (vectores), que son procesados como si fueran una sola muestra.

En el periodo de tiempo de 1995 a 1996 han surgido tres nuevos estándares internacionales basados en la codificación híbrida de audio, los cuales son: **G.729** (que provee habla con calidad aceptable y que fue diseñado para aplicaciones inalámbricas y comunicaciones multimedia), **G.729A** (diseñado para aplicaciones de voz y datos en redes de baja velocidad) y **G.723.1** (diseñado originalmente para videotelefonos de baja velocidad).

Este tipo de codificadores de voz son muy importantes actualmente, pues son utilizadas en los enlaces de *videoconferencia* a través de redes IP (**H.323**) y de la red telefónica pública conmutada (**H.324**).

RECOMENDACIÓN	TIPO DE CODIFICACION	VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps)	AÑO DE FINALIZACION
G.711	PCM	64	1972
G.722	SB-ADPCM (7 KHz)	64	1988
G.723, G.726, G.727	ADPCM	24, 32, 40	1988, 90, 90
G.728	LD-CELP	16	1992, 94
G.729	CS-CELP	8	1995
G.723.1	MP-MIQ ó ACELP	6,3 y 5,3	1996

Tabla 2.2: Codificadores de Voz

2.4.1 RECOMENDACION G.711

La recomendación para la "MODULACION POR CODIFICACION DE PULSOS DE FRECUENCIA DE LA VOZ", mejor conocida como la recomendación G.711, es una norma especificada para la codificación de señales de frecuencias vocales desde 50 a 3 KHz (calidad telefónica); fue establecida por la CCITT en 1972.

La recomendación G.711 presenta las siguientes especificaciones:

- Utiliza codificación PCM (8 dígitos binarios por muestra).
- Permite una velocidad de transmisión de 64 Kbps.
- Utiliza una velocidad de muestreo de 8.000 (8 KHz) muestras por segundo.
- Se utiliza un método de cuantificación no lineal por medio de una aproximación logarítmica basada en dos leyes de codificación conocidas como LEY A y LEY μ . El número de valores cuantificados viene dado por la respectiva ley de codificación: $ley A = 87,56$ y $ley \mu = 256$
- Las conexiones digitales entre países que hayan adoptado la misma ley de codificación no tendrán mayor problema en transmitir bajo esa ley; sin embargo, si adoptaron leyes de codificación diferentes deberán efectuar una transmisión con señales codificadas según la ley A, así que los países que utilicen la ley μ serán los encargados de efectuar las conversiones necesarias.
- Utilizando tan solo 8 bits por muestra, se pueden representar la misma cantidad de valores que si utilizaran 14 bits por muestra con codificación lineal (uniforme), lo que representa un ahorro considerable de bits en la tasa de muestreo (casi un ahorro de bits del 2:1).

La voz ocupa un ancho de banda de 0 a 4 KHz, para recuperar la información con la calidad original, el Teorema de Nyquist nos dice que hemos de tomar muestras de la señal al doble de la frecuencia máxima, es decir: si la frecuencia máxima que tenemos es de 4 KHz, debemos de tomar muestras a 8 KHz, a 8000 muestras por segundo. Una vez que tenemos la muestra, se le asigna un código binario, es decir, se codifica. Se utilizara un código de 8 bits, con lo cual tenemos 256 posibles valores de muestra. 8000 muestras/seg x 8 bits/muestra son 64 Kbps. Entonces, la voz analógica de 0 a 4 KHz, la hemos pasado a una tasa de bits digital de 64 Kbps. Esta codificación es la que conforma la norma G.711 de la CCITT-III.

2.4.1.1 LEY A y LEY μ

En el apartado anterior se menciona que cuando una señal analógica se cuantifica en un número finito de valores de amplitud discreta se origina un error o ruido de cuantificación. Se ha establecido que en el lugar de la recepción se debe de garantizar por lo menos, una relación señal a ruido de 24 dB (lo cual se consigue con 64 niveles de cuantificación, o con palabras de código de 6 bits). La potencia de dicha señal de error va en función de los intervalos de cuantificación, así que, mediante la elección de intervalos de cuantificación de amplitud no uniforme, se puede mantener la relación señal a ruido sobre valores predeterminados, y de esta manera se puede disminuir el número necesario de intervalos de cuantificación, esto es lo que se conoce como *compresión de la señal*.

El oído humano es un aparato de percepción acústica que posee ciertas características especiales, una de ellas es el llamado umbral del oído, que se refiere a los niveles en los cuales se puede escuchar un sonido. Para poder manejar este rango de niveles se utiliza un compresor logarítmico, encargado de cambiar la magnitud de la señal, para que la parte de bajo nivel resulte amplificada y la de alto nivel resulte comprimida. La transmisión de voz requiere un rango dinámico que va de 40 dB a 60 dB o más.

En el transmisor, la señal analógica es comprimida, muestreada y después convertida a un código PCM lineal. En el receptor, el código PCM es convertido a una señal PAM, posteriormente es filtrada, y expandida nuevamente a sus características de amplitud originales de entrada. La CCITT normalizó dos curvas logarítmicas de compresión en la recomendación G.711, a estas leyes de codificación las denominó LEY A y LEY μ

LEY A

La Ley A fue adoptada por los países de la comunidad europea. Esta definida por la ecuación:

$$Y = \text{Sig}(x) \frac{A|X|}{1 + \ln(A)} \quad (0 \leq X \leq 1/A)$$

$$Y = \text{Sig}(x) \frac{1 + \ln|AX|}{1 - \ln(A)} \quad (1/A < X \leq 1)$$

donde:

X = Señal de entrada.

Sig(x) = Signo de la señal de entrada.

|X| = Valor absoluto de la señal de entrada.

A = 87.6 (definido por el CCITT, según Rec. G.711)

LEY μ

En Estados Unidos es empleada este tipo de compansión, la cual esta definida por la ecuación:

$$Y = \text{Sig}(x) \frac{\ln(1 + \mu|X|)}{\ln(1 + \mu)}$$

donde:

X = Señal de entrada.

Sig(x) = Signo de la señal de entrada.

|X| = Valor absoluto de la señal de entrada.

μ = 255 (definido por AT&T y CCITT, según Rec. G.711 y G.733)

La realización práctica y física de las dos leyes logarítmicas de cuantificación/codificación (ley A y ley μ) se realiza por medio de segmentos lineales que se aproximan a la curva teórica logarítmica obtenida matemáticamente mediante la ley A y μ , lo que significa que las curvas logarítmicas dependen del valor del parámetro (A en la europea y μ en la americana). Mientras haya más compresión, el valor de A o de μ es más alto, pero para el valor de A o $\mu=0$, la curva es completamente lineal, es decir, no existe compresión.

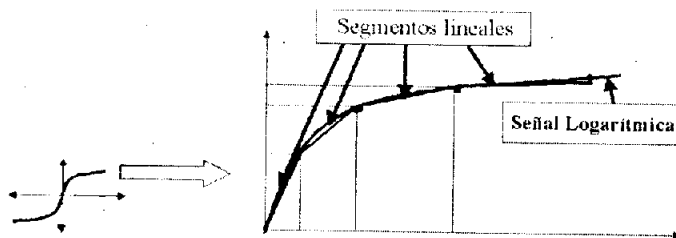


Figura 2-10: Representación de la señal logarítmica y los segmentos lineales

Tanto para la ley A como para la ley μ existen 16 segmentos lineales (8 para cada signo), pero se estableció que la ley A aproximara esos 16 segmentos a 13, mientras que la ley μ se aproximó a 15 segmentos.

La Ley A logra la aproximación a 13 segmentos considerando un solo segmento al conjunto que forman la unión de los dos primeros segmentos de cada polaridad, siendo así cuatro en total, ya que éstos son co-lineales, mientras que en la ley μ logra la aproximación a 15 segmentos, considerando un solo segmento a la unión de el primer segmento de cada polaridad.

Aproximación por segmentos para realizar la cuantificación logarítmica

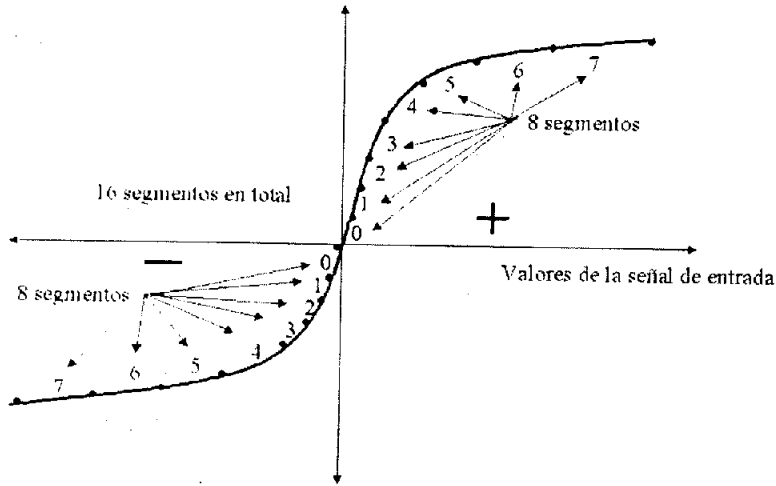


Figura 2.11: Aproximación por segmentos para realizar la cuantificación logarítmica

Cada uno de los segmentos es dividido a su vez en 16 niveles de cuantificación; todos los niveles pertenecientes a un mismo segmento son del mismo tamaño, pero estos niveles no son del mismo tamaño entre segmento y segmento.

Para obtener el número total de niveles de cuantificación que utiliza cada ley de codificación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = [(S - 1) \times n] + n1$$

donde:

N = Niveles de cuantificación total

S = Número de segmentos

n1 = Niveles del segmento "0"

n = Niveles de cada segmento exceptuando el "0"

La Ley A, que contiene 13 segmentos, cuenta con 16 niveles para cada uno de los segmentos, exceptuando al segmento que pasa por el origen "0", en el que se definen 32 niveles positivos y 32 niveles negativos (en total 64 niveles).

$$256 = [(13 - 1) \times 16] + 64$$

Para la ley μ se tienen 15 segmentos y dentro de cada segmento hay 16 niveles, excepto en el segmento que pasa por el origen "0" en el que se definen 16 niveles positivos y 16 niveles negativos, es decir un total de 32 niveles.

$$256 = [(15 - 1) \times 16] + 32$$

Lo que significa que en la curva que se obtiene del compresor, caben 256 niveles de cuantificación tanto para la ley A como ley μ .

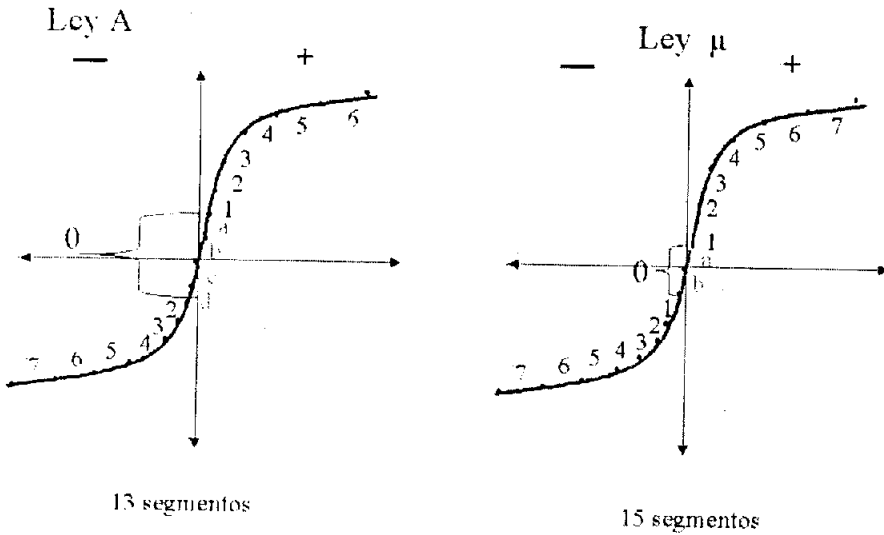


Figura 2.12: Gráfica comparativa entre la ley A y la ley μ

2.4.2 RECOMENDACION G.722

La recomendación G.722 es conocida también como "codificación de audio de 7 KHz a 64 Kbps". Este sistema de codificación utiliza *Modulación Adaptativa Diferencial por Codificación de Pulsos (ADPCM)*, a una velocidad binaria de hasta 64 Kbit/s. Esta recomendación describe las características de un sistema de codificación de audio (banda 50 Hz - 7 KHz), capaz de utilizarse en diversas aplicaciones para señales vocales de alta calidad (calidad de alta fidelidad).

En la técnica *ADPCM* utilizada, la banda de frecuencias se divide en dos sub-bandas (superior e inferior) y las señales de cada sub-banda se codifican por separado, utilizando el *ADPCM* para cada una de ellas, por esta razón se le conoce a esta técnica como *SB-ADPCM (Modulación Adaptativa Diferencial de la Sub-banda por Codificación de Pulsos)*.

En el receptor, las sub-bandas serán decodificadas y re combinadas para finalmente reconstruir la señal de voz original. La ventaja de hacer esto radica en el hecho de que el ruido en cada sub-banda es dependiente solo del código utilizado en dicha sub-banda. A partir de esto es posible asignar más bits a la sub-banda porcentualmente más importante, además de que presentara menos ruido que la sub-banda menos importante.

Otra ventaja que presenta G.722 radica en el hecho de utilizar la codificación *ADPCM*, pues en la codificación *DPCM* el cuantificador permanece fijo en el tiempo, sin embargo, se puede conseguir una mayor eficiencia si el cuantificador se adaptase a los cambios del residuo de predicción. Además, también se puede lograr que la predicción se adapte a la señal de la voz. Esto asegura que el error de predicción se minimice continuamente, con independencia de la señal de voz y de quién la emita.

G.722 tiene 3 modos básicos de funcionamiento, correspondientes a las velocidades binarias utilizadas para la codificación de audio de 7 KHz: 64, 56 y 48 Kbit/s. Los dos últimos modos permiten obtener, respectivamente, un canal de datos auxiliar de 8 Kbit/s o de 16 Kbit/s, que proporciona dentro de los 64 Kbit/s mediante el uso de bits de la sub-banda inferior.

Las partes funcionales del codec de audio 7 KHz a 64 Kbit/s son:

- a) Un codificador de audio, conformado por:
 - Un emisor de audio, que convierte una señal de audio en una señal digital uniforme, que se codifica utilizando 14 bits con muestreo a 16 KHz.
 - Un codificador *ADPCM*, el cual utiliza cuantificación adaptativa, que codifica la diferencia entre el valor de la muestra actual y el valor de la muestra anterior, basándose como ya se explicó, en la ventaja que representa el que entre un valor de la forma de onda y el siguiente haya muy poca diferencia, esta diferencia la podremos codificar con menos bits, con lo cual se puede reducir la velocidad binaria a 64 Kbit/s.
- b) Un decodificador de audio, que comprende:
 - Un decodificador *ADPCM* que realiza la operación inversa a la del codificador, considerando que la velocidad binaria efectiva de codificación audio a la entrada del decodificador puede ser de 64, 56 o 48 Kbit/s, según el modo de funcionamiento.
 - Un receptor de audio, que reconstruye la señal audio a partir de la señal digital uniforme, que se codifica utilizando 14 bits con muestreo a 16 KHz.

2.4.3 RECOMENDACIÓN G.728

G.728 es una nueva recomendación utilizada para la transmisión de voz de muy buena calidad a una baja tasa de transmisión de tan solo 16 Kbps. G.728 pertenece al grupo de los *codificadores que transmiten parámetros para la reproducción de la voz de acuerdo a un modelo* (también conocidos como *VOCODECS Voice Codes*). *Los codificadores de la forma de onda no tienen en cuenta la naturaleza de la señal a codificar, sin embargo, si codificamos una señal de voz, podemos aprovechar sus características intrínsecas para que la codificación se realice de forma más eficiente.*

Los *VOCODERS* suponen el siguiente modelo de producción de voz: Intentan producir una señal de voz sintética que suene como la voz original, independientemente de si la forma de onda se parece o no, y para esto se basan en el espectro de la señal de voz. Un *espectro* es la representación de una señal en el dominio de la frecuencia: si hablamos de la voz, es la forma que tiene la señal entre los límites de 0 y 4 KHz. Una persona que tenga la voz aguda, tendrá un espectro con más componentes en frecuencias altas, con la voz grave su espectro dispondrá de más componentes en frecuencias bajas. Un espectro puede ser modelado, es decir, reproducido mediante fórmulas matemáticas, cambiando una serie de parámetros. En el transmisor se analiza la voz y se extraen los parámetros del modelo y la excitación, esta información se envía al receptor donde se sintetiza la voz. Codificar estos parámetros es más sencillo que codificar las muestras o las diferencias entre ellas, así que se necesitaran menos bits que antes. El resultado es que la frecuencia de muestreo sigue siendo de 8 KHz, como en la G.711, pero ahora se tienen tan solo 2 bits por muestra (4 posibles valores de cuantificación). Esto nos da una tasa de transmisión de 16 Kbps, que mejora a las anteriores recomendaciones, esto es la norma G.728.

2.5 CODEC DE VIDEO

En los sistemas de video digital, la señal analógica de video es convertida en una secuencia de dígitos binarios (bits), que podrán ser fácilmente almacenados, comprimidos, corregidos de errores, editados y manipulados para lograr una transmisión más eficiente a través de medios digitales de transmisión, que garantizan la preservación de las propiedades originales de las señales de video, lo cual significara una mayor calidad de las imágenes al momento en que estas sean observadas por el ojo humano. Esta es precisamente la labor que llevan a cabo los codificadores de video.

2.5.1 INTRODUCCION AL VIDEO DIGITAL

Características de las señales de video

Las señales de video son formas de onda eléctricas que permiten transmitir imágenes en movimiento de un lugar a otro. La información de video es provista en una serie de imágenes, llamadas *cuadros*, y el efecto del movimiento es llevado a cabo a través de pequeños y continuos cambios entre los cuadros. La velocidad de los cambios continuos entre cuadros debe ser de 30 cuadros por segundo para dar al ojo humano la sensación de movimiento natural.

Las imágenes del mundo real son tridimensionales, ya que son imágenes de dos dimensiones que varían a través del tiempo. Para poder convertir esas imágenes tridimensionales en señales eléctricas y posteriormente poderlas transmitir a través de un medio físico, es necesario recurrir a un proceso de exploración o *barrido*. Así, en lugar de transmitir de una sola vez el brillo de todas las partes de una imagen, la exploración transmite el brillo de un solo punto que se desplaza con el tiempo. El proceso de exploración consiste en barridos horizontales rápidos combinados con barridos verticales más lentos, de manera que la imagen queda explorada en líneas, y al final de cada barrido vertical, o cuadro, el proceso vuelve a repetirse.

Una imagen de video analógico, como por ejemplo la televisión comercial, está constituida de 625 líneas por cada cuadro para los estándares de exploración europeos *PAL* y *SECAM*, y 525 líneas por cuadro para el sistema norteamericano *NTSC*, repitiéndose cada cuadro 25 o 30 veces por segundo, respectivamente.

Una imagen de video en color puede ser considerada como una combinación de tres señales que representan a cada uno de los 3 colores primarios: el rojo (R), verde (G) y azul (B). A partir de estos 3 colores fundamentales se construyen mediante mezclas todos los demás colores. Así, el color de cualquier imagen es una luz que puede ser descompuesta en sus correspondientes porcentajes de *RGB*, a esto se le conoce como *video en componentes*. Para cualquier sistema de video se cumple la condición de poder codificar estas tres señales originales (*RGB*) en otras dos señales: la señal de *crominancia* y la de *luminancia*.

Crominancia (C) es la señal que lleva toda la información necesaria del color, tales como el matiz y la saturación. El *matiz* es la propiedad por la cual se puede distinguir un color de otro dentro del espectro visible (por esta propiedad distinguimos los colores por su nombre convencional). La *saturación* es la propiedad que define la pureza de un color, entendiendo el término 'pureza' como la ausencia de mezcla con el blanco.

Luminancia (Y) es la señal que lleva la información del *brillo*, o el nivel medio de luz de cada elemento de la imagen. El ojo humano se basa en el *brillo* para obtener los detalles de una imagen; de hecho, no son los objetos los que percibimos a través de la vista, sino la luz que reflejan los mismos. El ojo solo puede captar e interpretar la luz y no otro tipo de materia o energía. Por esta razón, toda imagen debe ser considerada como una distribución de luces y sombras sobre un plano de enfoque.

Video Digital

El *video digital* es simplemente un medio alternativo de transmitir una forma de onda de video. La diferencia que tiene el video digital con el analógico es que reproduce las imágenes con una calidad más alta, aunque aun no llega a representar las condiciones ideales del mundo real.

Las imágenes de video están compuestas de información en el dominio del tiempo y del espacio. La información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo (por ejemplo, las diferencias entre cuadros) y la información en el dominio del espacio es provista en cada cuadro. En sistemas analógicos de video, el eje temporal se muestra en cuadros y el eje vertical en líneas. El video digital solo añade un tercer proceso de muestreo a lo largo de las líneas.

Una imagen digital esta formada por una matriz rectangular de puntos en los que se almacena el brillo mediante un numero binario. Dichos puntos son conocidos como células de imagen (*picture cells*), abreviado normalmente como *píxeles* o *pels*. Esta matriz generalmente se encuentra formada por un espaciamiento regular entre los píxeles, que se encuentran distribuidos entre filas y columnas con espaciamientos iguales. Si se sitúan los píxeles lo bastante cerca unos de otros, es de esperar que el observador perciba una imagen continua, pues cuanto más preciso sea el espaciamiento entre los píxeles, mayor será la resolución de la imagen, aunque también la cantidad de datos que se necesitaran para almacenar una imagen aumentara de manera exponencial. La definición y nitidez de una imagen esta condicionada por el numero total de elementos (píxeles) con los que se cuenta para formar la imagen.

Para una imagen a color, cada imagen se compone de tres capas superpuestas de muestras, una para cada componente (RGB). Por esta razón el píxel deja de ser un único numero que representa un valor escalar de brillo, sino que es un vector que describe de cierta manera el brillo, la tonalidad cromática y la saturación de ese punto de la imagen.

En los sistemas de video digital, cada cuadro es muestreado en unidades de píxeles (elementos de imagen). El valor de luminancia de cada píxel es cuantificado en 8 bits por píxel para el caso de imágenes en blanco y negro. Para las imágenes en color, cada píxel mantiene la información asociada, por lo que los tres elementos de luminancia designados como rojo, verde y azul (RGB), son cuantificados a 8 bits.

Para producir imágenes en movimiento, el sistema proporciona un mecanismo donde el valor de cada píxel pueda actualizarse periódicamente, lo cual da como resultado una matriz tridimensional, en donde dos de los ejes son espaciales y el tercero es temporal.

En el video analógico, no todas las líneas de cada cuadro contienen video activo. Para digitalizar una señal de video analógico es necesario muestrear todas y cada una de las líneas de video activas que la componen. Por ejemplo, para el caso de una señal *PAL*, se tienen de un total de 625 líneas por cuadro, tan solo 576 líneas de video activo, las cuales, a una velocidad de muestreo usual de 13.5 MHz, nos darían como resultado 720 píxeles y 8 bits por muestra.

Por eficiencia, cada muestra de color se codifica en lo que se denomina "señal Y-U-V", donde Y es la luminancia (blanco y negro) y U y V son dos señales de diferencia de color conocida como componentes de crominancia. Normalmente cada componente de crominancia se muestrea a 6.75 MHz (a la mitad que la luminancia). El resultado de la conversión de una señal de una televisión *PAL* en color analógico a una señal de video digital es entonces de:

Luminancia (Y): $720 \times 576 \times 25 \times 8 = 82,944,000$ bits por segundo

Crominancia (U): $360 \times 576 \times 25 \times 8 = 41,472,000$ bits por segundo

Crominancia (V): $360 \times 576 \times 25 \times 8 = 41,472,000$ bits por segundo

Número total de bits = 165,888,000 bits por segundo (166 Mbits/seg)

Esto quiere decir que se necesitan 166 Mbits para transmitir un solo cuadro de video analógico *PAL* a través de una línea de transmisión digital.

2.5.2 COMPRESION DE VIDEO

Como pudo apreciarse en el punto anterior, uno de los mayores problemas que involucra el manejo de video digital es la gran cantidad de bits que se requieren para ser representado, ya que una sola imagen digital (cuadro) requiere de varios megabits, dependiendo del numero de píxeles y colores que sean manejados. Si tomamos en cuenta que para dar la apariencia de video en movimiento normalmente se transmiten de 5 a 30 eps (*cuadros por segundo*), fácilmente se puede apreciar que la cantidad de bits necesarios para transmitir video a través de una red crece proporcionalmente al numero de eps que se desee transmitir.

Debido a estos problemas fue necesaria la introducción de técnicas de *compresión de video*, como *H.261*, *H.263*, *MPEG*, entre otros, que hacen posible el transmitir imágenes de video de calidad aceptable con bajos requerimientos de ancho de banda, lográndose comunicaciones de bajo costo a través de redes digitales conmutadas. Si el video se comprime suficientemente, los índices para la transmisión de video requeridos se pueden reducir a niveles manejables por las redes de datos disponibles. Afortunadamente los algoritmos de compresión son capaces de reducir los datos digitales en proporciones de 100 a 1, o incluso mucho mayores.

La compresión de video puede ser *compresión sin pérdida*, donde ninguna información se pierde durante el proceso de compresión, ya que la decodificación es idéntica bit a bit con la imagen original. Este tipo de compresión se utiliza en situaciones en las que no se puede producir pérdida alguna de información en el proceso de compresión (como por ejemplo en el caso de una tomografía axial computarizada, en donde los pequeños errores introducidos por los métodos con pérdidas pueden llevar a interpretaciones equivocadas de los datos por parte de la computadora, haciendo que los resultados obtenidos de su análisis sean erróneos). El formato *GIF* para video (*GIF89* o *GIF ANIMADO*) utiliza compresión sin pérdida.

Sin embargo, para realizar la compresión de video, la mayoría de los codecs de compresión existentes utilizan los algoritmos de *compresión por pérdida*, de tal forma que no se logra una reconstrucción exacta, mas sin embargo, la calidad resultante de las imágenes resulta satisfactoria para la mayoría de las aplicaciones. Dichos algoritmos explotan dos características:

- a) **La redundancia de información en los datos de las imágenes:** Una secuencia de video tiene dos tipos de redundancia que un sistema de codificación necesita explotar para lograr una buena compresión: *redundancia temporal* y *redundancia espacial*. Las redundancias espaciales y temporales ocurren porque los valores de los píxeles no son completamente independientes si no que están correlacionados con los valores de los píxeles vecinos, tanto en espacio como en tiempo (es decir, dentro de un mismo cuadro ó con los cuadros anterior y/o posterior). Por ello, sus valores pueden ser predichos en cierta medida.
- b) **Las limitaciones fisiológicas del sistema visual humano:** El ojo humano tiene una limitada respuesta para fijarse en los detalles espaciales y es menos sensitivo a distinguir detalles en las esquinas o los cambios rápidos entre cuadros. Por ejemplo: Se sabe que el ojo es más receptivo al detalle fino en la señal de *luminancia* (los cambios de brillo), que en la señal de *chrominancia* (variaciones de color), por lo que se considera para un área de imagen dada, una cuarta parte de información para los planos de *chrominancia* (C), que la empleada en el plano de *luminancia* (Y), con lo que se puede aprovechar para disminuir la información de alta frecuencia de la imagen en sus componentes cromáticas, sin que los cambios sean apreciables visualmente.

Los algoritmos de compresión por pérdida dividen un cuadro de video en *bloques* (la mínima unidad de codificación) y luego buscan información redundante en el dominio del *tiempo* y del *espacio* para eliminarla, con lo que se reducirá el tamaño total de los bloques de video, a esto se le conoce como *análisis dentro del cuadro*.

CODIFICACIÓN TEMPORAL

En el análisis, los algoritmos hacen la comparación entre cuadros para reducir la redundancia temporal (similitud y/o duplicación de datos contenidos en cuadros contiguos), para así considerar solo la información que haya cambiado. Dichos cambios van desde un cambio de escena, hasta el movimiento de un objeto sobre un fondo fijo. Al método para eliminar las redundancias en el dominio del tiempo se le conoce como **CODIFICACION INTERCUADROS**, que incluye el método de *compensación de movimiento*.

COMPENSACION DE MOVIMIENTO

Esta técnica tiene como objetivo principal eliminar la *redundancia temporal* entre las imágenes que componen una secuencia de video, con el fin de aumentar la compresión. Para eliminar dicha redundancia, la idea inicial que se podría ocurrir es transmitir la diferencia entre un píxel en una posición de un cuadro (imagen) y el píxel situado en la misma posición pero en el cuadro siguiente. Esto sirve cuando las imágenes son estáticas. Pero como lo normal es tener imágenes dinámicas, no podemos implementar lo anterior tal cual, sino que previamente habrá que estimar el movimiento que ha sufrido un píxel de un objeto de un cuadro al siguiente. Habrá que calcular el vector de movimiento asociado a cada píxel de la imagen. Al decodificador se transmite la diferencia y los vectores de movimiento calculados. Si los vectores están bien calculados la diferencia entre una imagen y la siguiente compensada debe de ser muy pequeña, ya que la escena no cambia bruscamente en un corto intervalo de tiempo, con lo que se ha ganado en compresión.

El movimiento de un objeto es estimado calculando el desplazamiento relativo entre el cuadro anterior y sus datos correspondientes en la imagen, generalmente en unidades de bloques. La diferencia entre los datos presentes y los datos anteriores (compensados en movimiento), es codificada para ser comprimida, reduciéndose las *redundancias temporales*.

Un codificador general de intercuadros consta de dos etapas: La primera corresponde a la estimación y la compensación del movimiento, y la segunda a la compresión.

La primera etapa dentro del método de *compensación del movimiento* es la estimación del desplazamiento del movimiento, la cual se puede lograr en base a tres algoritmos, los cuales son: El *algoritmo recursivo del píxel*, el cual estima recursivamente el movimiento píxel a píxel; el *algoritmo de acoplamiento de bloques (BMA - Block Matching Algorithm)*, el cual estima el movimiento *bloque a bloque*; y por último el *algoritmo recursivo de acoplamiento de bloques*, que es una mezcla de los dos primeros. En general se requiere mucho tiempo de procesamiento para la estimación del movimiento, por lo cual el algoritmo de acoplamiento de bloques (*BMA*) es el más empleado, ya que es posible implementarlo en tiempo real.

BMA estima el movimiento en base a bloques. Debido a que se asume que en este algoritmo todos los píxeles de un bloque se mueven en una sola dirección, los cálculos y el hardware asociados son simples. La operación de *BMA* consiste primeramente en dividir al cuadro o imagen en bloques de tamaño $N \times N$ (los cuales contienen información del brillo y color). El desplazamiento del movimiento entre cuadros es estimado entre el cuadro presente y el cuadro anterior. La referencia para la estimación del movimiento puede tomarse de un error de diferencia entre cuadros. El área de búsqueda del cuadro previo es especificando con anterioridad, así que la estimación del movimiento es realizada en todos los bloques contenidos dentro de esta área de búsqueda.

Posteriormente a haber reducido las redundancias en el tiempo se procederá a la segunda etapa, la de la codificación del movimiento compensado, en la cual el error de predicción (la diferencia entre el presente bloque y el bloque compensado en movimiento del cuadro anterior) es codificado.

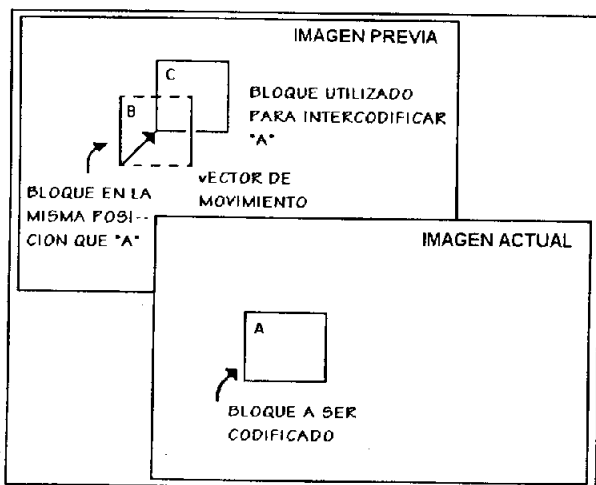


Figura 2.13: Estimación del vector de movimiento

En la figura anterior se observa un bloque "A", el cual representa al bloque de la imagen actual que será codificado. El bloque "B" está en la misma posición que "A" pero representa a la imagen previamente almacenada tanto en el codificador como en el decodificador. Debido al movimiento de la imagen, el bloque "A" se asemeja más a los datos de los píxeles del bloque "C" que a los del bloque "B". El desplazamiento del bloque "C" desde el bloque "B", medido en píxeles y en direcciones X y Y, es el vector de movimiento. Las diferencias píxel a píxel entre los bloques "A" y "C" son transformadas y codificadas. El vector de movimiento y los datos codificados son transmitidos al decodificador, donde los datos del bloque inversamente transformados son agregados a los datos en el bloque "C", apuntados por el vector de movimiento y situados en la posición del bloque "A".

CODIFICACIÓN ESPACIAL

Para la reducción de la redundancia espacial (similitud entre píxeles contiguos en un determinado cuadro o imagen fija), se utiliza el método de **CODIFICACION INTRACUADROS**, el cual se basa en la **codificación por predicción** y en la **codificación de la transformada**. La codificación intracuadro se utiliza para la codificación de imágenes fijas, ya que no utiliza ninguna información en el dominio del tiempo, por esta razón no requiere de memoria que almacene cuadros precedentes o posteriores.

En estos algoritmos debe existir una jerarquía de datos mediante la cual el decodificador puede identificar todos los elementos que componen un solo cuadro de video, ya que el codificador divide un cuadro de video en varios componentes para poder realizar la predicción entre cuadros y la codificación de la transformada.

El algoritmo de compresión primero divide cada cuadro de video en unidades llamadas **bloques**, normalmente de 8x8 píxeles. A cada bloque se le aplica una **codificación de la transformada del coseno (DCT)**, con lo que obtenemos un mapa de frecuencias con 8x8 componentes. Esto permite eliminar las componentes cromáticas de alta frecuencia, manteniendo intacta la información de baja frecuencia.

Los coeficientes obtenidos como resultado del proceso de transformación serán cuantificados, para cada bloque se dividen cada una de las 64 componentes de frecuencia en distintos coeficientes de cuantización y se redondean los resultados a números enteros. Posteriormente, a los coeficientes cuantificados se les aplica la **Codificación de Recorrido de Longitud (Run Length Encoding - RLE)**, que es el punto en donde se producen las pérdidas, es decir, en donde se lleva a cabo la compresión.

Finalmente, los codecs comprimen estos flujos de bits aun más, buscando los patrones desde un ángulo diferente y convirtiendo los valores en símbolos *RLA (Amplitud de Longitud de Ejecución)*.

El *código de Huffman* se encarga de convertir los símbolos que aparezcan con mas frecuencia en flujos de bits más cortos. La información resultante se inserta en los elementos adecuados según la jerarquía de los datos a la que correspondan. Las recomendaciones *H.261, H.263* y *MPEG* utilizan este proceso general de compresión.

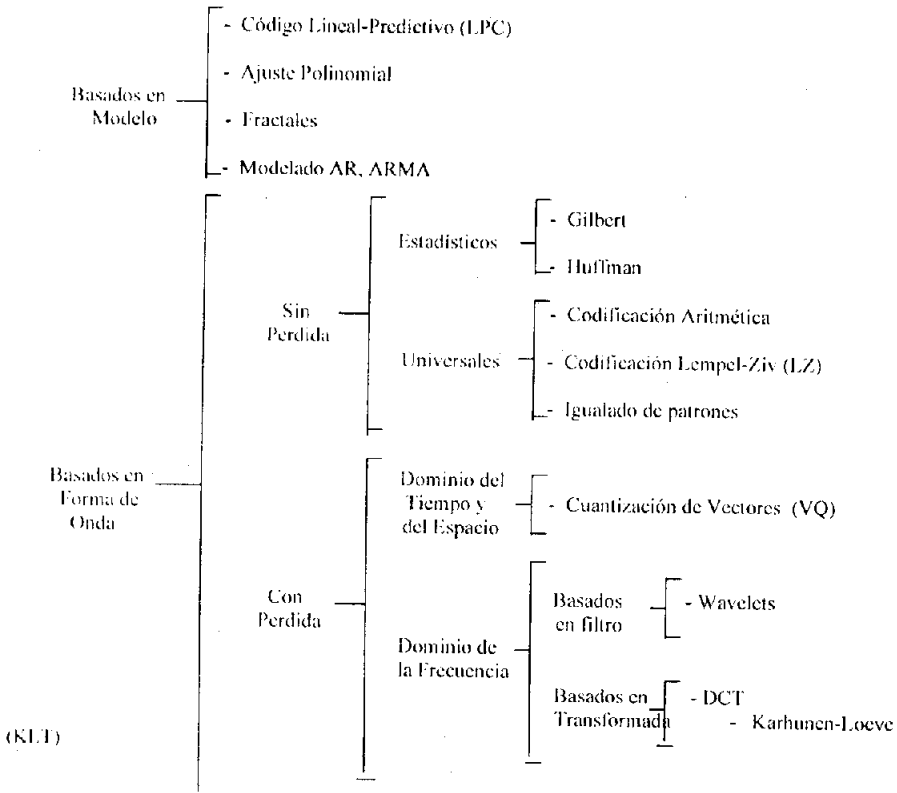


Figura 2.14: Algunos de los métodos de compresión de video más utilizados

2.5.3 ESTANDAR H.261

El estándar *H.261* es comúnmente conocido como *px64*, donde *p* es el número de canales de 64 Kbps disponibles (p toma valores entre 1 y 30), y está optimizado para alcanzar razones de compresión muy altas, especialmente para transmisiones de video en movimiento real y a color.

Si la señal estándar de video fuera digitalizada empleando el método común *PCM* de 8 bits, se requeriría de un ancho de banda de aproximadamente 90 Mbps para su transmisión, pues cada línea consiste de 780 píxeles, con 480 líneas activas por cuadro de las 525 para *NTSC* y con 30 cuadros por segundo. Las tecnologías de video-compresión se emplean para reducir este valor a los valores primarios (1.544 Mbps y 2.048 Mbps), o a valores básicos (64 Kbps o múltiplos de estos como 384 Kbps). La función de compresión es ejecutada por un códec de video; *H.261* es la recomendación de la *CCITT* para los códecs de video en enlaces de videoconferencia y videoteléfono.

El acceso básico de *ISDN* consiste de dos canales full dúplex de 64 Kbps denominados canales B y un canal también full dúplex de 16 Kbps denominado canal D. El estándar *H.261* está basado en la estructura básica de 64 Kbps de *ISDN*. Esta da su nombre al título de la recomendación *H.261 "Video Codec para servicios audiovisuales a px64 Kbps"*. Los video-códecs que cumplen con el estándar *H.261*, además de operar bajo *ISDN*, pueden operar también sobre las redes de comunicaciones actualmente disponibles (como los enlaces dedicados - *EL*).

FORMATOS DE VIDEO

Para lograr que una sola recomendación cubra los estándares de televisión de 525 y 625 líneas, el codificador fuente opera sobre imágenes basadas en un tamaño de ventana llamado *formato intermedio común (CIF - Common Intermediate Format)*. Surgió después un segundo formato denominado *QCIF (Quarter Common Intermediate Format - un cuarto de CIF)*.

El formato *QCIF*, que emplea la mitad de la resolución espacial del formato *CIF* en direcciones vertical y horizontal, es el formato principal para *H.261*, mientras que, como ya se dijo, el formato *CIF* es opcional.

Está anticipado que *QCIF* será empleado para aplicaciones de videoteléfono donde imágenes de cabeza y hombros son enviadas, mientras que el formato *CIF* será utilizado para videoconferencias donde diversas personas serán vistas en una sala de conferencia.

	CIF	QCIF
Imágenes codificadas por segundo	29.97	(o submúltiplos enteros)
Píxeles de luminancia codificados p/línea	352	176
Líneas de luminancia codificadas p/imagen	288	144
Píxeles de color codificados p/línea	176	88
Líneas de color codificadas p/imagen	144	72

Tabla 2-3: Formatos de video para H.261

ESTRUCTURA DE LA IMAGEN

En el proceso de codificación que se realiza dentro del codificador fuente, cada imagen es dividida en *grupos de bloques (GOB)*. Cada bloque esta formado por 8 líneas con 8 píxeles por cada línea. Cualquier imagen *CIF* es dividida en 12 *GOB*'s, mientras que la imagen *QCIF* es dividida en solo 3 *GOB*'s. Desde el nivel de *GOB*'s la estructura del *CIF* y *QCIF* es idéntica. Es importante mencionar que se debe agregar un encabezado al principio del *GOB*, el cual permite la resincronización y el cambio en la exactitud de la codificación.

Cada *GOB* es a su vez dividido en 33 secciones, que reciben el nombre de *macrobloques*; El encabezado del *macrobloque* define la localización del *macrobloque* dentro del *GOB*, además del tipo de codificación que será ejecutada, los vectores de movimiento posibles y señala cuales bloques, dentro de los *macrobloques*, serán codificados.

Cada *macrobloque* es dividido a su vez en seis bloques: Cuatro de los bloques representan la *luminancia* o brillantez (*Y*), mientras que los otros dos bloques representan las diferencias de color de rojo y azul (*Cr* y *Cb* respectivamente). Cada bloque mide 8x8 píxeles.

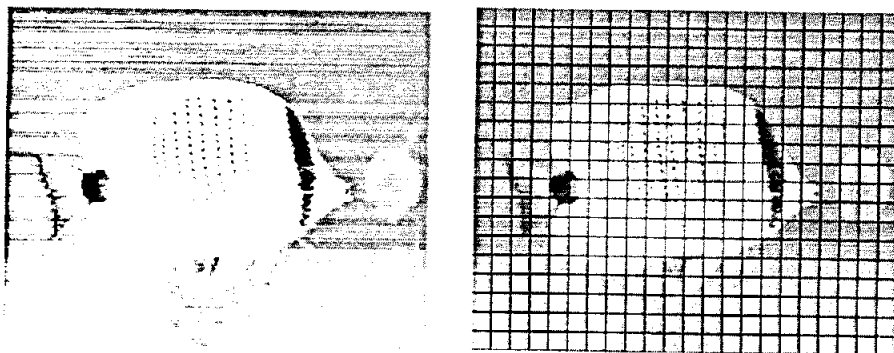


Figura 2.15: Imagen original (Cuadro) y su respectiva división en macrobloques

CODIFICADOR FUENTE

El corazón del sistema es el *codificador fuente*, el cual se encarga de comprimir las señales analógicas de video que son introducidas reduciendo las redundancias temporales y espaciales. Para el estándar *H.261* se adoptó un método de compresión de video híbrido, el cual incorpora una técnica de *predicción de imágenes* para reducir las redundancias temporales y la *codificación de la transformada* para reducir la redundancia espacial. Además, el decodificador cuenta con la capacidad para *compensar el movimiento*.

Todas estas técnicas de compresión (*DCT*, *Compensación del Movimiento*) se encuentran implementadas en chips *VLSI* (Integración a muy baja escala - mas de 2,000 compuertas por chip), con lo cual se han reducido considerablemente los costos de los codecs de video.

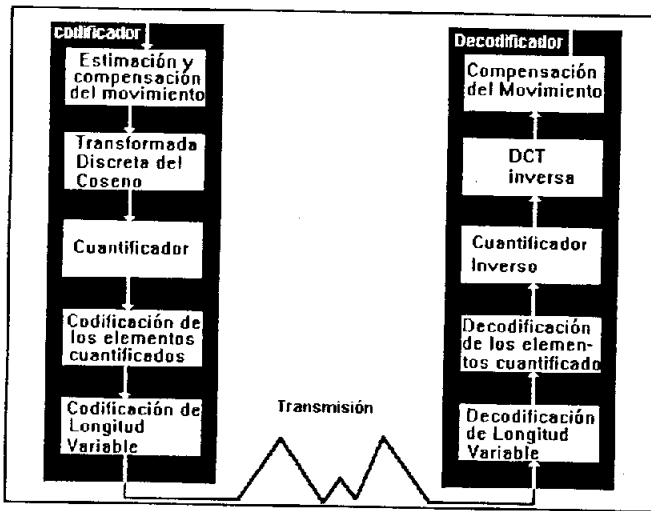


Figura 2.15: Proceso general de la compresión de video en H.261

EL MULTIPLEXOR DE VIDEO

El multiplexor de video se encarga de combinar y serializar los diferentes tipos de datos contenidos en la información de video comprimida para transmitirlos por el medio de transporte hacia el decodificador. Estos tipos de datos son:

- Cuantificador utilizado
- Coeficientes cuantificados
- Datos de los vectores de movimiento
- Bloque al que corresponde la información enviada

El multiplexor está dimensionado en una estructura jerárquica con cuatro capas:

- 1) Capa de Imagen
- 2) Capa de Grupo de Bloques (GOB)
- 3) Macrobloques (MB)
- 4) Bloques

1) Capa de Imagen

Los datos para cada imagen consisten de un encabezado seguido por los datos correspondientes a los GOBs que integran a la imagen.

2) Capa del Grupo de Bloques

Cada imagen es dividida en grupos de bloques (GOBs). Un grupo de bloques abarca un doceavo de las áreas de imagen del CIF y una tercera parte de QCIF. Un GOB relaciona a 176 píxeles por 48 líneas de luminancia (Y) y 88 píxeles por 24 líneas de los componentes de crominancia rojo y azul.

Los datos para cada grupo de bloques consisten de un encabezado de GOB seguido por datos para los macrobloques que lo conforman. Cada encabezado de GOB es transmitido entre códigos de inicio de imagen en la secuencia CIF o QCIF, aún si no hay datos de macrobloque presentes en ese GOB.

3) Capa de Macrobloques

Cada GOB es dividido en 33 macrobloques (MB). Un macrobloque relaciona a 16 píxeles por 16 líneas de Y (luminancia) y a 8 píxeles por 8 líneas para los componentes de crominancia rojo y azul.

4) Capa de Bloques

Un macrobloque comprende cuatro bloques de luminancia y uno para cada una de las dos diferencias de color.

BUFFER DE TRANSMISIÓN

Este buffer es necesario, puesto que el codificador de video produce una salida de velocidad variable. Sin embargo, para transmitir a través de un enlace privado o ISDN, es necesario hacerlo con una velocidad constante. El buffer de transmisión se encarga de almacenar los bits salientes del codificador, para enviarlos a una velocidad constante.

La cantidad de información presente en el buffer en cada momento es variable, pero para que el sistema funcione, el buffer no se puede vaciar ni desbordar nunca. Sin embargo, existe el peligro de desbordarlo, o de que en un momento no haya información a transmitir si la línea es demasiado rápida. Es la misión del cuantificador de paso variable adaptar la salida del codificador, en régimen permanente, a la velocidad de la línea: el cuantificador aumenta su paso cuando el buffer corre peligro de llenarse, y lo reduce cuando está próximo a vaciarse.

CODIFICADOR DE TRANSMISION

El codificador de transmisión incluye funciones de control de errores para preparar la señal para el enlace de datos. El reloj de transmisión es provisto externamente.

Cuando se opera con CIF, el número de bits creados al codificar cualquier imagen sencilla no deberá exceder 256 Kb. Cuando se opera con QCIF el número de bits creados por la codificación de cualquier imagen sencilla no deberá exceder 64 Kb. En ambos casos la contabilidad de bits incluye el código de inicio de imagen y todos los datos relacionados a la imagen. La contabilidad de bits no incluye los bits de corrección de error, indicador de llenado, bits de llenado o información de corrección de error de paridad.

Los datos de video deberán ser provistos en cada ciclo de reloj válido. Esto puede asegurarse por el uso del bit indicador de llenado ó el llenado subsecuente de bits con valor 1 en el bloque de corrección de error o también mediante el relleno de *MB1* o ambos.

RETARDO EN LA CODIFICACIÓN DEL VIDEO

Esta característica esta incluida en la recomendación H.261 debido a que el retardo en el codificador y decodificador de video necesita ser conocido para permitir la compensación en el retardo para que el video se sincronice con el audio.

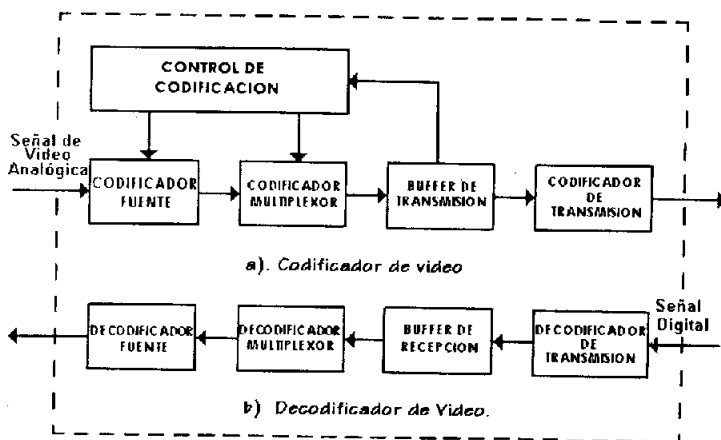


Figura 2.16: Diagrama de bloques del estándar H.261

2.5.4 H.263

Aunque el algoritmo de codificación de video especificado en la recomendación H.261 ha sido el codec de video recomendado para sistemas H.320, el hecho de que se logre mayor flexibilidad y una calidad superior mediante la recomendación H.263 ha obligado a introducir estos codecs como modos facultativos para los sistemas H.320 y H.321.

La recomendación H.263 especifica un algoritmo de codificación de video parecido a H.261, pero con una mejor tasa de transmisión (de alrededor de 22 Kbps). Es decir, que se puede lograr una calidad igual, o incluso superior a la del codec H.261, con un ahorro de ancho de banda de hasta un 50 %.

El codec de video H.263 trabaja de la misma manera que H.261, es decir, utiliza la predicción intercuadros para reducir la redundancia con respecto al tiempo y la codificación de la transformada del coseno, para reducir la redundancia espacial. Sin embargo, H.263 introduce varias mejoras con respecto a H.261 en cuanto a calidad y tasa de transmisión principalmente.

Algunas de las ventajas que tiene H.263 sobre H.261 son las siguientes:

- La estimación del movimiento se realiza con medio pixel de exactitud (en lugar de 1 como en H.261), con lo cual se elimina la necesidad del ciclo de filtrado.
- Se permite la compensación de movimiento sobrepuesta para obtener un campo de movimiento más denso a expensas de mayor computo, pero de esta manera se logra una mejoría considerable en la calidad de la imagen procesada.
- Permite la estimación de movimiento en los niveles de macrobloques del orden de 16x16 y bloques de 8x8, mientras que el estándar H.261 solo lo permite en macrobloques, con lo cual se logra una predicción de imágenes anticipada.
- Incorpora la predicción de imágenes bidireccional, la cual no existía en H.261, pues esta última solo permite la predicción hacia delante.
- Incorpora la codificación aritmética (opcional), la cual sustituye a la codificación de Huffman.

Además de las características mencionadas, una de las ventajas más importantes de la recomendación H.263 es, que cuenta con soporte para una ventana de video de la mitad del tamaño que la de H.261, pues además de los formatos QCIF y CIF, puede utilizar también SQCIF (Sub-QCIF), 4CIF y 16CIF.

Formato de Video	Numero de Píxeles	Numero de Líneas
SQCIF	128	96
QCIF	176	144
CIF	352	288
4CIF	704	576
16CIF	1408	1152

Tabla 2.4: Formatos de video soportados por H.263

CAPITULO III

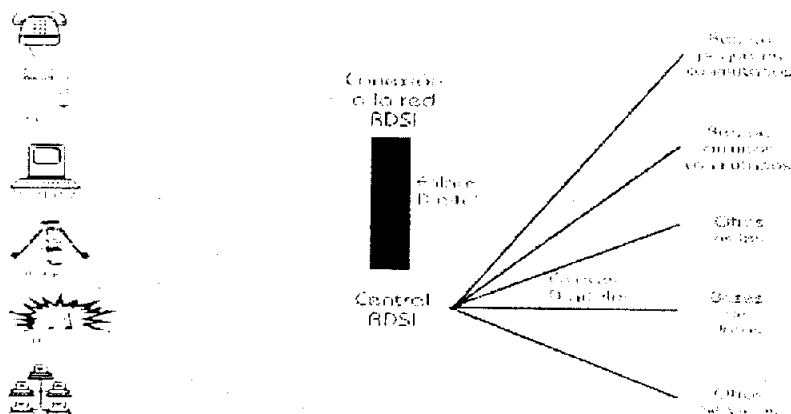
VIDEOCONFERENCIA EN B-ISDN

3.1 CONCEPTO DE B-ISDN

ISDN

ISDN ó RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) es el primer servicio de acceso telefónico 100% digital. Se trata de una red que permite una conectividad digital de extremo a extremo para ofrecer una amplia gama de servicios de telecomunicaciones que integran datos, voz y video, los cuales podrán ser accedidos a través de un conjunto reducido y normalizado de interfaces. Se espera que paulatinamente dicha red vaya siendo la evolución natural de la red telefónica mundial existente. **ISDN** es ideal para interconectar redes locales (**LAN**) ó para acceso a Internet a altas velocidades.

En 1984, el **CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía)** definió el primer estándar **ISDN** (también como **ISDN de Banda Angosta**) para definición de interfaces digitales punto a punto, basada en conmutación de circuitos de 64 Kbps.



Visión global de la RDSI

Figura 3-1: Red Digital de Servicios Integrados (RDSI o ISDN)

ISDN es un servicio compuesto por dos tipos de canales: *canales portadores* (para transmitir los datos) y *canales de señalización* (para manejo de señalización de gestión y control de la llamada).

Los *canales portadores (canales B)* transportan información de usuario a través de la red **ISDN**. Son canales de conmutación de circuitos a 64 Kbps, del mismo tipo de los utilizados para manejar una llamada telefónica normal, aunque los canales B de **ISDN** son digitales, en lugar de los canales analógicos que utiliza el servicio telefónico tradicional. Los canales B se establecen y se liberan cuando finaliza la llamada.

El canal de señalización (*canal D*), está separado de los canales *B* y proporciona señalización fuera de banda para establecimiento, control y liberación de la llamada. Dado que esta señalización de control se hace en un canal separado, la llamada se establece mucho más rápidamente que si la información de señalización tuviera que compartir el ancho de banda con los datos.

Los proveedores del servicio han combinado estos dos tipos de canales para construir dos ofertas de servicios *ISDN*, denominados accesos, estos combinan los canales portadores y los canales de señalización en diferente número. Estos accesos son los siguientes:

1) Acceso Básico (*BRI* o *Basic Rate Interface*)

El acceso básico está formado por dos canales *B* a 64 Kbps para transmisión de datos, más un canal *D* a 16 Kbps que proporciona señalización para los canales *B* ($2B+D$). Con los equipos apropiados se pueden unir los dos canales *B* juntos para conseguir un ancho de banda máximo de 128 Kbps, aunque por supuesto los canales *B* se pueden utilizar de manera independiente para diferentes tipos de servicios. Por ejemplo, un canal *B* puede llevar información de voz y el otro puede llevar datos. De esta manera, voz y datos son integrados sobre los mismos medios de transmisión.

2) Acceso Primario (*PRI* o *Primary Rate Interface*)

Los canales de acceso primario están disponibles para los usuarios que necesitan mayor ancho de banda del que puede proporcionar *BRI*. Actualmente, existen dos tipos de acceso primario definidos: En Estados Unidos, Corea del Sur y Japón, el *PRI* tiene un ancho de banda de 1544 Mbps (formado por 23 canales *B* y un canal *D* a 64 Kbps); En Europa el *PRI* usa 30 canales *B* y un canal *D* a 64 Kbps para alcanzar una velocidad total de 2048 Kbps.

Los canales *B* pueden ser fusionados en alguna de las siguientes configuraciones denominadas, en la terminología de los proveedores de *ISDN*, servicios *I*:

- Canales *I*0: 384 Kbps (6 canales *B*)
- Canales *I*10: 1472 Mbps (24 canales *B* a 56 Kbps)
- Canales *I*11: 1536 Mbps (24 canales *B*)
- Canales *I*12: 1920 Mbps (30 canales *B*)

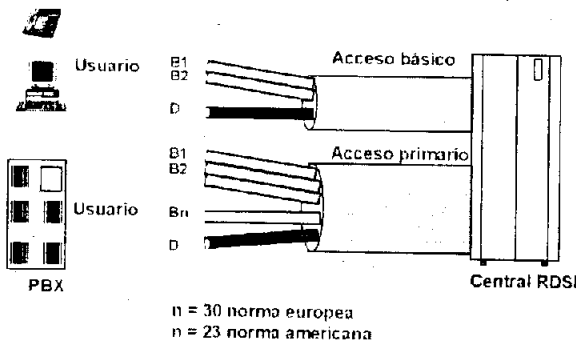


Figura 3-2: Interfaces de *ISDN*

B-ISDN

La *ISDN de banda ancha (B-ISDN ó RDSI-BA)* es el resultado de la evolución de la *Red Digital de Servicios Integrados* para soportar mayores velocidades de transmisión y hacer posibles interconexiones entre redes de área extensa ó para soportar servicios avanzados como la videoconferencia.

Fue en 1988 cuando el *CCITT* aprobó la primera recomendación para la *B-ISDN (Recomendación I.121)*. En dicha recomendación se define *B-ISDN* como "Un servicio que requiere canales de transmisión capaces de soportar velocidades mayores que la velocidad primaria (*PRI*)".

La tasa de transferencia de datos que maneja *B-ISDN* esta en el rango de 150 a 600 Mbps; Para ello requiere utilizar una red de transporte de fibra óptica llamada *Red Óptica Sincronía (SONET)* y un servicio de conmutación basado en *ATM (Modo de Transferencia Asíncrono)*.

SONET constituye el soporte de transporte físico de *ISDN*. Es una norma de conexión de red basada en fibra óptica que define una jerarquía de velocidades de transmisión y formatos de tramas de datos. Se usa como medio de transmisión para la interconexión de las oficinas de conmutación de la compañía de telecomunicaciones. Las velocidades de transmisión de *SONET* empiezan en los 51.4 Mbps y se incrementan en bloques de 52 Mbps con los que se alcanzan velocidades de hasta 50 Gbps.

ATM es la tecnología de conmutación, es decir, la que proporciona acceso a los usuarios de *B-ISDN* a la red de fibra óptica *SONET*. La información que se recibe en el nivel *ATM* se coloca en paquetes de longitud fija, se direcciona y se transmite sobre la red *SONET*. *ATM* conmuta estos paquetes a velocidades muy altas entre los enlaces pertenecientes a la red *SONET*. *ATM* es un servicio orientado a paquetes y multiplexado. Por este motivo ofrece una combinación única de servicios conmutados a muchos puntos.

3.2 ARQUITECTURA DE B-ISDN (GRUPOS FUNCIONALES)

En este punto describiremos brevemente los bloques (conocidos más comúnmente como *grupos funcionales*) y los puntos de referencia que nos permiten una configuración *B-ISDN*.

1.- EQUIPO TERMINAL (TE)

El *equipo terminal* maneja las comunicaciones en el lado del usuario (en la interfase Usuario-Red). Ejemplos de este tipo de equipos son: Terminales de datos, teléfonos, computadoras personales y teléfonos digitales. Los *TE's* tienen funciones para el manejo de protocolos, de mantenimiento, de interfase y de conexión hacia otros equipos, así como funciones para el manejo de la aplicación propia (teleservicio) del equipo. Hay dos tipos de equipos terminales, los cuales son:

- **EQUIPO TERMINAL DE TIPO 1 (TE1):** Los *TE1's* realizan las funciones de los *TE's* y además tienen integrada la interfase "S", lo que los hace compatibles con la *ISDN* de forma directa. Ejemplos de este tipo de equipos son terminales multiservicios para voz, datos y video, así como teléfonos digitales *ISDN*.
- **EQUIPO TERMINAL DE TIPO 2 (TE2):** Los *TE2's* también realizan las funciones de los *TE's*, pero ellos no tienen la interfase "S" que les permite conectarse a la *ISDN*. En lugar de esta interfase tienen otras como la *RS232C*, *V.35*, *V.24*, *X.21*, etc. Sin embargo este tipo de equipos pueden ser conectados a la *ISDN* a través de un adaptador de terminal (*TA*). Ejemplos de este tipo de equipos son los teléfonos, fax y computadoras personales existentes

2.- ADAPTADOR DE TERMINAL (TA)

Un adaptador de terminal de red TA (Terminal Adapter) es un dispositivo que conecta los Equipos Terminales (TE's) a la línea *ISDN* del proveedor de servicios. Los NTA realizan funciones de conversión en velocidad y protocolos de los equipos TE2 hacia estándares (interfase S) de la *ISDN*.

3.- EQUIPO DE TERMINACION DE RED (NT)

El equipo de terminación de red maneja las comunicaciones del lado de la red (central *ISDN*) de la interfase Usuario-Red. Hay dos tipos de NT's conocidos:

- **TERMINADOR DE RED DEL TIPO 1 (NT1):** Los equipos NT1 proporcionan funciones equivalentes al nivel del *Modelo OSI (Open Systems Interconexion)*. Estas funciones incluyen conversión de señal, temporización, mantenimiento de la línea de transmisión (Interfase "U") y la terminación física y eléctrica de la red en las instalaciones del usuario. Algunas veces, el NT1 puede estar integrado en otro equipo y por lo tanto no existir de forma física separada.
- **TERMINADOR DE RED DEL TIPO 2 (NT2):** Los equipos NT2 son más inteligentes que los NT1's proporcionan funciones adicionales entre las cuales se pueden incluir multiplexaje y manejo de protocolos en los niveles 2 y 3 del modelo *OSI*. Ciertos tipos de NT2's, tales como *PABX*'s manejan funciones de los niveles 1, 2 y 3, mientras otros, como por ejemplo los controladores de terminales, solo proporcionan funciones correspondientes al nivel 1 y 2 del *OSI*.

4.- EQUIPO DE LA CENTRAL

Este equipo no pertenece a las premisas del usuario, por lo que estrictamente hablando no es parte de la interfase Usuario-Red.

5.- TERMINACIÓN DE LÍNEA (LT)

Estos equipos realizan funciones de terminación de línea en el lado de la central de la línea de transmisión (interfase "U").

6.- TERMINACIÓN DE CENTRAL (ET)

Estos equipos manejan la información de señalización de la interfase Usuario-Red e inician los procedimientos para el manejo de la llamada a través de la red.

PUNTOS DE REFERENCIA

Los puntos de referencia son los puntos de conexión entre los grupos funcionales. Es necesario tener presente que los puntos de referencia son conceptuales y no indican una interfase física.

PUNTO DE REFERENCIA R

Este punto corresponde a una interfase (tal como RS232C, V.35, V.24 ó X.21) entre un equipo terminal que no es *ISDN* (TE2) y un adaptador de terminal (TA).

PUNTO DE REFERENCIA S

Este punto es una interfase de cuatro hilos (un par para TX y el otro par para RX) entre un TE1 o un TA y un NT2. Este punto es físicamente idéntico a la interfase T. Hasta 8 equipos TE1's ó TE2 (con sus respectivos TA's) pueden ser conectados a través del punto de referencia S a un NT1. El NT2 efectivamente divide al punto de referencia T en varios puntos de referencia S.

PUNTO DE REFERENCIA T

Este punto es una interfase a 4 hilos entre un TE1 (o un TA o un NT2) y un NT1. Un par es usado para TX y otro par para RX. Físicamente esta interfase es idéntica a la interfase S. En algunos casos de PABX's (NT2), el NT1 está integrado al NT2 por lo que no existe el punto de referencia T.

PUNTO DE REFERENCIA U

La interfase U es la línea de transmisión entre la interfase Usuario-Red y la central ISDN. Específicamente se encuentra entre NT1 y la LT. Es una interfase "full-duplex" sobre el par torcido de alambres de cobre (el mismo par se utiliza para RX y TX de forma simultánea).

En los Estados Unidos el punto de referencia U es el límite entre la interfase usuario-red y la central ISDN. Esto hace que le NT1 pertenezca a las premisas del usuario, mientras que para Europa el límite entre el usuario y la administración telefónica es el punto S/T.

PUNTO DE REFERENCIA V

La interfase V divide el equipo LT del ET, esto tampoco ha sido estandarizado y es función directa de la implementación de cada proveedor de equipo de conmutación (centrales ISDN).

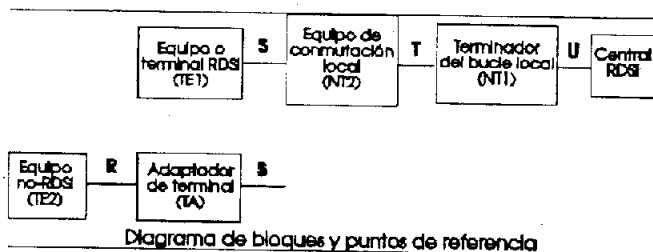


Figura 3-3. Diagrama de los grupos funcionales y sus puntos de referencia

3.3 MODELO DE CAPAS

La misma lógica de Arquitectura Jerárquica usada en OSI, es utilizada en la recomendación I.321 de la CCITT para B-ISDN.

B-ISDN utiliza un modelo de 3 planos, muy parecido al usado por ATM (Usuario, Cliente, Control). El modelo de referencia al protocolo se muestra en la siguiente figura:

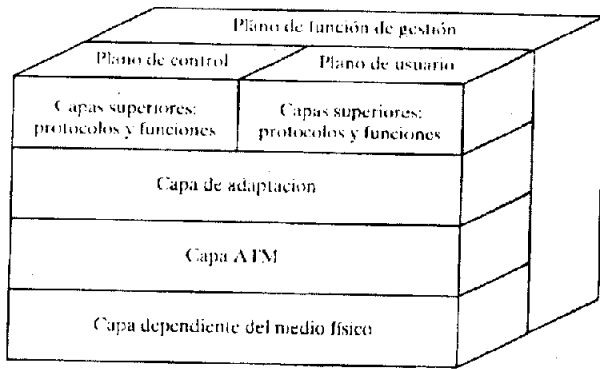


Figura 3-4: Modelo de Referencia

Se puede observar en la parte superior como se distinguen tres planos separados:

- a) **Plano de usuario:** Es responsable de proveer la información de usuario a usuario y da control para la transferencia de información, tal como el control de flujo y el control de errores.
- b) **Plano de control:** Administra las funciones para el establecimiento y control de las llamadas y de las conexiones (establecimiento, señalización, supervisión, liberación, etc)
- c) **Plano de función de gestión:** Coordina todos los planos y capas y controla los recursos que residen en sus entidades de protocolo.

A su vez, dichos planos se dividen en capas, que son:

- Capa Física
- Capa ATM
- Capas Superiores

Las capas superiores prestan servicios para transmisión de video, *SMDS*, *Frame Relay*, y señalización y acceso a la Red.

La capa ATM provee las capacidades de transmisión de paquetes.

La capa física provee funciones básicas de la red. B-ISDN presenta tres opciones en la transmisión a nivel de capa física:

- Transmisión full duplex a 155.52 Mbps en cada dirección.
- Transmisión del usuario a la red a 155.52 Mbps y de la red al usuario a 622.08 Mbps (Interfaz Asimétrica)
- Transmisión full duplex a 622.08 Mbps.

En la figura siguiente se contemplan las subcapas existentes y se indican las funciones que realiza cada una de ellas.

Funciones de las capas RDSI-BA.

Gestión de capa	Funciones de capas superiores	Capas superiores	
	Convergencia	CS	AAL
	Segmentación y reensamblado	SAR	
	Control genérico de flujo Generación/extracción de la celda de cabecera Traslación de celda VPI/VCI Multiplexación y demultiplexación de celdas	ATM	
	Desacople de velocidad de celdas Generación/verificación de secuencias de cabecera HECC Definición de celdas Adaptación de tramas de transmisión Generación/recuperación de tramas de transmisión	TC	Capa física
	Temporización de bit Medio físico	PM	

CS = Subcapa de convergencia

SAR = Subcapa de segmentación y reensamblado

AAL = Capa de adaptación a ATM

ATM = Modo de transferencia asíncrona

TC = Subcapa de control de transmisión

PM = Subcapa de medio físico

Figura 3-5: Funciones de las capas de B-ISDN

3.4 CONCEPTO DE ATM

ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) es una tecnología de conmutación de banda ancha y transmisión de información a muy alta velocidad, que permite enviar voz, vídeo y datos sobre una misma red. Aunque originalmente se diseñó para soportar los servicios de B-ISDN, en la actualidad se considera como la tecnología de red dominante, pues puede utilizarse para implementar tanto redes locales, como redes de área amplia y funciona en un rango de velocidades, que van desde 1.5 hasta 622 Mbps actualmente.

ATM utiliza un protocolo de conmutación rápida de paquetes (Fast Packed Switching) para proporcionar múltiples circuitos virtuales a los usuarios. Los paquetes de información de *ATM* reciben el nombre de *celdas* y estas son de una longitud fija: 53 bytes (5 bytes de encabezado y 48 bytes de información). En la conmutación de paquetes, las unidades pueden variar en longitud, pero en *ATM* todas las celdas son del mismo tamaño.

En los sistemas de conmutación de paquetes una aplicación puede utilizar todo el ancho de banda cuando se requiera, y no solamente una fracción del ancho de banda todo el tiempo, como el caso de la tecnología *TDM (Multiplexaje por División de Tiempo)*: Sin embargo, en las tecnologías de conmutación de paquetes existe una limitación, si la red X.25 o Frame Relay permiten que algunos usuarios transmitan paquetes muy grandes sobre la red, los otros usuarios serán forzados a esperar su turno para enviar información aún por periodos muy cortos, lo que trae como resultado retrasos variables que son inaceptables en aplicaciones como voz y vídeo.

ATM ofrece a los usuarios las ventajas de ambas tecnologías: *TDM* que asigna ancho de banda permanente a una aplicación y la conmutación de paquetes, en la que una aplicación puede utilizar todo el ancho de banda cuando se requiera. Es decir, *ATM* se integra en una sola red que tiene capacidad para operar a Gigabits por segundo y que proporciona servicios que requieren grandes anchos de banda. Gracias a *ATM* se pueden consolidar varias redes diferentes, simplificando el manejo y mantenimiento de las mismas, pero eliminando la necesidad de usar múltiples enlaces para ello.

ATM proporciona una fiabilidad muy alta en cuanto a la transmisión digital de datos, típicamente sobre fibra óptica, y por lo tanto no necesita de métodos de recuperación de errores en cada nodo. Ya que no hay recuperación de errores, no son necesarios los contadores de número de secuencia de las redes de datos tradicionales, tampoco se utilizan direcciones de red ya que *ATM* es una tecnología orientada a conexión, en su lugar se utiliza el concepto de *Identificador de Circuito o Conexión Virtual (VCI)*.

3.5 CONEXIONES ATM

El tráfico con tasa de bit o velocidad binaria constante (voz *PCM* o video no comprimido), tradicionalmente es transmitido y conmutado por redes de conmutación de circuitos o *Multiplexores por División en el Tiempo (TDM)*, que utilizan el *Modo de Transferencia Sincrono (STM)*. En *STM*, los multiplexores por división en el tiempo dividen el ancho de banda que conecta dos nodos en ranuras de tiempo (Time Slots). Cuando se establece una conexión, esta tiene estadísticamente asignado un "slot" (o varios). El ancho de banda asociado con este "slot" está reservado para la conexión haya o no transmisión de información útil. Una pequeña cantidad de ancho de banda para control se utiliza para la comunicación entre los conmutadores, de forma que estos conocen los "slots" que tiene asignados la conexión. Esto se conoce como *direccionamiento implícito*. El conmutador receptor sabe a que canales corresponden los "slots" y por lo tanto no se requiere ningún direccionamiento adicional. Este procedimiento garantiza la permanente asignación de un ancho de banda durante el tiempo que dura la llamada, así como un tiempo de latencia pequeño y constante.

En contraste, los datos son normalmente transmitidos en forma de tramas o paquetes de longitud variable, lo que se adecua bien a la naturaleza de ráfagas de este tipo de información. Sin embargo, este mecanismo de transporte tiene retardos impredecibles y en consecuencia, la conmutación de paquetes no es adecuada para tráfico con tasa de bit constante como la voz. Tampoco la conmutación de circuitos se adecua para la transmisión de datos, ya que si se asigna un ancho de banda durante todo el tiempo para un tráfico en ráfagas, se derrocha mucho ancho de banda cuando este no se utiliza.

Al igual que en las redes de conmutación de paquetes (*X.25* y *Frame Relay*), la tecnología *ATM* está orientada a conexión. Esto significa que antes de que el usuario pueda enviar celdas a la red, es necesario realizar una llamada y que esta sea aceptada para establecer así una *Conexión Virtual* a través de la red. Durante la fase de llamada un *Identificador de Conexión Virtual (VCI)* y un *Identificador de Trayectoria Virtual (VPI)* son asignados a la llamada en cada nodo de intercambio a lo largo de la ruta; Estos dos identificadores son campos de control que irán incluidos en la cabecera (header) de cada una de las celdas y contienen tanto el tipo de conexión, como el enrutamiento de las celdas, respectivamente.

Las celdas son enrutadas individualmente a través de los conmutadores basados en estos identificadores. Por otro lado, los identificadores asignados solo tiene significado a nivel del enlace local, y van cambiando de un enlace al siguiente según las celdas pertenecientes a una conexión pasan a través de cada conmutador *ATM*. Esto significa, que la información de encaminamiento (*routing*) transportada por cada cabecera puede ser relativamente pequeña. Asociado con cada enlace o puerto entrante del conmutador *ATM*, hay una tabla de encaminamiento que contiene el enlace o puerto de salida y el nuevo *VCI* que va a ser utilizado en correspondencia a cada *VCI* entrante.

De este modo el encaminamiento de celdas en ambas direcciones a lo largo de la ruta es extremadamente rápido, ya que consiste en una simple operación de consulta en una tabla. Como resultado, las celdas procedentes de cada enlace pueden ser conmutadas independientemente a velocidades muy altas. Esto permite el uso de arquitecturas de conmutación paralelas y circuitos de alta velocidad que pueden manejar hasta Gigabits, cada uno operando a su máxima capacidad. Celdas procedentes de diferentes fuentes son multiplexadas juntas de forma estadística a efectos de conmutación y transmisión.

Un *conmutador o switch ATM* podría describirse como una caja que mantiene en su interior una gran cantidad de ancho de banda, siendo este recurso cedido o recuperado dinámicamente según el aumento o disminución de las necesidades. En este sentido, se dice que *ATM* proporciona **ancho de banda bajo demanda**.

La técnica *ATM* multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta virtual colocándolas en particiones (slots), de manera similar a la técnica *TDM*. Sin embargo, *ATM* llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes. La figura siguiente describe los procesos de conmutación implícitos los *VC switches* y los *VP switches*.

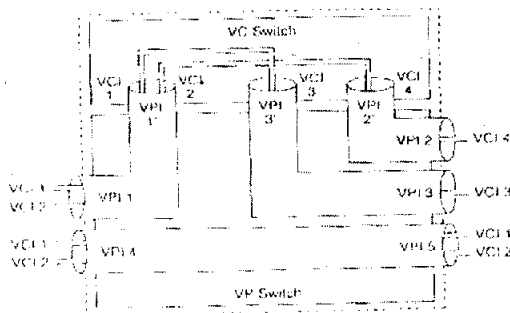


Figura 3-6: VC Switches y VP Switches

ATM soporta dos tipos de conexiones:

- **Conexiones Punto a Punto.** La conexión punto a punto conecta dos sistemas finales *ATM* y puede ser unidireccional (comunicación de un solo sentido) o bidireccional en dos sentidos.
- **Conexiones Punto a Multipunto.** La conexión punto a multipunto conecta un sistema final fuente simple (conocido como nodo raíz) a múltiples sistemas finales destino (conocidos como hojas). Estas conexiones son únicamente unidireccionales. Los nodos raíz pueden transmitir a las hojas. Pero las hojas no pueden transmitir a la raíz, o entre ellas dentro de la misma conexión.

En las siguientes figuras se puede observar las conexiones punto a punto así como la de punto a multipunto.

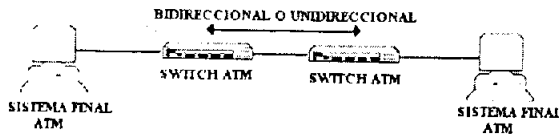


Figura 3-7: Conexión ATM Punto a Punto

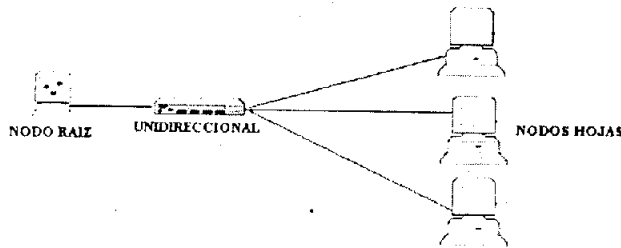


Figura 3-8: Conexión Punto a Multipunto

3.5.1 VPI

Ya hemos mencionado que cada conexión virtual se va a identificar por un número (identificador), que tiene solamente un significado local para cada enlace en la conexión virtual. Por lo tanto la función básica que queda en el encabezado es la identificación de la conexión virtual. Esta función es realizada por dos subcampos del encabezado: *VCI* (*Virtual Channel Identifier - Identificadores de Conexión Virtual*) y el *VPI* (*Virtual Path Identifier - Identificadores de Trayectoria Virtual*).

Las trayectorias virtuales son conexiones semi-permanentes entre dos puntos extremos que tienen que transportar un número muy grande de conexiones simultaneas. Este concepto se conoce también como *red virtual*.

En este concepto, los recursos disponibles de la red son asignados en forma semi-permanente para permitir que su manejo sea simple y eficiente. Para establecer esta red virtual, se define un campo en el encabezado, llamado *VPI*.

El *VPI* se usa para distinguir diferentes enlaces de ruta virtual los cuales son multiplexados en el nivel *ATM* dentro de la misma conexión física. Dos canales virtuales que pertenezcan a diferentes rutas pueden tener *VCI* idénticos, por lo que es necesario el *VPI* para poder identificarlos.

3.5.2 VCI

Esta función llamada *VCI* (*Virtual Channel Identifier*) consiste en utilizar un identificador que se asigna en el establecimiento de la conexión. Este identificador es un subcampo del encabezado y que tendrá solamente un significado local sobre el enlace entre los nodos *ATM*.

Cuando se libera la conexión, los valores del *VCI* en los enlaces abarcados también serán liberados y podrán ser reutilizados por otras conexiones.

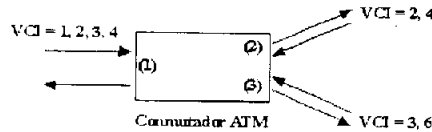


Figura 3-9: Identificador de Canal Virtual

3.6 CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS

El manejo de distintos tipos de tráfico en *ATM* simplifica la infraestructura de telecomunicaciones y reduce costos de operación ya que permite tener una sola red para el transporte de datos, voz y video. Como tecnología multiservicio, *ATM* ofrece diferentes clases de conexiones, denominadas categorías de servicio por el *Foro ATM* y capacidades de transferencia por el *ITU-T*.

Las categorías de servicio permiten agrupar circuitos virtuales *ATM* que tienen requerimientos de calidad de servicio (*QoS*) y características de tráfico similares.

El usuario de la capa *ATM* puede seleccionar una categoría de servicio para obtener una combinación específica de parámetros de tráfico y desempeño. La red, por su parte, utiliza las categorías de servicio para asignar eficientemente los recursos de la red y ofrecer servicios con diferentes relaciones costo-desempeño.

Es importante mencionar que una aplicación específica no está restringida a utilizar una categoría de servicio particular, sino que puede seleccionar cualquiera que sea consistente con sus necesidades.

Los parámetros de *QoS* y de tráfico definen cuatro categorías de servicio:

1.- CLASE A (CBR)

CBR (*Constant Bit Rate - Tasa de Bit Constante*) es el servicio con más alta prioridad. Corresponde a un servicio orientado a conexión, que transporta tráfico constante, el cual debe cumplir forzosamente con ciertos requerimientos de variación y retardo de celdas (tráfico constante con variación de retardos mínima).

La red reserva el ancho de banda necesario, garantizando mínima pérdida de celdas y mínimas variaciones en retardos. De este modo cada *CBR* tiene su propio ancho de banda asignado fijo.

Esta diseñado para transmisión de voz y vídeo y emulación de circuitos (como *E3*).

2.- CLASE B (VBR)

VBR (Variable Bit Rate - Tasa de Bit Variable) es una categoría de servicio que se utiliza para transportar el tráfico que se genera por ráfagas, es decir, presenta un ancho de banda variable con límites estrictos en retardo y variación del retardo. Tiene dos modalidades: *rt-VBR* y *nrt-VBR*.

rt-VBR (real time-Variable Bit Rate) es una buena forma de transportar tráfico sensible al retraso utilizando menos ancho de banda que *CBR*. Las aplicaciones de voz y vídeo comprimido utilizan este servicio. La velocidad de transmisión de estas aplicaciones varía con el tiempo.

nrt-VBR (non real time-Variable Bit Rate) se utiliza también para tráfico en ráfagas, sólo que no da garantías de retraso. Algunas aplicaciones típicas son: monitoreo de procesos, transacciones bancarias, etc.

3.- CLASE C (UBR)

UBR (Unspecified Bit Rate - Tasa de Bit No Especificada) transmite tráfico que no requiere de garantías de calidad de servicio, es decir, no se garantiza la recepción de las celdas o las variaciones en retardos. Aprovecha el ancho de banda que no emplean las demás categorías y es normalmente más barato. La estación puede enviar tráfico cuando lo necesite y la red lo aceptará, si hay una congestión, las celdas a transmitir simplemente se descartan y la estación transmisora no recibirá ningún tipo de aviso y el conmutador eliminará celdas cuando sus buffers estén llenos.

Lo anterior significa que la tasa potencial de pérdida de celdas bajo *UBR* puede ser inaceptablemente alta, por lo cual se utiliza para transmisión de datos que no exigen calidad de servicio, como por ejemplo transferencia de archivos en background y correo electrónico.

4.- CLASE D (ABR)

ABR (Available Bit Rate - Tasa de Bit Disponible) es un servicio que está diseñado para transportar tráfico en ráfagas cuyo ancho de banda no se conoce del todo o es variable. Se tiene que especificar el ancho de banda mínimo necesario (el cual puede ser cero). El ancho de banda será asignado por la disponibilidad del mismo en el momento del inicio de la transmisión.

El uso de esta categoría evita compromisos con un ancho de banda promedio que probablemente no se aproveche en su totalidad debido a las características de las aplicaciones, por lo tanto es el servicio que más conviene para interconectar y emular LAN's, y en general, para el transporte de datos (IP ó Frame Relay, por ejemplo) que no tienen necesidad de transmisión en tiempo real.

Como podemos observar, la red *ATM* le otorga un tratamiento distinto a cada tipo de tráfico: A *CBR* y a *VBR* les reserva el ancho de banda, y por tanto, les garantiza el tráfico, por ello si no está disponible todo el ancho de banda solicitado la transmisión se desestima. Al tráfico *ABR* le asigna el ancho de banda disponible en cada momento y para evitar pérdidas establece un control de congestión. Al tráfico para *UBR* le asigna el ancho de banda disponible pero en caso de congestión puede descartar paquetes (celdas de datos), por lo que no garantiza la llegada de los datos.

3.7 CAPA FISICA ATM

El protocolo *ATM* consiste de tres niveles o capas básicas: La Capa Física, la Capa ATM y la capa de Adaptación de ATM (AAL.)

La **Capa Física** (*Physical Layer*) define la forma en que las celdas son transportadas a través de la red *ATM*, y es responsable de que estas se transmitan y lleguen de manera correcta, siendo independiente de los medios físicos que se utilicen para ello.

A diferencia de muchas tecnologías LAN como *Ethernet*, que especifican ciertos medios de transmisión (10 base T, 10 base 5, etc.) *ATM* es independiente del transporte físico. Las celdas *ATM* pueden ser transportadas en redes *SONET* (*Synchronous Optical Network*), *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*), *T3 E3*, *TI/E1* o aún en módems de 9600 bps.

Existen dos subcapas en la capa física que separan el medio físico de transmisión y la extracción de los datos: **PMD** y **TC**

La subcapa **PMD** (*Physical Medium Dependent*) establece la interfaz con el medio físico, transfiere los bits y controla su temporización. Tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc. Como su nombre lo indica, esta subcapa sí depende del medio físico de transmisión.

La subcapa **TC** (*Transmission Convergence*) es la encargada de extraer la información contenida desde la subcapa **PMD**. Esto incluye la generación y el chequeo del campo de *control de error en el encabezado* ó **HEC** (*Header Error Corrección*) extrayendo celdas desde el flujo de bits de entrada y el procesamiento de celdas disponibles (fidles) y el reconocimiento del límite de la celda. Otra función importante es intercambiar información de operación y mantenimiento (**OAM**) con el plano de administración.

3.7.1 SDH (Jerarquía Digital Sincrona)

SDH es el acrónimo de *Synchronous Digital Hierarchy* (*Jerarquía Digital Sincronía*) y es un estándar de transmisión óptico (semejante a *SONET*), desarrollado por la *ITU-T*, y que opera administrando la carga de información y transportándola a través de una transmisión sincrona en la red.

La existencia de diversas jerarquías digitales (la Europea y la Americana) hacen que cuando el tráfico sobrepasa las fronteras nacionales, haya necesidad de efectuar conversiones generalmente costosas para llevar la señal a otro país. Esto forzó a crear una jerarquía digital que proporcionara un estándar mundial unificado que a su vez, ayude a que la administración de la red sea más efectiva y económica. Además, satisface las demandas de nuevos servicios y más capacidad de transmisión por parte de los usuarios.

El formato básico de una señal **SDH** permite a esta ofrecer varios servicios debido a que maneja un ancho de banda flexible. Esta capacidad permitirá la transmisión a alta velocidad de paquetes conmutados para soportar servicios como la videoconferencia y **HDTV** (Televisión de Alta Definición)

ESTRUCTURA BÁSICA DE SDH

SDH trabaja con una estructura o trama básica definida por la *ITU-T* (antes *CCITT*) como Modulo Sincrono de Transporte de Nivel 1 **STM-1** (*Synchronous Transport Module Level 1*), la cual equivale a una tasa de transmisión de 155.520 Mbps.

Los valores superiores son múltiplos de esta velocidad, y se denominan *STM-n*, donde 'n' es el número de veces que contiene un STM-1.

Nivel	Señal	Velocidad	Velocidad Real
1	STM_1	155.520 x 1	1555.520 Mbits/s
4	STM_4	155.520 x 4	622.080 Mbits/s
16	STM_16	155.520 x 16	2.488.320 Mbits/s

Tabla 3-1: Velocidades binarias de STM

Las interfaces STM-1 y STM-4 (que corresponden a 155.520 Mbps y 622.080 Mbps) están especificadas en la capa física de ATM. La velocidad de 155.520 Mbps es la más utilizada en estas redes, a menudo se la suele referir como 155 Mbps.

3.7.2 SONET (Synchronous Optical Network)

SONET (Synchronous Optical Network - Red Óptica Sincrona) es una red física de alta velocidad para la transmisión de datos, voz y vídeo en tiempo real a través de fibra óptica, utilizando una estructura de trama para el multiplexado de tráfico digital de alta velocidad.

SONET fue creado por la compañía *Bellcore* a mediados de los 80s y se convirtió en un estándar de la industria norteamericana para los sistemas de transmisión por fibra óptica luego de que fue normalizada por el *ANSI (American National Standards Institute)* y posteriormente recomendada a nivel mundial por el *ITU-T (antes CCITT)*. De esta forma, aunque *SONET* fue un sistema adoptado inicialmente en Estados Unidos, y luego se utilizó ampliamente en Europa y Japón, actualmente ya se considera una red potencialmente global y reconocida en todo el mundo, gracias a que permite a los operadores de redes ópticas combinar y hacer coincidir equipos de diferentes proveedores, además de que proporciona los beneficios de una línea privada de alta velocidad, servicios de multiplexaje y tasas de transmisión óptica variable, algo que no había sido posible con los sistemas previos de transmisión de fibra óptica.

Tasas de bit y designaciones

La estructura básica de SONET es una trama de 810 bytes, los cuales se envían a una velocidad de 125 mseg (8000 tramas por segundo). La velocidad mínima a la cual opera SONET es de 51,84 Mbps.

$$810 \text{ bytes} \times 8000 \text{ tramas/seg} \times 8 \text{ (bits)} = 51.84 \text{ Mbps}$$

La trama básica de SONET se ha definido como *STS-1 (Señal Sincrona de Transporte de Nivel 1 - Synchronous Transport Signal Level 1)*. Esta estructura o trama básica es equivalente a la designada por el *ITU-T* para *SDH (STM-1)*. Aunque en realidad, el nivel más pequeño de señal STM que es permitido por el *ITU-T* es de 155.52 Mbps (equivalente a un STS-3).

El nivel 1 de transporte contiene 90 columnas x 9 filas de bytes por trama (810 bytes). Las 3 primeras columnas de cualquier fila son usadas para la administración y control del multiplexaje del sistema, como la información del trayecto de servicio o *POH* (*Path Overhead*) para mandar información de funciones entre el punto de origen y el de destino. Las restantes 87 columnas de cada fila (774 bytes) quedan libres para los datos. El orden para transmitir la trama es de fila por fila, de izquierda a derecha.

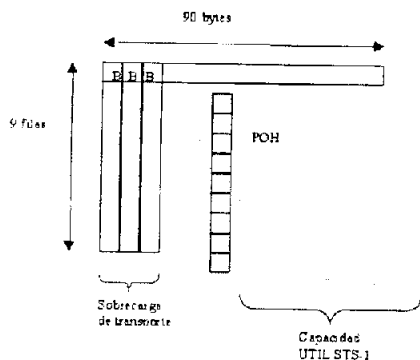


Figura 3-10: Trama básica de SONET (STS-1)

La jerarquía de SONET proporciona velocidades de transmisión que van desde los 51.84 Mbps hasta 2.488 Gbps. Los niveles superiores de transporte son referidos como *STS-n* y están compuestos por 'n' señales *STS-1*.

Es necesario especificar que a las señales *STS-1* se les denomina también como Señales Ópticas Portadoras *OC-n* (*Optical Carrier Level 'n'*).

Designación en EIA		Tasa (Mbps)	Designación CCITT
Señal Eléctrica	Señal Óptica		
STS-1	OC-1	51.84	
STS-3	OC-3	155.52	STM-1
STS-9	OC-9	466.56	STM-3
STS-12	OC-12	622.08	STM-4
STS-18	OC-18	933.12	STM-6
STS-24	OC-24	1244.16	STM-8
STS-36	OC-36	1866.24	STM-12
STS-48	OC-48	2488.32	STM-16

Tabla 3-2: Señales de transmisión de SONET

En resumen, el estándar SONET presenta lo siguiente:

- Las velocidades de transmisión, las interfaces ópticas, así como facilidades de gestión, administración y mantenimiento como parte del estándar.
- Una jerarquía de velocidades de señales ópticas válida en todo el mundo.

- Canales multiplexados sobre canales síncronos. Esta estructura permite saber exactamente donde están las tramas de un canal determinado para así poder extraer esas tramas sin necesidad de demultiplexar toda la señal multiplexada. La ventaja que esto proporciona a los clientes es que se pueden encaminar muchos tipos de canales diferentes (de alta y de baja velocidad) a través de la red.
- Normas de transmisión por fibra óptica que permiten la interconexión de los sistemas fabricantes y compañías de telecomunicaciones diferentes.

3.8 CAPA ATM

Este es el nivel de conmutación y transmisión de *ATM*. Define la estructura de la cabecera de la celda, y como las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en la red *ATM*. Las celdas contienen además de la información de la aplicación información de las rutas y circuitos virtuales necesarios para alcanzar la estación destino. Realiza las funciones de multiplexación estadística de celdas procedentes de diferentes conexiones, y su encaminamiento sobre las conexiones virtuales. Las conexiones lógicas en el nivel *ATM*, están basadas en el concepto de *Camino Virtual* (Virtual Path) y *Canal Virtual* (Virtual Channel). Una *Conexión de Camino Virtual (VPC)* es una colección de *Conexiones de Canal Virtual (VCC)* tributarios que son transportados a lo largo del mismo camino o ruta.

La capa *ATM (ATM Layer)* es completamente independiente del medio físico utilizado para transportar las células *ATM* y por lo tanto es independiente de la Capa Física. Las siguientes son las funciones principales realizadas por esta capa:

- Multiplexación y demultiplexación de células de diferentes conexiones que son reconocidas por sus valores diferentes de *VPI* y *VCI*.
- Traducción del identificador, pues ésta es requerida en la mayoría de los casos cuando se conmuta una célula desde un enlace físico hacia otro dentro de un conmutador *ATM* o en una conexión cruzada. Esta traducción se puede realizar ya sea en el *VPI* o en el *VCI* por separado o en ambos simultáneamente.
- Dar al usuario de un *VCC* o *VPC* una clase de *QoS*, de las clases soportadas por la red. Algunos servicios pueden requerir de un determinado *QoS* para una parte del flujo de células de una conexión, y un *QoS* menor para el resto.
- Funciones de Gestión.
- Extracción y/o inserción del encabezado de célula antes y/o después de que la célula sea entregada y/o recibida desde la Capa de Adaptación.
- Implementación de un mecanismo de control de flujo en la interfaz de red del usuario, utilizando los bits del campo de control de flujo genérico del encabezado.

La *capa ATM* proporciona conexiones transparentes, extremo a extremo, hacia las capas superiores. Un *Canal Virtual (VC)* se define como una conexión lógica unidireccional entre dos puntos finales para la transferencia de células *ATM*. Cada canal virtual es caracterizado por un identificador (*VCC*).

Las especificaciones de *ATM* permiten hasta 16.7 millones de conexiones virtuales (24 bits) sobre una interfaz de usuario. Sin embargo, los conmutadores no pueden gestionar un número tan grande de conexiones. Por este motivo se define el *Trayecto Virtual (VP)*, identificado por el *VPI*, como la agrupación lógica de varios canales virtuales. Así, el manejo de las conexiones es jerárquico: por encima queda el nivel de trayecto virtual y por debajo el de canal virtual.

En una red *ATM* típica, la conexión lógica extremo a extremo recibe el nombre de conexión de canal virtual (*VC*) y está soportada por conexiones físicas entre los nodos (conmutadores) de la red.

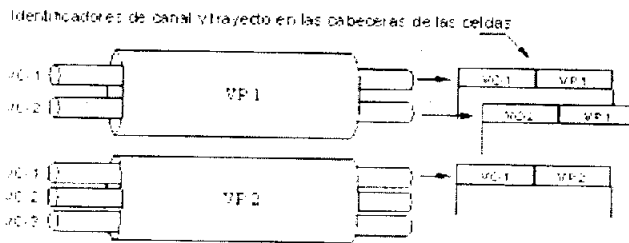


Figura 3-11: Conexiones de la Capa *ATM*

En este nivel es donde se efectúan las funciones del uso del protocolo de señalización el cual realiza las funciones de exploración de la red.

Además en este nivel se ordena el envío de las celdas de la siguiente manera:

- * Envía byte a byte empezando desde el uno hasta el 53
- * Cada bit de cada uno de los octetos es enviado de manera decreciente, es decir del bit 8 al bit 1.

3.8.1 FORMATO DE LA CELDA *ATM*

Las celdas pequeñas y de longitud constante son ventajosas para el tráfico con tasa de bit constante (Voz, Video) y son muy útiles en general ya que permiten un tiempo de latencia muy bajo, constante y predecible, así como una conmutación por hardware a velocidades muy elevadas. También, en el caso de pérdida de celdas por congestión o corrupción, la pérdida no es muy grande siendo en muchos casos remediable o recuperable. De hecho, el tráfico de Voz y Video, no es muy sensible a pequeñas pérdidas de información, pero sí es muy sensible a retardos variables, sucediéndole lo contrario al tráfico de datos. En una red *ATM*, donde las celdas no están reservadas sino asignadas bajo demanda, el conmutador receptor no puede determinar por adelantado a que canal corresponde cada celda. La cabecera presente en cada celda, consume aproximadamente un 9.5% del ancho de banda, siendo este el precio que hay que pagar por la capacidad para disponer de ancho de banda bajo demanda, en lugar de tenerlo permanentemente reservado y eventualmente desperdiciado.

La adopción de una cabecera de 5 bytes ha sido posible, porque no se realiza recuperación de errores en los nodos intermedios, tampoco se emplean direcciones válidas a nivel de toda la red, tales como la dirección *MAC* en *Ethernet* o *IP* en redes tipo *TCP/IP*. La célula *ATM* tiene una longitud fija de 53 bytes.

Cabecera (5)

Carga (48)



Figura 3-12: Célula de ATM

Esta célula consta de una cabecera de 5 bytes que la identifica, su destino dentro de la red con el número de trayecto virtual y canal virtual, una protección adicional para saber si tiene errores y poder auto-corriger la presencia de uno, tipo de carga transportado y su nivel de prioridad para ser eliminada en caso de congestión

También consta de una zona de carga de 48 bytes que lleva la información del servicio prestado, sin ninguna protección ante la presencia de errores.

Las células entrantes compiten por los intervalos o ranuras de tiempo disponibles en el medio físico utilizado. Si no hay ningún espacio disponible, la célula se pone en cola en el nodo ATM. La formación de colas introduce retrasos variables en las células a través de la red, dependiendo de la densidad de tráfico. Debido a este retraso variable de las células y su ubicación, se dice que el modo de transferencia de las células es asíncrono.

Para el encabezado de la celda ATM existen dos tipos de formatos diferentes: La *Interface de Usuario a Red (User Network Interface - UNI)*, la cual es la interface entre el usuario y la red, y la *Interface Entre Nodos de Red (Network Node Interface - NNI)*, los cuales se describen en la figura siguiente:

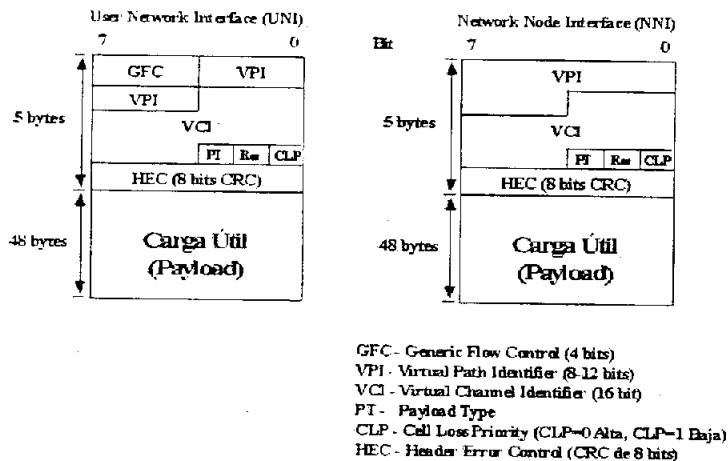


Figura 3-13. Formatos para la cabecera de celdas ATM (UNI y NNI)

FORMATO DE CELDAS UNI

El formato que se utiliza en el enlace de acceso entre el usuario y la red (*ATM-UNI*) está pensado para usuarios que utilizan equipos que trabajan en modo nativo *ATM* y que generan directamente celdas. A continuación se describen los campos que conforman la estructura de las celdas de *ATM* en una interfaz *UNI*:

- **GFC** (*Control de Flujo Genérico - Generic Flow Control*): Es un campo de 4 bits, que sólo está presente en las celdas *UNI*. Su utilización y codificación vienen definidas por el mecanismo de control genérico de flujo. Al pasar la celda hacia la red, este campo es asignado al *VPI*.
- **VPI/VCI** (*Identificador de Circuito Virtual y de Canal Virtual - Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier*): Contienen los pares de ruta virtual y de circuito virtual que identifican a una celda. Su significación es sólo local y puede ir cambiando su valor de switch a switch. En la interfaz *UNI*, este identificador consta de 24 bits (8 para el *VPI* y 16 para el *VCI*), mientras que al interior de la red consta de 28 bits (se sobrescribe el campo *GFC*).
- **PTI** (*Identificador del Tipo de Información - Payload Type Identifier*): Es un campo de 3 bits, el primer bit distingue entre celdas que contienen información del usuario y celdas que contienen información de operación, administración y mantenimiento (*OAM*) de la red; En las celdas que contienen información del usuario, el segundo bit permite notificar explícitamente al receptor si un nodo de la red estuvo moderadamente congestionado al momento de transportar la celda y el tercer bit indica si se trata de la última celda de un mensaje del nivel superior *AAL5*.
- **CLP** (*Bit de Prioridad de Pérdida de la Celda - Cell Loss Priority*): Este bit puede ser usado por el usuario para diferenciar entre tráfico de alta prioridad (*CLP=0*) y tráfico de baja prioridad (*CLP=1*), es decir, si este bit está activado, entonces la celda puede ser descartada en caso de congestión. El nodo de acceso a la red puede marcar una celda como de baja prioridad si se excede la velocidad de transmisión de celdas negociada al momento de establecer el circuito virtual. Las celdas de baja prioridad son las que primero se descartan en los switches de la red en caso de congestión.
- **HEC** (*Control de Error para el Encabezado - Header Error Control*): Es un campo de 8 bits que se utiliza para detectar errores múltiples y corregir errores de un bit en el encabezado.

FORMATO DE CELDAS NNI

El encabezado de celdas *NNI* consta también de 5 bytes, con un formato que es idéntico al formato *UNI* excepto por el primer octeto. El formato *NNI*, el cual provee grupos de *VCI's* entre conmutadores, define 4 bits adicionales para el campo *VPI*. En otras palabras, el formato *NNI* no utiliza el campo *GFC* y el espacio ocupado por el lo toma el campo *VPI* por lo que la longitud de este es de 12 bits y 16 bits para el campo *VCI*.

3.8.2 PROTOCOLOS DE LA CAPA ATM

PROTOCOLO DE CONTROL DE LA CONEXION

Dentro de la *capa ATM* existe un *protocolo de control de la conexión* que negocia la clase de servicio específica y las características del ancho de banda de cada circuito virtual durante el establecimiento de una llamada. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y verifica si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir. En caso afirmativo, la red acepta el circuito y a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento. Esto permite que cada circuito virtual sea cortado a medida para su uso específico, por ejemplo vídeo o paquetes de datos, siendo la calidad del servicio (*QoS*) una característica inherente de *ATM*.

PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO

Para poder entregar la *QoS* ofrecida, las redes *ATM* deben contar con mecanismos que permitan evitar la congestión o superarla rápidamente, de manera que no afecte a los flujos de tráfico existentes. Estos mecanismos se conocen como Manejo de tráfico y Enrutamiento.

El control de congestión en *ATM* se realiza mediante diferentes funciones conocidas en conjunto como Manejo de Tráfico, siendo algunas de estas funciones parte del proceso de enrutamiento de las conexiones.

Por ser un modo de transferencia orientado a conexión, en *ATM* se pueden evitar gran parte de los problemas de la congestión por medio de un adecuado enrutamiento de las conexiones. *PNNI (Interfaz Nodo-Red Privada)* es el protocolo definido por el *ATM Forum* para el intercambio de señalización y enrutamiento en redes *ATM*. El protocolo de enrutamiento es lo que diferencia a *PNNI* de otros protocolos de interconexión de redes, ya que usa lo que se conoce como "paquetes *Hello*" para identificar y verificar a los nodos vecinos y para determinar el estado de los enlaces entre nodos. Al propagar esta información del estado de la red, cada nodo recolecta suficiente información para entender y mantener la topología de la red.

3.9 CAPA DE ADAPTACIÓN ATM

La *capa de adaptación a ATM* transforma los servicios de las capas superiores: voz, vídeo, datos, etc. para permitir su correcta transmisión a través de una red *ATM*. Constituye un protocolo diseñado para cubrir las necesidades de cualquier clase de servicio, es decir, es la parte de la red *ATM* que permite diferenciar y manejar los distintos tipos de información.

Esta capa representa la liga entre la celda *ATM* y los servicios de alto nivel (transporte) y esta dividida en dos subniveles que son:

- El *subnivel de convergencia (CS: Convergence Sublayer)*. Esta subcapa permite la retransmisión de voz, vídeo y tráfico de datos a través de la misma infraestructura de conmutación, realizando para ello funciones adicionales de multiplexaje, detección de células perdidas y recuperación de tiempos. Además interpreta los datos procedentes de la aplicación del nivel superior y los prepara para su procesamiento por parte de la subcapa de segmentación y reensamblado.
- El *subnivel de segmentación y reensamble (SAR: Segmentación And Reassembly)*. Una vez que la información recibida del *subnivel de convergencia* y antes de que la aplicación transmita esos datos a través de una red *ATM*, la *SAR* segmenta los datos en células de datos *ATM* de 48 bytes. Una vez que las células *ATM* alcanzan su destino, la *SAR* reensambla las células en datos de nivel superior y transmite estos datos a sus dispositivos locales correspondientes.

El *ATM Forum* ha definido 5 niveles ó capas de adaptación conocidos como *AAL's (ATM Adaptation Layer)*. El *AAL* es el responsable de la transportación de las diferentes aplicaciones sobre los niveles de *ATM*, ya que está diseñado para poder transportar cualquier tipo de servicio como voz, video, multimedia, imágenes y aplicaciones de datos, usando un solo formato de celda.

La asignación de un *AAL* específico depende de la naturaleza del servicio a transmitir. Para poder transmitir esta información en una red *ATM*, se requiere de adaptar la información proveniente de los servicios de más alto nivel.

3.9.1 AAL 1

La *Capa de Adaptación ATM de Nivel 1 (AAL1)*, se utiliza en aplicaciones donde la garantía de tiempos entre una estación de trabajo (emisora) y otra (receptora) pueda ser establecida, y la transmisión de bits sea constante para el envío y la recepción de información.

Los servicios provistos por este nivel son:

- Transferencia de los servicios de unidades de datos en un tiempo constante de entrega entre el emisor y el receptor.
- Transferencia de información relacionada con los tiempos entre destino y fuente
- Transferencia de información relacionada con la estructura de datos
- Indicadores de pérdida o información errónea, la cual no es posible recuperar por medio del nivel *AAL* mismo

TIPOS DE TRÁFICO Y SUS RESPECTIVOS AAL

Además del *AAL1* existen los siguientes niveles de *AAL*:

AAL 2

El nivel de *adaptación de adaptación de ATM 2* ofrece transferencia variable de bits entre la estación de trabajo destino y la de origen. Debido a que la estación de trabajo emisora genera información bajo el modo de transmisión de bits variable, algunas de las celdas *ATM* no están completamente llenas y el llenado de las mismas varía de celda a celda. Ofrece las siguientes funciones:

- Recuperación de tiempos, es decir la inserción y extracción de información de tiempos.
- Manejo de celdas perdidas o no entregadas
- Notificación de los errores de avance para los servicios de audio y video.

AAL 3 y 4

Recomendado por la *CCITT* para la transferencia de datos sensibles a pérdida, pero no al retraso. Se subdivide en dos:

- a) **Modo de mensajes:** Los servicios de unidades de datos del nivel de adaptación *ATM* son transferidos a través de la interfaz de *AAL* en una sola unidad de datos de interfaz exacta.

- b) **Modo de Flujo:** Los *AAL-SDU* son pasados en uno o más *AAL-IDU* del cual la transferencia puede ocurrir en tiempos diferentes.

AAL 5

Surge como solución de los problemas de saturación, falta de equipo de usuario final para soportar altas velocidades y pérdida de segmentos que existen en el nivel *AAL 3/4*.

De lo anterior concluimos que el nivel denominado formado *AAL 5* especificado por el *Forum ATM* surgió con el objetivo de ofrecer servicio con menos saturación y detección de errores más eficaz.

Estos diferentes tipos de capas de adaptación ATM (*AAL*) optimizan la transmisión de las diferentes clases de tráfico ATM, tal como se muestra a continuación:

Orientado a Conexión:

CLASE A: *AAL1*

CLASE B: *AAL2*

CLASE C: *AAL3/4* y *AAL5*

Sin Conexión:

CLASE D: *AAL3/4* y *AAL5*

3.10 SEÑALIZACIÓN ATM

Como *ATM* es una tecnología de multiplexación orientada a conexión, la *señalización* constituye uno de sus aspectos fundamentales, ya que se pone en marcha siempre al querer establecer una conexión. Para establecer y gestionar conexiones a través de la red, se necesitan de los protocolos de señalización. Solamente en el caso en que el destino acepte la llamada por medio de un proceso de negociación entre los elementos extremos, es cuando se establece la misma, dando lugar a la apertura de un canal virtual. Uno de los aspectos a tener en cuenta en el proceso de negociación para la aceptación de la llamada es la calidad de servicio (*QoS*) solicitada y aceptable - parámetros de caudal, retardo y seguridad - que, en función de si es posible o no de satisfacer por la red, dará lugar a confirmación o rechazo. En ningún caso una llamada será aceptada si la red no es capaz de garantizar una *QoS* por encima de la aceptable.

La señalización dentro de la pila de protocolos *ATM* se realiza a través de la *Capa de Adaptación de Señalización ATM (SAAL)*. Sobre la capa de señalización *SAAL*, están definidos los estándares para la *Interfase de Red Unificada (UNI)* y la para la *Interfase del Nodo de la Red (NNI)*.

En el caso de *UNI* existen dos estándares: *Q.2931*, versión mejorada del *Q.391* utilizado en *B-ISDN* y estandarizado por la *ITU-T* y, por otro lado, la señalización de la interfaz *UNI versión 3.1*, definida por el *ATM Forum* y basado precisamente en el *Q.2391*, pero que permite la interoperatividad entre distintos fabricantes.

La diferencia de *Q.2391* con respecto a *Q.391* sería básicamente que en *Q.2391* no existe un canal común para la señalización (canal D), sino un canal virtual independiente para cada terminal.

Finalmente, para el caso de la interfaz *NNI* la estandarización de la *ITU-T* esta basada en la *B-ISDN P (B-ISDN Part User)*, y el *ATM Forum* no tiene por el momento un estándar específico para esta interfaz, si bien está trabajando en la definición de un protocolo *NNI* privado (*P-NNI*).

3.10.1 FORMATOS DE DIRECCIÓN ATM

El *ATM Forum* adoptó el modelo de direccionamiento de subred en el cual el *Nivel ATM* es el responsable de mapear las direcciones de nivel de red en direcciones *ATM*. Distintos formatos de dirección han sido desarrollados, uno para redes públicas y tres para redes privadas *ATM*.

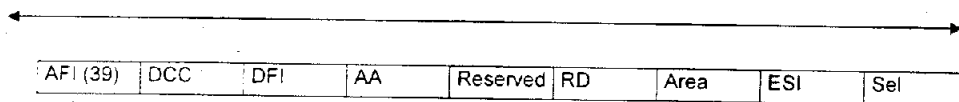
Típicamente las *redes ATM públicas* utilizan números del tipo E.164.

Para las *redes ATM privadas* se desarrollaron tres formatos: *Data Country Code (DCC)*, *International Code Designator (ICD)*, y *Network Service Access Point (NSAP)* encapsulando direcciones del tipo E.164.

A continuación observaremos cada uno de los formatos anteriores.

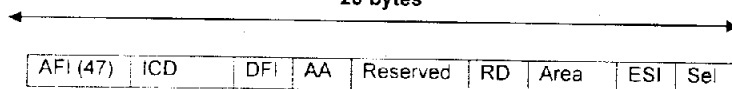
Formato de Dirección DCC:

20 bytes



Formato de Dirección ICD:

20 bytes



Formato de Dirección E.164:

20 bytes



Los campos de cada formato se describen a continuación:

- *AFI (Authority and Format Identifier)*: 1 octeto que identifica el tipo de dirección. Se definieron los valores 45, 47 y 39 para las direcciones E.164, ICD y DCC respectivamente.
- *DCC (Data Country Code)*: 2 octetos.
- *DFI (Domain Specific Part (DSP) Format Identifier)*: 1 octeto.
- *AA (Administrative Authority)*: 3 octetos.
- *RD (Routing Domain)*: 2 octetos.

- Area (*Area Identifier*): 2 octetos.
- ESI (*End System Identifier*): 6 octetos, es una MAC Address.
- Sel (*NSAP Selector*): 1 octetos.
- ICD (*Internacional Code Designator*): 2 octetos.
- E.164 (Número telefónico de *ISDN*): 8 octetos.

3.10.2 MENSAJES DE SEÑALIZACIÓN

A diferencia de la señalización en *B-ISDN*, en donde los mensajes se transportan sobre el canal D, en *ATM* se utiliza un canal virtual independiente por el que adicionalmente puede realizarse un procedimiento de *metaseñalización* mediante el cual pueden generarse canales virtuales adicionales para señalización.

La capa *AAI* utilizada para llevar esto a cabo es la *AAI 5*, esta a su vez, se divide en dos partes, en un proceso de tipo recursivo. Dichas partes son:

La parte inferior se denomina *SSCOP* (*Service-Specific Connection-Oriented Protocol*), que realiza funciones típicas de los protocolos de enlace de datos, como integridad de secuencia, corrección de errores por retransmisión, control de flujo mediante ventana deslizante, etc. El protocolo *SSCOP* está especificado en la Recomendación *Q.2110*.

La parte superior (que proporciona directamente los servicios a la capa superior a *AAI*) se denomina *SSCF* (*Service-Specific Coordination Function*). Hay definidos dos *SSCF*'s:

- *Q.2130* para el protocolo *Q.2931* en la UNI
- *Q.2140* para el protocolo *MTP-3* en la NNI

El equipo final *ATM* envía y recibe mensajes para establecimiento de conexión, status, liberación y mensajes punto a multipunto. Entre los tipos de mensajes están:

- Establecimiento de llamadas (*Setup, Call proceeding, Connect, Connect Acknowledge*).
- Liberación de llamada (*Release, Release Complete*).
- Status (*Status Inquiry, Status*).
- Punto a Multipunto (*Add Party, Add Party Acknowledge, Add Party Reject, Drop Party, Drop Party Acknowledge*).

Los procedimientos de señalización *Q.2931 (ITU-T)* se utilizan para establecer conexiones punto a punto.

Los mensajes extremo a extremo *SETUP* y *CONNECT* son utilizados para realizar conexiones punto a punto.

Los otros mensajes como *CALL PROCEEDING* y *CONNECT ACK* tienen significado local. Los mensajes de señalización se identifican mediante la "referencia de llamada" y se protegen utilizando temporizadores de supervisión. Cuando expira el temporizador, la llamada terminará si no existe respuesta. Para *STAs*, se puede incluir en los mensajes *SETUP* y *CONNECT* mecanismos de autenticación e intercambio de claves. Si el usuario llamado pone a uno un cierto flag del mensaje *CONNECT*, el emisor enviará utilizando la opción de mensaje "conexión disponible". Los elementos de información serán similares a los utilizados en los flujos *QAM*.

3.10.3 PROCEDIMIENTO DE LLAMADA

Estos son los pasos que se siguen cuando se realiza un procedimiento de llamada en *ATM*:

1. Se envía un mensaje sobre el canal de señalización para la conexión (información, del llamado, del llamante, las características del tráfico y la calidad del servicio solicitada)
2. El primer conmutador acepta la conexión y asigna un *VPI/ACI*. Todavía no es útil para transmisión.
3. Un mecanismo de control de admisión determina si la capacidad de la red permite aceptar la llamada. Para ello, la red verifica sus recursos y busca rutas. Hay que tener en cuenta el retardo, el número de células perdidas, etc. según el tipo de información de la cual se desea transmitir (datos, voz, video)
4. La red *ATM* inicia la indicación de llamada al destino.
5. A la terminal de destino le llega un mensaje indicando la llamada entrante con información acerca de la características del tráfico, etc. El destino puede ser desde un terminal sencillo hasta una gran-red *ATM* privada. El destino verifica sus recursos y devuelve un mensaje indicando que se encuentra en proceso de conexión.
6. Si la conexión se puede establecer, se enviará un mensaje de aceptación de la terminal.
7. El mensaje de aceptación se propaga a través de la red hacia el terminal llamante con un mensaje que indica que la conexión ha sido aceptada. Ya se puede utilizar la conexión para transferencia de información.

Estas conexiones corresponden con las tablas de conexión en los conmutadores, quedando como referencia de la conexión una secuencia de entradas en las tablas de los conmutadores.

Si por alguna razón la conexión no se puede establecer, la red tiene que volver atrás y volver a comenzar todo el proceso anterior.

CAPITULO IV

REDES DE VIDEOCONFERENCIA

4.1 TOPOLOGIAS

En un enlace de videoconferencia, como en cualquier otro sistema de comunicaciones, existen tres elementos básicos: el *transmisor*, el *receptor* y el sistema de transmisión o *topología*.

El *transmisor* es el sistema fuente de información, es decir, donde se originan los mensajes a ser transmitidos; por su parte el *receptor* es el sistema final a donde va a llegar el mensaje.

La *topología* es la arquitectura física que interconecta al *transmisor* con el *receptor* para permitir el intercambio de datos entre los dos sistemas.

Existen dos tipos de topologías, los cuales son: *Punto a Punto* y *Multipunto (Punto – Multipunto)*.

4.1.1 PUNTO A PUNTO

Los enlaces *punto a punto* son aquellos en los que se unen directamente (el transmisor y el receptor) sin pasar a través de ningún otro sistema intermedio, dos sistemas o sitios remotos.

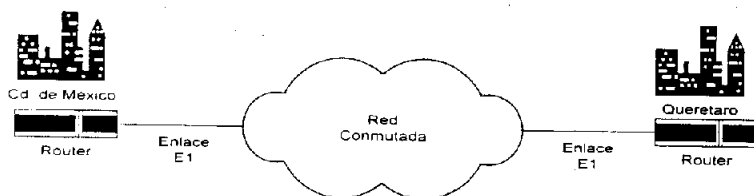


Figura 4-1: Red Punto - Punto

Para el caso de las redes de videoconferencia, una red punto a punto es cuando la conexión es directa y sólo se realiza entre dos equipos de videoconferencia; cada punto dispone de una consola que controla las diferentes funciones: como el movimiento de la cámara, el foco, el sonido, etc. y cada lugar observa al otro a través de sus respectivos monitores.

4.1.2 PUNTO - MULTIPUNTO

Los enlaces *multipunto* son los que se llevan a cabo cuando más de dos sistemas o sitios remotos se comunican entre sí en forma simultánea.

A este tipo de enlaces se les conoce también como *Punto – Multipunto* porque la información a transmitir se genera en un sitio y se transmite hacia los demás sitios que se encuentran interconectados.

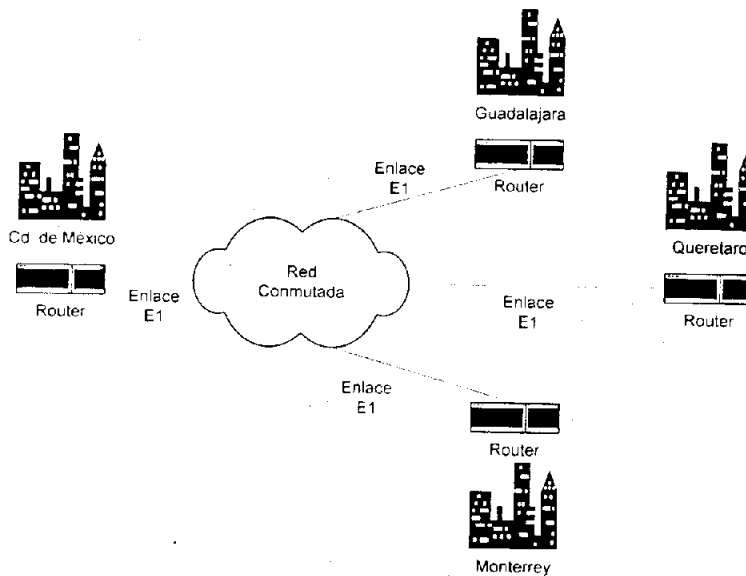


Figura 4-2: Red Punto - Multipunto

En el caso de la videoconferencia, tenemos una red punto – multipunto cuando varios sitios participan en la reunión. Se requiere de un equipo especial adicional a los sistemas de videoconferencia llamado *Unidad Multipunto*, el cual permite la conexión de más de dos lugares durante la conferencia. Esta *Unidad Multipunto* es administrada por uno de los sitios, el cual enlaza a los demás sitios. Conforme cada grupo participante toma la palabra, su imagen y su audio se reproducen en uno de los monitores de los demás sitios. En la videoconferencia multipunto no es posible lograr la denominada "presencia continua", es decir, todos los usuarios no pueden verse simultáneamente entre sí. En cada momento dado, sólo se puede ver a una persona.

4.2 ELEMENTOS DE REDES DE VIDEOCONFERENCIA

Una red de videoconferencia puede estar formada a partir de diferentes enlaces o medios de transmisión, como son:

- Enlaces Dedicados T1
- Enlaces Dedicados E1
- Enlaces de Microondas E1
- Enlaces Satelitales
- Líneas Conmutadas B-ISDN
- CVC en ATM
- Enlaces por conmutación de paquetes

A continuación se procederá a describir cada uno de estos enlaces:

4.2.1 ENLACES DEDICADOS T1

Los enlaces dedicados *T1*, introducidos en 1962 como parte de los sistemas de transmisión de *Bell System* son el origen de todos los servicios de telecomunicaciones.

Son el servicio de transmisión más común en las redes privadas, ya que representan el servicio de telecomunicación más ampliamente utilizado en el mundo; solo en Norteamérica la cobertura mediante enlaces *T1* es superior a los 1500 kilómetros.

Asimismo, los servicios *T1* se encuentran entre los servicios de comunicaciones de área extensa más fiables y económicos disponibles hoy en día.

T1 es el nombre del servicio de transmisión de comunicaciones, que utiliza la multiplexación por división en el tiempo (*TDM*) para concentrar hasta 24 canales digitales de 64 Kbps en un circuito full-duplex de cuatro hilos; esto significa que un servicio *T1* completo tiene un ancho de banda total de 1,544 Mbps.

64 Kbps es el ancho de banda de un canal de voz estándar transmitido a través de un servicio digital. Por lo tanto, *T1* tiene sus orígenes en la tecnología de transmisión de voz. A pesar de ello, es un servicio extraordinariamente flexible y ha llegado a servir bien para comunicaciones de datos.

En los servicios *T1* se utilizan dispositivos denominados concentradores de canales, que son un tipo especial de multiplexor digital para convertir las señales analógicas en tramas digitales. Una trama contiene una muestra de 1 byte de cada uno de los 24 canales de 64 Kbps que están siendo transmitidos a través del *T1*, más un único bit de trama para labores de temporización y alineación.

Los concentradores de canales además de las funciones de conversión de señal analógica a digital, proporcionan interfaces de señalización para la troncal de acceso a la central de conmutación. Esto significa que la conversión y la multiplexación no son visibles para el usuario.

El bit de trama *T1* proporciona un mecanismo de sincronización que el servicio utiliza para establecer las velocidades y duración de la señal, así como los intervalos de muestreo. En una red *TDM* completamente sincrónica, todos los nodos involucrados deben emplear temporización suministrada por un único reloj maestro de la red. El bit de trama también proporciona el medio para transmitir información de gestión y control.

El servicio de transmisión *T1* combina las tramas en grupos de 12, denominados supertramas. A continuación, las supertramas se combinan en grupos de dos (lo que representa un total de 24 tramas), denominados supertramas extendidas.

4.2.2 ENLACES DEDICADOS E1

E1 es el estándar de transmisión digital adoptado en Europa y en algunos otros países, entre ellos México. Los enlaces *E1* fueron desarrollados por la *ITU-T*, siendo el equivalente al estándar norteamericano conocido como *T1* (1.544 Mbps), aunque posee mayor ancho de banda que dicho formato.

El ancho de banda de un enlace *E1* corresponde a 2.048 millones de bits por segundo, es decir, está formado por 32 canales de 64 Kbps cada uno.

Existen enlaces derivados del servicio *E1*, los cuales se muestran a continuación:

- *E2* – equivale a 4 líneas *E1* multiplexadas, con un ancho de banda de 8.448 millones de bits por segundo
- *E3* – equivale a 16 líneas *E1*, con un ancho de banda de 34.368 millones de bits por segundo
- *E4* – equivale a 4 líneas *E3*, con un ancho de banda de 139.264 millones de bits por segundo
- *E5* – equivale a 4 líneas *E4*, con un ancho de banda de 565.148 millones de bits por segundo

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se implemente un enlace de videoconferencia en base al estándar de transmisión digital adoptado por nuestro país.

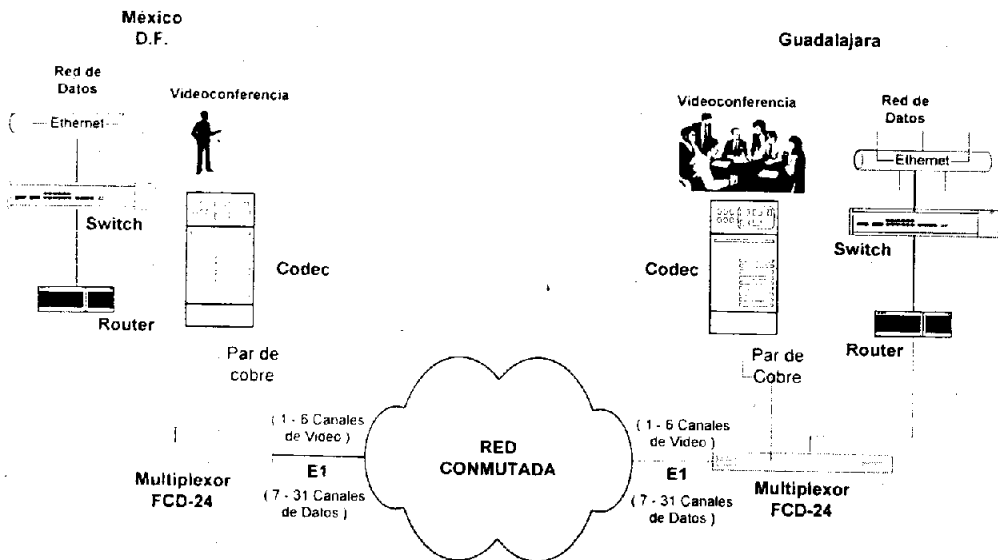


Figura 4-3: Enlace de Videoconferencia por medio de *E1*

Las videoconferencias, a menudo se transmiten por medio de líneas del teléfono especializadas (T1 ó E1 para el caso de México). Estas líneas trabajan a altas velocidades y son muy eficaces para esta tecnología, a pesar de que se deben de alquilar y tienen un costo relativamente alto. Los sistemas de videoconferencia pueden operar a distintas velocidades de transmisión de datos, es decir a varios fragmentos de capacidad de líneas E1. La interfase de acceso al ancho de banda es la llamada V.35, que es un conector especial. Cuando se tiene un enlace E1, es necesario fraccionar el ancho de banda para otorgar el que se necesita para la videoconferencia, al dispositivo que hace esa operación se le llama *multiplexor* o *mux*.

4.2.3 ENLACES DE MICROONDAS E1

Una modalidad que han implementado a últimas fechas los carriers de servicios digitales es la de proporcionar enlaces privados E1 a través de redes de microondas. La transmisión de un E1 por microondas se lleva a cabo por medio de un enlace con línea de vista, es decir, que tanto el transmisor como el receptor son dos antenas que se deberán encontrar alineadas visualmente, sin ningún obstáculo de por medio.

Se utiliza una antena fija en forma de plato parabólico y enfoca un haz angosto para la transmisión. Si se desea transmitir a mayor distancia, se necesita mayor altura en las antenas y se utilizan una serie de torres que van llevando la información.

Las transmisiones de E1 por microondas cubren una porción sustancial del espectro electromagnético de 2 a 40 GHz. Hay mayor frecuencia usada y mayor potencial de ancho de banda, por lo tanto mayor velocidad.

La principal fuente de pérdidas es la atenuación, pero es menor que el par trenzado o el cable coaxial. La atenuación aumenta con la lluvia. Además se utilizan menos repetidores, con respecto a otros medios de transmisión.

Se pueden hacer enlaces punto a punto entre edificios y se pueden transmitir datos, voz y video, por lo tanto los enlaces de videoconferencia son de los servicios para los que más se utilizan este tipo de enlaces, aunque también se utilizan en circuitos cerrados de televisión, enlaces de datos entre redes de área local, entre otras aplicaciones.

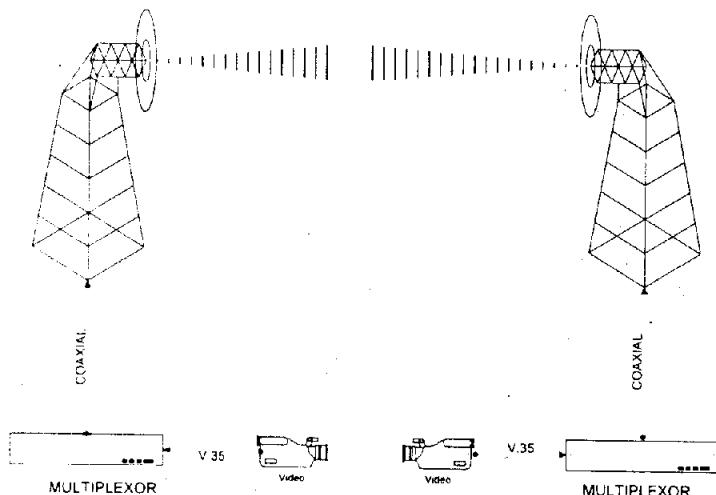


Figura 4-4. Enlace de Videoconferencia por medio de Microondas

4.2.4 ENLACES SATELITALES

La utilización del satélite como medio de transmisión para servicios como la videoconferencia, permite independizar completamente el servicio de la red terrestre, consiguiendo el acceso inmediato en el área de cobertura, así como una fiabilidad de la comunicación superior a la red terrestre. Las señales se transmiten entre las diferentes estaciones en tierra, mediante un satélite situado en una determinada órbita de la tierra, que para este caso es la órbita geoestacionaria (situada a 36.000 Km de la tierra paralelo a la línea ecuatorial). Los satélites permiten transportar grandes cantidades de información.

Las señales viajan sobre una onda portadora en unas frecuencias determinadas.

Banda C:

- Transmisión: entre 6.125 y 6.425 GHz
- Recepción: entre 3.9 y 4.2 GHz

Banda Ku:

- Transmisión: 14 GHz
- Recepción: entre 11.7 y 12.2 GHz

El satélite es, básicamente, una antena repetidora ubicada en el espacio. Permitiendo así, que la información llegue de un lugar a otro de la tierra rápidamente y sin necesidad de varias repetidoras ubicadas en la tierra.

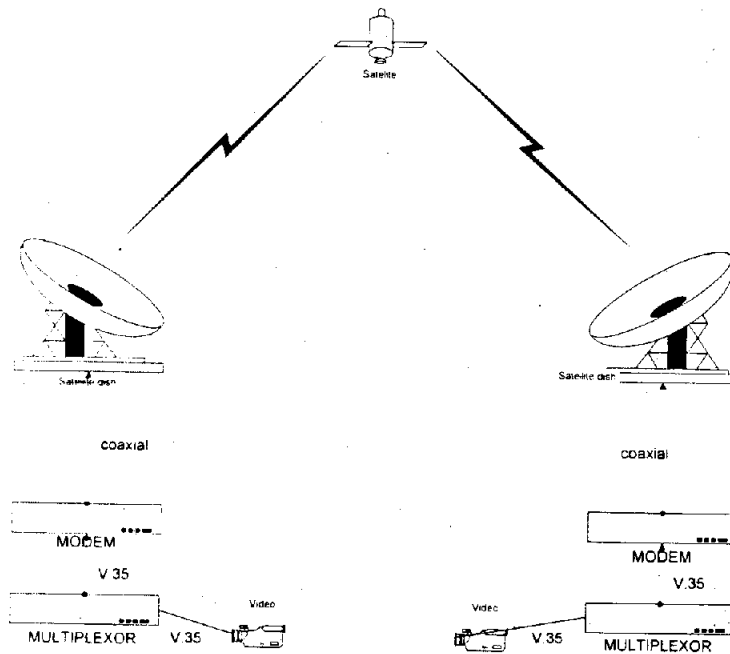


Figura 4-5: Enlace de Videoconferencia Vía Satélite

4.2.5 LINEAS CONMUTADAS EN B-ISDN

Las líneas conmutadas en *B-ISDN* son enlaces dedicados con tecnología digital de punto a punto, es decir, desde el equipo *Network Adapter* hasta el usuario final.

Cuando la videoconferencia se llevará a cabo por medio de un enlace conmutado de *B-ISDN* se requiere por lo menos de un *BRI*, el cual deberá ser entregado por el carrier a través de un conector *RJ45*. Con este tipo de enlaces se pueden realizar videoconferencias a prácticamente cualquier lugar del mundo donde se tengan líneas *BRI*.

Cuando lo que otorga el carrier es un enlace *PRI* de *B-ISDN*, es necesario *dexcanalizar* el ancho de banda (lo que equivale a multiplexar un *E1*).

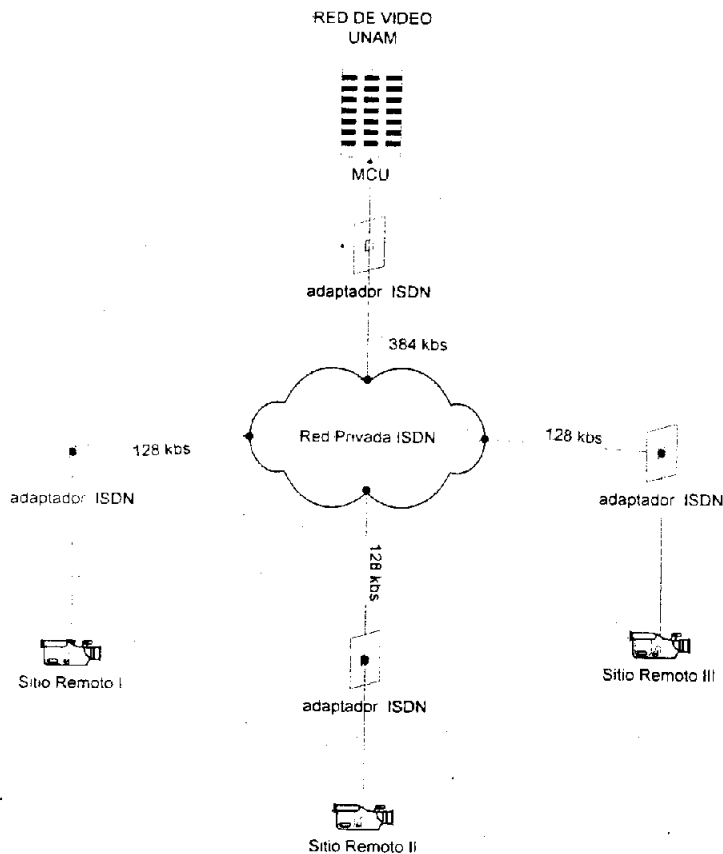


Figura 4-6: Enlace de Videoconferencia por medio de Líneas Conmutadas B-ISDN

4.2.6 CVC EN ATM

Es una red privada basada en la tecnología de conmutación *ATM*, en la cual se establecen *CVC* (*Circuitos Virtuales Conmutados*), también conocidos como *SVC* (*Switching Virtual Circuit*) por sus siglas en inglés.

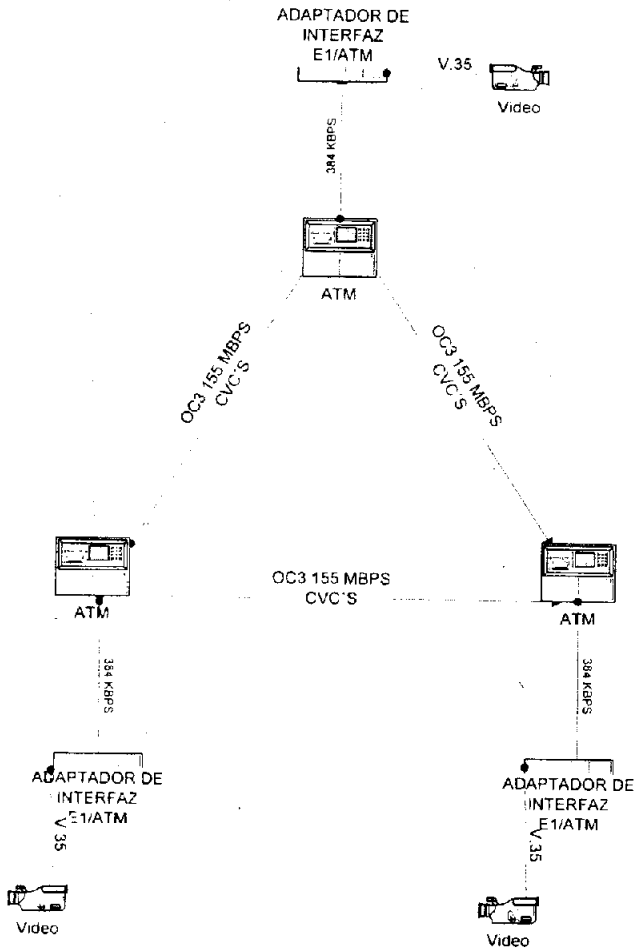


Figura 4-7: Enlace de Videoconferencia por medio de CVC en ATM

4.2.7 ENLACES POR CONMUTACIÓN DE PAQUETES (H.323)

El H.323 es una familia de estándares definidos por el ITU para las comunicaciones multimedia sobre redes LAN. Está definido específicamente para tecnologías LAN que no garantizan una calidad de servicio (QoS).

Algunos ejemplos son TCP/IP e IPX sobre Ethernet, Fast Ethernet o Token Ring. La tecnología de red más común en la que se están implementando H.323 es IP (Internet Protocol).

Este estándar define un amplio conjunto de características y funciones. Algunas son necesarias y otras opcionales. El H.323 define mucho más que los terminales. El estándar define los siguientes componente más relevantes:

- Terminal
- GateWay
- Gatekeeper
- Unidad de Control Multipunto

El H.323 utiliza los mismos algoritmos de compresión para el vídeo y el audio que la norma H.320, aunque introduce algunos nuevos. En Enero de 1996, un grupo de fabricantes de soluciones de redes y de ordenadores propuso la creación de un nuevo estándar ITU-T para incorporar videoconferencia en la LAN. Inicialmente, las investigaciones se centraron en las redes de área local, pues éstas son más fáciles de controlar. Sin embargo, con la expansión de Internet, el grupo hubo de contemplar todas las redes IP dentro de una única recomendación, lo cual marcó el inicio del H.323.

El H.323 soporta vídeo en tiempo real, audio y datos sobre redes de área local, metropolitana, regional o de área extensa. Soporta así mismo Internet e intranets. En Mayo de 1997, el Grupo 15 del ITU redefinió el H.323 como la recomendación para "los sistemas multimedia de comunicaciones en aquellas situaciones en las que el medio de transporte sea una red de conmutación de paquetes que no pueda proporcionar una calidad de servicio garantizada".

El H.323 es la primera especificación completa bajo la cual, los productos desarrollados se pueden usar con el protocolo de transmisión más ampliamente difundido (IP). Existe tanto interés y expectación entorno al H.323 porque aparece en el momento más adecuado debido a que los administradores de redes tienen amplias redes ya instaladas y se sienten confortables con las aplicaciones basadas en IP, tales como el acceso a la web. Además, los ordenadores personales son cada vez más potentes y, por lo tanto, capaces de manejar datos en tiempo real tales como voz y vídeo.

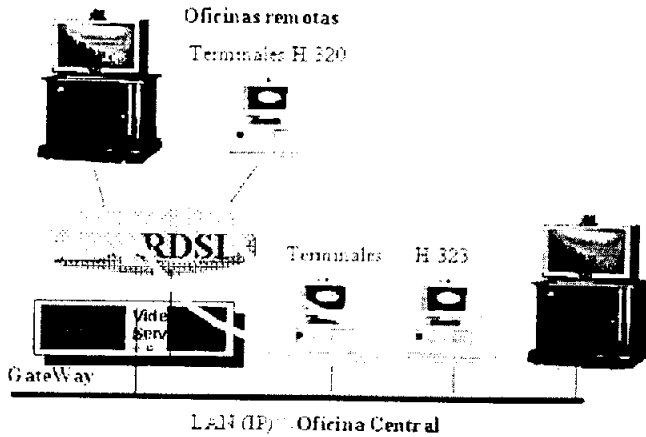


Figura 4-8. Enlace de Videoconferencia por medio de H.323

4.3 UNIDAD DE CONTROL MULTIPUNTO

Cuando es necesario llevar a cabo videoconferencias multipunto, es decir, entre tres o más puntos finales, la opción es utilizar un equipo conocido como *Unidad de Control Multipunto (MCU)*. El *MCU* maneja y activa las señales de audio, video y datos por cada sitio para proporcionar una videoconferencia interactiva entre numerosas ubicaciones.

El *MCU* tiene la capacidad de controlar conferencias entre tres o más terminales *H.320*, donde todas las terminales que participan de la conferencia deben conectarse con el *MCU*.

También controla los recursos a ser utilizados, negocia con las terminales el tipo de datos a ser transferidos, determina las capacidades comunes para el proceso de audio y video, y opcionalmente puede centralizar el flujo de datos entre los participantes, todo esto para controlar perfectamente la multidifusión.

Un *MCU* está formado por un *Controlador Multipunto (CM)* y uno o varios procesadores multipunto (*PM*).

El *CM* maneja las negociaciones entre las distintas terminales por medio de los protocolos *H.230* y *H.242* para determinar las capacidades comunes de procesamiento de audio y video. Además, también controla recursos de conferencia, es decir, determina si es que el audio y/o el video pueden ser transmitidos mediante multicast.

El *CM* no procesa directamente ninguno de los flujos multimedia, esto lo realiza el *PM*, el cual mezcla, conmuta y procesa audio, video y/o datos.

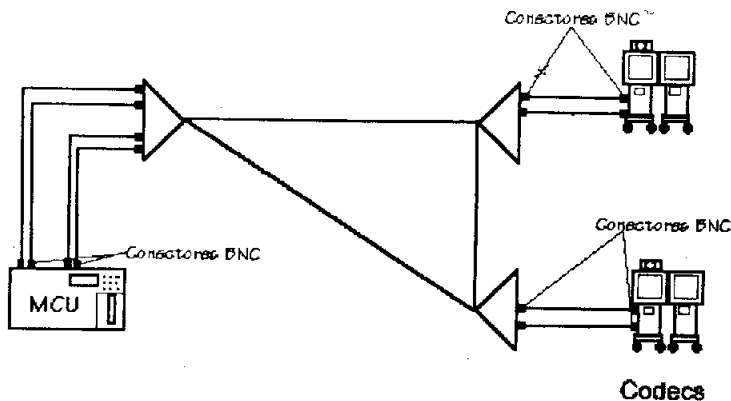


Figura 4-8: Ejemplo de una Unidad de Control Multipunto

4.4 CODIGOS BAS

Lo que hace posible que las diferentes terminales manufacturadas por distintos proveedores puedan comunicarse entre sí es la utilización de un solo código de comunicación, conocido como **Código BAS** (*Bitstream Allocation Signal*), el cual está definido dentro del estándar *H.221*.

La secuencia del código contiene un código local de dos octetos, un código de manufactura de dos octetos y hasta 251 octetos especificados por el fabricante.

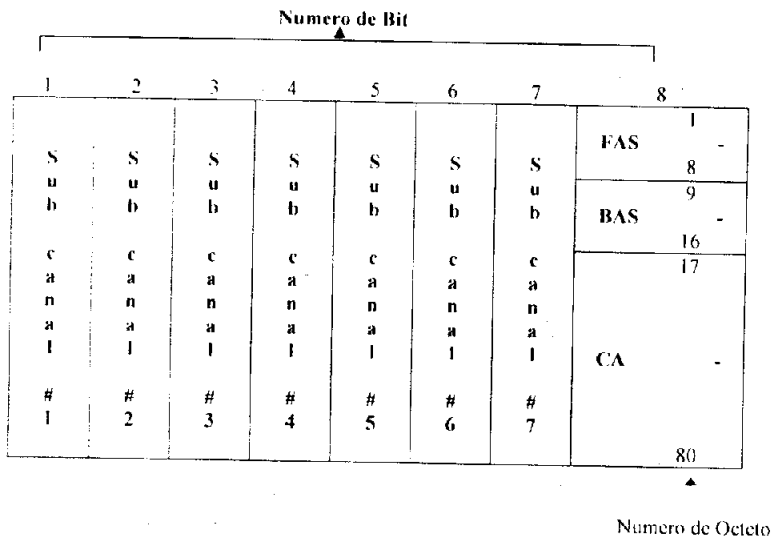
El canal a 64 Kbps está estructurado en octetos transmitidos a 8 KHz. El octavo octeto forma un subcanal de 8 Kbps. Este subcanal, denominado *canal de servicio* (CS), transporta la señalización de extremo a extremo y consta de tres partes:

FAS (Señal de alineación de la trama): Este código de 8 bits es utilizado para situar los 80 octetos de información en un canal B (64 Kbps).

BAS (Señal de control de Velocidad de transmisión de los bits): Como ya se mencionó anteriormente, este código de 8 bits describe la habilidad de una terminal de estructurar la capacidad de un canal de 64 Kbps hasta 1920 Kbps, así como también para control y señalización.

- 1) **Señal de Alineación de Trama (FAS)** – Esta señal estructura el canal a 64 Kbps en tramas de 80 octetos cada una y multitramas (MT) de 16 tramas cada una. Cada multitrama se divide en 8 submultitramas (SMT) de dos tramas. Además de la información de alineación de trama y de alineación de multitrama, podrá insertarse información de control y de alarma, así como información de verificación de errores para controlar la característica de error de terminal a terminal y comprobar la validez de la alineación de trama. La SAT puede utilizarse para obtener la temporización de los octetos cuando no la proporciona la red.

- 2) **Señal de Asignación de Velocidad Binaria (BAS)** – Esta señal permite transmitir palabras de código para describir la capacidad de una terminal para configurar la capacidad de 62,4 Kbps restante de varias maneras y para mandar a un receptor que demultiplexe y utilice las señales constituyentes de dichas estructuras; Si están asociados otros canales a 64 Kbps, como en el caso de servicio a $n \times 64$ Kbps (por ejemplo, videoconferencia, videoteléfono), esta asociación también puede definirse.
- 3) **Canal de aplicación (CA)** – Este canal permite transmitir datos binarios o insertar canales de datos de tipo mensaje (por ejemplo, información telemática) a una velocidad de hasta 6400 bits sobre segundo. Como mínimo, un canal de mando e indicación debe proporcionarse y definirse como parte del canal de aplicación. La velocidad binaria restante para el canal de aplicación puede agregarse al canal de audio, de datos o video.



- FAS - Señal de alineación de trama
 BAS - Señal de velocidad binaria
 CA - Canal de Aplicación

Figura 4-9 Estructura de trama H.221

La capacidad restante, a 56 Kbps (con el canal de aplicación totalmente reservado), vinculado en los bits 1-7 de cada octeto, puede transportar diversas señales asociadas con los servicios multimedia, bajo el control BAS y quizás también del CA. Cabe citar como ejemplos:

- Señales vocales codificadas a 56 Kbps (utilizando una forma de ley A o de ley μ conforme a la Recomendación G.711).
- Señales vocales codificadas a 56 Kbps, con una anchura de banda de 50 – 7000 Hz (conforme a la Recomendación G.722). El algoritmo de codificación podrá también funcionar a 48 Kbps, de ese modo pueden insertarse dinámicamente datos a 14,4 Kbps.
- Señales vocales codificadas a 32 Kbps y datos a 24 Kbps o a una velocidad menor.
- Imágenes fijas codificadas a 56 Kbps.
- Datos a 56 Kbps dentro de una sesión audiovisual (por ejemplo, para la transferencia de archivos).
- Sonido y video que comparten el canal de 56 Kbps.

4.4.1 CAPACIDADES Y COMANDOS H.221

En el estándar para videoconferencia *H.320* es utilizada la recomendación *H.221* con la finalidad de definir una estructura de trama de comunicaciones para los servicios audiovisuales transmitidos por un canal de 64 Kbps múltiple ó sencillo ó canales de 1536 Kbps y 1920 Kbps, utilizando de la mejor manera posible las características y propiedades de los algoritmos de codificación de audio y video, de la estructura de trama de comunicaciones y de las recomendaciones existentes del CCITT.

La recomendación *H.221* ofrece las siguientes ventajas:

1. Es simple, económica y flexible. Puede ser implementada en un simple microprocesador utilizando principios de hardware bien conocidos.
2. Es un procedimiento sincrónico. El tiempo exacto de cambio de configuración es el mismo en el receptor y en el transmisor. Las configuraciones pueden ser cambiadas en intervalos de 20 mseg.
3. No necesita de enlace de retorno para la transmisión de la señal audiovisual, debido a que una configuración esta señalizada por códigos que se transmiten repetidamente.
4. Es muy segura en caso de transmisión de errores, debido a que el código que controla al multiplexor esta protegido por un doble código de corrección de errores.
5. Permite la sincronización de múltiples conexiones a 64 ó 384 Kbps y el control del multiplexado de audio, video, datos y otras señales dentro de la estructura de la multiconexión sincronizada en el caso de servicios multimedia como el de videoconferencia.

Esta recomendación provee de la subdivisión dinámica o de un uso total de un canal de transmisión de 64 a 1920 Kbps dentro de velocidades más bajas utilizadas para audio, video, datos y propósitos telemáticos. Un canal simple de 64 Kbps esta estructurado dentro de octetos transmitidos a 8 Khz. La posición de cada bit del octeto puede ser considerada como un subcanal de 8 Kbps. El octavo subcanal es denominado el *canal de servicio (SC)*.

4.4.2 CAPACIDADES H.230

La recomendación *H.230* conocida como: "Señales de control e indicación con sincronismo de trama para sistemas audiovisuales", define como las tramas de audio, video, datos y las señales de información son multiplexados dentro de un canal digital.

El suministro de los servicios audiovisuales digitales se efectúa por un sistema de transmisión en el que las señales apropiadas son multiplexadas en un trayecto digital. Además de audio, video, datos de usuario e información telemática, estas señales incluyen información sobre el funcionamiento mismo del sistema. Esta información adicional se ha denominado *Control e Indicación (C&I)* para reflejar el hecho de que, si bien algunos bits son genuinamente para "control", y producen por tanto un cambio en alguna otra parte del sistema, otros dan indicaciones a los usuarios sobre el funcionamiento del sistema.

H.230 distingue cuatro categorías de información de control e indicación:

- Video
- Audio
- Mantenimiento
- Multipunto (Interoperación entre *Codec* y *MCU*)

Dicha recomendación tiene a su vez dos elementos primarios, el primero define a los símbolos *C&I* relacionados al video, audio, para fines de mantenimiento y para conferencias multipunto simples; El segundo elemento contiene la tabla de códigos de escape *BIS*, los cuales especifican las circunstancias bajo las cuales algunas funciones *C&I* son prioritarias y otras opcionales y para definir cuando la información de dichas funciones *C&I* deba ser intercambiada, entre dispositivos transmisores y receptores.

4.4.3 CODIGOS DE CONTROL E INDICACION

El control e indicación (C&I) puede dividirse en tres grupos:

- a) Control de llamada (estas señales se tratan en las Recomendaciones de la serie Q).
- b) Control de transmisión con sincronismo de trama (o de otro modo que requiera una respuesta rápida).
- c) Control de conferencia, datos y telemático que no requieran sincronismo de trama, de conformidad con el protocolo multicapas (MLP - Multilayer Protocol) de la recomendación H.200 AV.270.

Sin embargo, la recomendación H.230, que es la que nos interesa en nuestro caso, sólo trata los C&I de la categoría b), que incluyen un conjunto simplificado de C&I de conferencia para conexiones multipunto de conexiones simples.

Las funciones C&I están definidas de tal manera que, en presencia de ciertas circunstancias apropiadas, el sistema audiovisual funcionará sin el menor contratiempo y será posible una presentación agradable al usuario. Por tanto, algunas funciones tienen que ser obligatorias y otras optativas.

Debe señalarse que, en la mayor parte de los equipos terminales, sólo unos cuantos requisitos son obligatorios. Todas las terminales audiovisuales tienen que reconocer y obedecer los comandos de establecer y suprimir el bucle digital, y también los de establecer y de suprimir el bucle de video si tienen la capacidad de video.

Todas las terminales que tienen capacidad de video deberán también obedecer los comandos de actualización rápida y congelamiento de imagen, de no ser así, el sistema funcionaría incorrectamente en una llama multipunto.

4.4.4 FORMATOS DE CODIGOS BAS

Los **códigos BAS** (*Bit-rate Allocation Signal*) o *Señales de Asignación de Velocidad Binaria* son códigos de 8 bits utilizados dentro de la recomendación H.221 para transmitir señales de control e indicación, además de algunos otros comandos y propiedades que permiten indicar las capacidades de los dispositivos audiovisuales que hacen uso de los canales de 64 a 1920 Kbps.

Existen cientos de *códigos BAS* que definen diferentes funciones como:

- Describir la habilidad de una terminal para estructurar la capacidad de un canal o canales múltiples sincronizados y dirigir un receptor para *demultiplexar* y hacer uso de las señales constituyentes en esa estructura.
- Definir como se podrán compartir el audio, video y la señalización en un solo canal
- Indicar como el audio será codificado.

4.5 ESTABLECIMIENTO DE CONEXION EN ENLACES PUNTO A PUNTO

Los enlaces de videoconferencia punto a punto son aquellos que proveen comunicación única y exclusivamente entre dos sitios remotos.

Dos puntos distantes establecen comunicación con capacidades de transmisión y recepción de audio y video en forma bidireccional, lo cual permite que las personas que se encuentren en cada uno de los dos puntos establezcan una comunicación interactiva, simultánea y simétrica.

Este medio de comunicación a distancia representa el modelo más cercano a la operación óptima de las aulas de videoconferencia por su flexibilidad y porque no requiere de grandes inversiones.

4.6 ESTABLECIMIENTO DE CONEXION EN ENLACES PUNTO - MULTIPUNTO

Una videoconferencia multipunto es aquella que se lleva a cabo de manera simultánea entre más de dos sitios remotos. Gracias a este tipo de videoconferencia se pueden comunicar interactivamente más de dos grupos de personas que se encuentren en distintos puntos geográficos.

Por ejemplo: La oficina matriz de una importante empresa exportadora de cerveza, localizada en la Ciudad de México, puede establecer por medio de una videoconferencia multipunto comunicación simultánea y directa con la planta de manufactura que esta en Guadalajara y con el departamento de distribución ubicado en Monterrey.

Para los casos en que se requieran conectar varios sitios remotos simultáneamente es necesario contar con el equipo que permita unir y separar las señales a voluntad del emisor. Estos equipos se conocen como **MCT's** (*Multipoint Control Unit / Unidad de Control Multipunto*) y son los encargados de llevar a cabo el switcheo de las señales de audio y video o de los datos hacia el sitio remoto que corresponda dentro de la red multipunto.

El **MCT** es el encargado de seleccionar el punto de origen de la imagen que será la que se proyectará en todos y cada uno de los sitios conectados; Esto lo puede realizar de diferentes maneras, ya sea por nivel de sonido, controlada por el expositor o programada automáticamente.

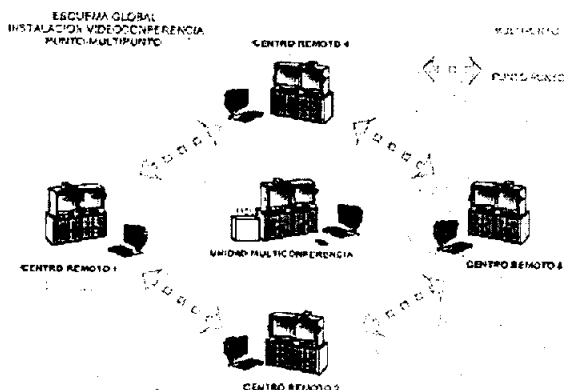


Figura 4-10. Esquema de Videoconferencia Punto - Multipunto

En las conferencias multipunto centralizadas todas las terminales mandan el flujo de audio, video, datos y control a la MCU en un esquema punto a punto. El CM centralmente maneja la conferencia usando funciones de control H.230 y H.242, que además definen las capacidades de cada terminal. El PM realiza la mezcla de audio, distribución de datos, conmutación y mezcla de video y manda los flujos resultantes a los participantes. El PM también realiza la conversión entre diferentes codecs y tasas de transmisión, asimismo puede utilizar multicast en la distribución del video.

En las conferencias multipunto descentralizadas las terminales mandan audio y video mediante multicast, sin necesidad de mandarlos a la MCU. Sin embargo, la MCU aún realiza centralmente el control de datos multipunto, la información de control (H.230 y H.242) se transmite de manera punto a punto hacia el CM.

Las conferencias multipunto híbridas son una combinación entre conferencias centralizadas y descentralizadas. Las señales de control y aún algunas señales de audio y video se transmiten en un esquema punto a punto hacia la MCU. Las restantes señales de audio y video se transmiten a las terminales mediante multicast.

H.320 también soporta conferencias en las que algunas terminales están en una conferencia centralizada y otras en una descentralizada, y la MCU proporciona el puente entre ambos tipos. Obviamente para las terminales es transparente este funcionamiento.

Las capacidades del CM y el PM pueden existir en un componente dedicado (MCU), pero también pueden estar integradas en otro componente H.320 (terminal, *gateway* o *gatekeeper*).

A pesar de que el *gateway*, el *gatekeeper* y el MCU son entidades separadas de acuerdo a las funciones que cumplen, muchos fabricantes los integran en una sola unidad.

CAPITULO V

INSTALACION Y PRUEBA DEL ENLACE

5.1 RED DE VIDEO DE LA UNAM

La red de video con que cuenta la UNAM es conocida propiamente como *RVUNAM (Red de Videoconferencia de la UNAM)*. Se trata de una red de audio y video interactivo digital con propósitos estrictamente académicos. Cualquier evento cultural, científico o educativo es factible de transmitirse a través de la *RVUNAM*.

La *RVUNAM* tiene como objetivo principal el proporcionar servicios de videoconferencia interactiva a sus miembros, así como a otras instituciones que requieran un adecuado intercambio de ideas y conocimientos con el uso de tecnología avanzada de telecomunicaciones, pudiendo compartir audio, video y datos en tiempo real.

5.1.1 SITIOS CONECTADOS

En la actualidad, la UNAM cuenta con un gran número de sitios conectados a su red de videoconferencia.

Estos sitios son principalmente dependencias de la UNAM, aunque también existen algunos sitios que no pertenecen a esta institución (instituciones educativas y algunas empresas). Incluso la *RVUNAM* se ha expandido y cuenta con algunos sitios fuera del territorio nacional.

Para un buen manejo, esta red esta dividida en 4 diferentes grupos:

- a) RVUNAM Ciudad Universitaria
- b) RVUNAM Ciudad de México
- c) RVUNAM Nacional
- d) RVUNAM Internacional

A continuación se listarán los sitios que se encuentran conectados a cada uno de los grupos que conforman la *RTU/AM*.

a) RVUNAM CIUDAD UNIVERSITARIA

- CEPE
- COORDINACIÓN DE HUMANIDADES
- COORDINACIÓN DE HUMANIDADES TORRE II
- COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
- CUAED
- DGSCA. AUDITORIO
- DGSCA. SALA DE VIDEOCONFERENCIA
- DSGCA. SALA DE JUNTAS
- DIRECCIÓN GENERAL DE PERSONAL
- ESC. NACIONAL DE TRABAJO SOCIAL
- FAC. DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES
- FAC. CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
- FAC. CIENCIAS
- FAC. DERECHO
- FAC. ECONOMÍA
- FAC. VETERINARIA
- FAC. MEDICINA
- FAC. ODONTOLOGÍA
- FAC. FILOSOFÍA Y LETRAS
- FAC. PSICOLOGÍA
- FAC. QUÍMICA
- INST. DE ASTRONOMÍA
- INST. DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
- INST. DE ECOLOGÍA
- INST. FÍSICA
- INST. DE FISIOLÓGIA CELULAR
- INST. GEOFÍSICA
- INST. DE INVESTIGACIÓN BIOMÉDICAS
- IMAS
- INST. INVESTIGACIONES FILOLÓGICAS
- INST. DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS
- INST. DE MATEMÁTICAS
- INST. DE QUÍMICA
- POSGRADO DE INGENIERÍA
- TORRE DE RECTORÍA
- TV UNAM
- UNIDAD DE SEMINARIOS
- UNIVERSUM
- FAC. DE INGENIERÍA EDIF. PRINCIPAL
- FAC. DE INGENIERÍA CENTRO DE DOCENCIA (ANEXO)
- DIVISIÓN DE ING. MEC. ELEC. INDUSTRIAL

b) RVUNAM CIUDAD DE MÉXICO

- ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA
- CASA DE LAS HUMANIDADES
- CASA DEL LIBRO
- CENTRO COAPA
- CEM POLANCO
- CENTRO MASCARONES
- CENTRO NUEVO LEÓN
- DEC. ENAP
- DEC. FAC. INGENIERÍA
- DEC. FAC. CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
- ENAP
- ENEO
- ENEP ARAGÓN
- ENEP ACATLÁN
- FES IZTACALA
- FUNDACIÓN ROBERTO MEDELLÍN
- FES CUATITLÁN C.I
- P.U. ESTUDIOS SOBRE LA CIUDAD
- CENTRO CULTURAL PRIMO DE VERDAD
- ACADEMIA DE SAN CARLOS
- PEMEX
- CINVESTAV
- UAM
- UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
- INSTITUTO NACIONAL DE PSIQUIATRÍA
- UNIVERSIDAD DE OCCIDENTE
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
- UNIVERSIDAD MICHOACANA

c) RVUNAM NACIONAL

- INST. DE FÍSICA CUERNAVACA MORELOS
- CENTRO DE NEUROLOGÍA JURQUILLA QUERETARO
- INST. DE FÍSICA ENSENADA BAJA CALIFORNIA
- INST. DE ECOLOGÍA MORELIA MICHOACAN
- ICMYL MAZATLÁN SINALOA
- ICMYL PUERTO MORELOS QUINTANA ROO
- INST. DE ASTRONOMÍA ENSENADA BAJA CALIFORNIA
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE FIJACIÓN DE NITROGENO (CIFN), CUERNAVACA MORELOS

d) RED UNAM INTERNACIONAL

- RED UNIVERSIDAD DE TEXAS
- UNAM E.U.A. (EPESA) SAN ANTONIO TEXAS
- CANADA (ESECA)
- TRANS TEXAS VIDEO NETWORKS

5.1.2 TOPOLOGÍAS

Básicamente existen dos tipos de topología dentro de la RVUNAM, que son: Punto a Punto y Punto-Multipunto.

a) Punto a Punto

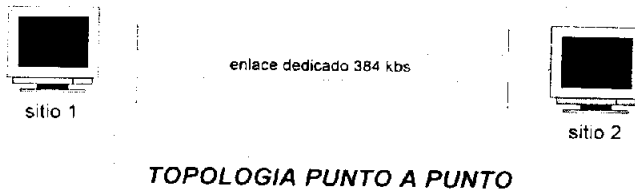


Figura 5-1: Topología Punto a Punto

b) Punto – Multipunto

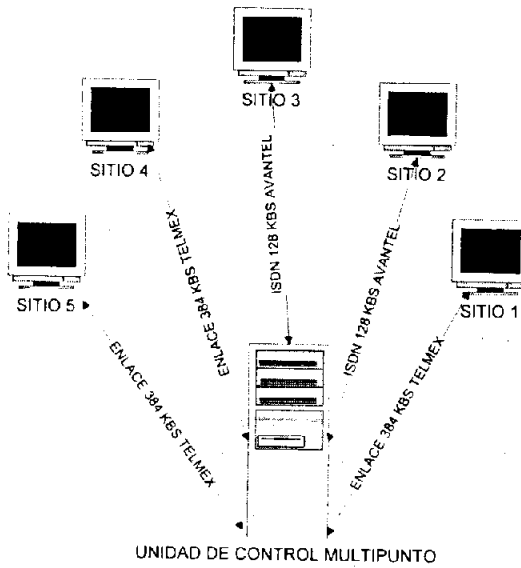


Figura 5-2: Topología Punto - Multipunto

5.1.3 MEDIOS EXISTENTES

Dentro de la *RVUNAM*, son utilizados enlaces digitales *E1*, para realizar las conexiones a lugares remotos fuera del campus universitario, es decir, fuera de Ciudad Universitaria, que es donde se encuentra la parte medular de la red. Estos enlaces dedicados de un ancho de banda de 2.048 mbps ó 32 canales de 64 kbps, dentro de los cuales el primer canal se utiliza para sincronización de este tipo de enlaces y los demás canales se utilizan para carga de información.

Estos servicios digitales son arrendados en su mayor parte por *TELMEX*, aunque también se tienen servicios con otras compañías, ellos le proporcionan a la *UNAM* el enlace dedicado al lugar donde se quiere llegar desde Ciudad Universitaria, proporcionando una conexión de punta a punta que garantiza una conexión segura. Se utiliza la infraestructura de estas compañías para llegar a los lugares remotos donde se quiere ofrecer servicios no solo de videoconferencia sino también de datos y de voz, utilizando multiplexores que son los que se encargan de fraccionar el *E1* para de esta forma llevar dichas aplicaciones a los sitios remotos.

En la actualidad la *RVUNAM* cuenta con 2 multiplexores de 64 *E1*'s proporcionados por *TELMEX*, de los cuales, uno de ellos está saturado y el otro está a más de la mitad de su capacidad. También se cuenta con 20 *E1*'s de *ATANTE* por vía microondas.

Además, la *RVUNAM* cuenta con los siguientes medios físicos a través de su red:

- Fibra Óptica
- Cable Coaxial
- Microondas
- Radio Frecuencia
- UTP

5.1.4 EQUIPOS DE COMUNICACIONES

Llevar a cabo la elección de los equipos de comunicación que se utilizarán para la realización de enlaces de videoconferencias dependerá, básicamente, del protocolo que se vaya a utilizar entre los equipos terminales. En la *UNAM* los equipos terminales se comunican prácticamente mediante el protocolo *H.320* ó mediante el *H.323*.

La *RVUNAM* cuenta con multiplexores y módems de marca *RAD*, pues estos poseen las características básicas para comunicar los diferentes lugares remotos que forman parte de la red de video por medio del estándar *H.230*. A continuación se describe brevemente algunas características de los equipos de comunicación que se utilizan en la red de videoconferencia:

FCD2: Es un fraccionador de *E1*'s de marca *RAD* cuya función principal es convertir una interfaz *G.703* en una *V.35* para lo cual agrupa ciertos canales del *E1* hacia la interfaz *V.35* para una determinada aplicación, en este caso para la videoconferencia, para la cual solo utilizamos 6 canales de los 32 canales del *E1*.

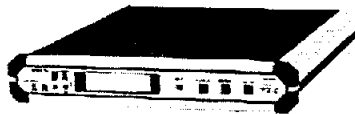


Figura 5-3: FCD-2

FCD-24: Es un multiplexor y fraccional de servicios *EI's*, que cuenta con dos o cuatro canales de datos (en este caso interfaz *V.35*), y una conexión secundaria de *EI's* con la cual podemos tener otro acceso a la red pública ó una aplicación con interfaz *G.703*, y la conexión primaria o principal también *G.703* para este caso.

Con este equipo podemos tener máximo 5 aplicaciones multiplexadas en los 32 canales del *EI* (sin contar el canal de sincronía) y mandarlas por un solo canal de comunicación.



Figura 5-4: FCD-24

FCD-EI: Es un descanalizador y multiplexor de *EI's*, el cual cuenta con una entrada principal con interfaz *G.703*, aunque hay algunos equipos que pueden llegar a tener interfaces ópticas para la entrada principal. Puede contar con dos interfaces de datos *V.35* ó una interfaz *V.35* y una interfaz *Ethernet* (dependiendo de las aplicaciones que se vayan a transmitir) y una interfaz secundaria igual que el *FCD-24*, la cual puede conectarse hacia la red pública (siempre y cuando no se exceda el ancho de banda), ó una aplicación con interfaz *G.703*.



Figura 5-5: FCD-EI

FOM-40: El *FOM-40* es un módem que transforma señales ópticas en señales eléctricas, la interfaz eléctrica que utiliza para la aplicación de video es *V.35* y la interfaz óptica que utiliza el módem regularmente es a través de conectores *ST*. Tiene un alcance hasta de 5 kilómetros con diodos de emisión de luz (LED) y con diodos láser alcanza 110 kilómetros de extremo a extremo.

Este tipo de equipos ayudan a extender los enlaces de video: Para la llegada principal, el enlace de video se realiza por medio de interfaz *V.35* y para llegar al aula de video la infraestructura que se utiliza es la fibra óptica.



Figura 5-6: FOM-40

FOM E1-T1: Es un módem de fibra óptica que, al igual que el *FOM-40*, transforma una señal eléctrica en una señal óptica, la diferencia es el tipo de interfaz que ambos utilizan. El *FOM E1-T1* utiliza *G.703* con conector *BNC* e interfaz de fibra óptica.

Con fibra óptica con *LED*, el *FOM E1-T1* alcanza distancias de hasta 5 kilómetros con *fibra multimodo* y longitud de onda de 850 nanómetros, mientras que con *fibra monomodo* a una longitud de onda de 1310 nanómetros alcanza hasta 38 kilómetros. Con fibra óptica con diodos láser alcanza hasta 50 kilómetros por medio de *fibra Monomodo* a una longitud de onda de 1310 nanómetros y hasta 100 kilómetros con una longitud de onda de 1550 nanómetros.

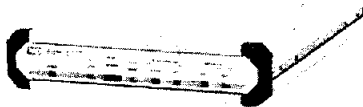


Figura 5-7: FOM E1-T1

ASMI 450: Es un módem de alta velocidad que trabaja sobre dos líneas de cobre utilizando *HDSL*. Para el caso de los enlaces de videoconferencia utiliza interfases digitales como *E.35*.

Transforma las señales digitales a eléctricas para que puedan trabajar sobre cuatro hilos de cobre y de esta forma transmitir información sobre estas.

Este equipo trabaja con un ancho de banda que va desde los 64 Kbps, hasta los 1152 Kbps, y a una distancia de 4.7 kilómetros. Aunque puede llegar a cubrir los 5.7 kilómetros si se trabaja con un ancho de banda máximo de 768 Kbps.

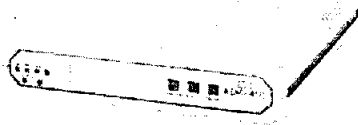


Figura 5-8: ASMI 450

En la siguiente figura se presentará un esquema general de los enlaces de videoconferencia utilizando el estándar H.320.

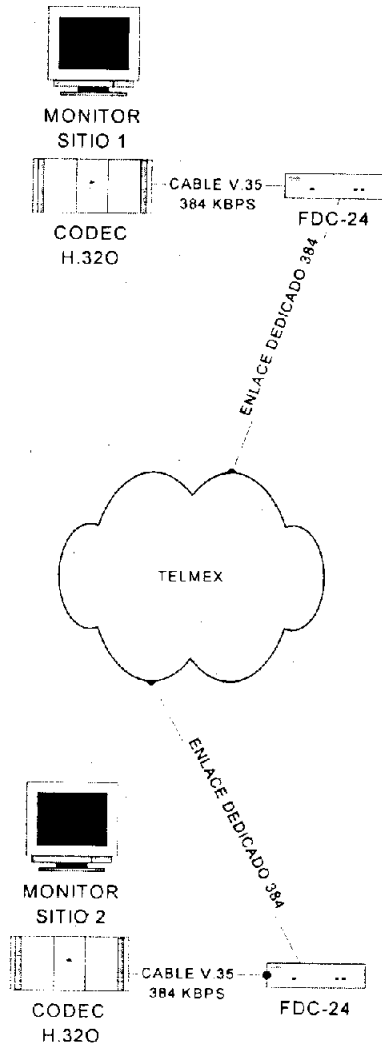


Figura 5-9: Enlace de videoconferencia H.320

5.1.5 EQUIPOS TERMINALES

Los equipos terminales que se utilizan en la *RIUNAM* deben de contar con características técnicas específicas, que hagan posible su incorporación a dicha red, por lo cual son utilizados equipos de diversas marcas.

Existe un área dentro de la *RIUNAM* llamada *Educación a Distancia*, que es encargada de determinar las características básicas que los equipos terminales deben de cubrir, además de que también se encarga de la puesta en marcha de dichos equipos y de la administración del nodo central de videoconferencia, que es el lugar principal para generar las diversas videoconferencias que se realizan a través de la *RIUNAM*.

Describiremos a continuación algunos requisitos que deben de cumplir los equipos terminales de videoconferencia, con las características mínimas para formar parte de la *RIUNAM*:

- *CODEC* que cumpla con el estándar *H.320* y el *H.323* de la *ITU-T*
- Algoritmos de compresión de video: *H.261* y *H.263*
- Algoritmos de compresión de audio: *G.711 a*, *G.711 μ* , *G.722*, *G.723*
- Monitor de 21 pulgadas
- Cámara de video PTZ
- Cámara de documentos
- Amplificador de Audio
- Bocinas
- Micrófono

5.2 INSTALACIÓN

En este punto vamos a describir brevemente la forma para llevar a cabo la incorporación de un nuevo enlace a la red de videoconferencia de la *UNAM (RIUNAM)*, así mismo las características de cada uno de los enlaces.

5.2.1 UBICACIÓN DEL NUEVO NODO

Uno de los principales puntos a considerar para la incorporación de un nuevo enlace en la red de videoconferencia es la ubicación física que va a ocupar, ya que de esta forma también determinamos la tecnología que podremos utilizar para su incorporación a la red, y así mismo los equipos de comunicación a utilizar.

5.2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA INSTALADA PARA EL NUEVO NODO

El paso siguiente es elegir el medio de transmisión entre nuestro closet de comunicación principal y el aula de videoconferencia, ya sea cable coaxial, fibra óptica o cable *UTP*. Posteriormente, toca el turno de seleccionar los equipos de comunicación dependiendo del medio que hayamos elegido.

5.2.3 MEDIOS FÍSICOS ENTRE EL NODO Y UNIDAD DE CONTROL MULTIPUNTO (MCU)

Esto se determina básicamente por la infraestructura con la que cuente el lugar desde donde se va a generar la videoconferencia y que se va a conectar al *MCU*, que se encuentra en el nodo central de la *RVUNAM (DGSCA)*.

Muchas de las ocasiones, las diferentes instituciones y dependencias que pertenecen a la *RVUNAM* no cuentan con una misma infraestructura o simplemente no cuentan con ningún tipo de infraestructura, por lo cual se procede a determinar cual sería la mejor forma de realizar las conexiones necesarias para este enlace. Generalmente se emplean fibra óptica y cable *UTP*.

En las siguientes figuras se muestran los tipos de conexiones existentes para llegar al *MCU*, utilizando los estándares *H.320* y *H.323*.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LA RED DE VIDEOCONFERENCIA DE LA UNAM DGSCA H.320

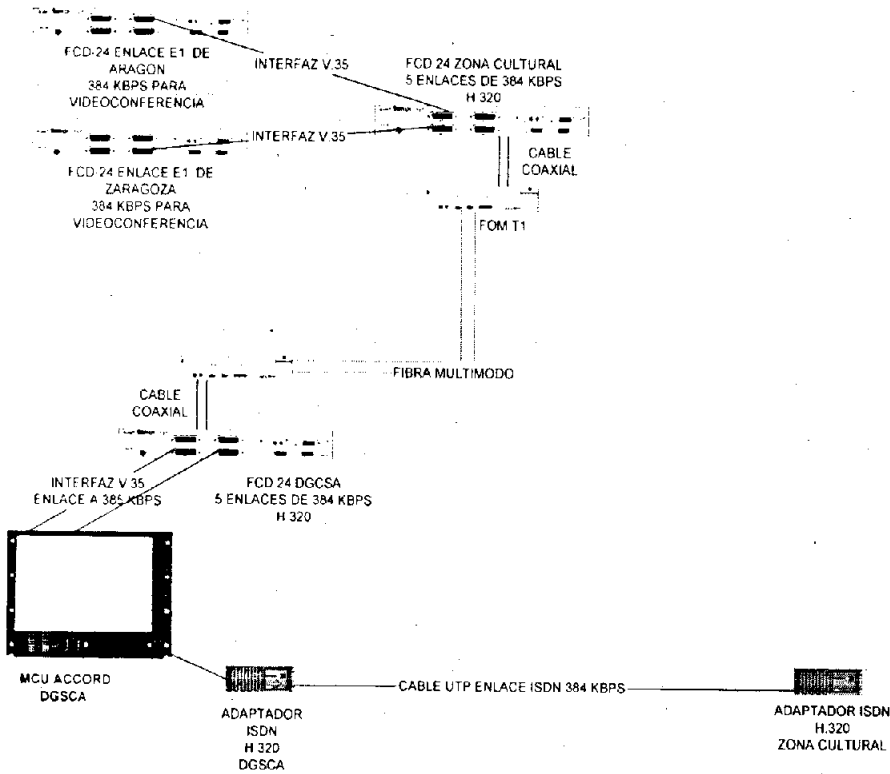


Figura 5-10. DIAGRAMA DE CONEXIÓN UTILIZANDO H.320

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LA RED DE VIDEOCONFERENCIA DE LA UNAM
DGSCA H.323

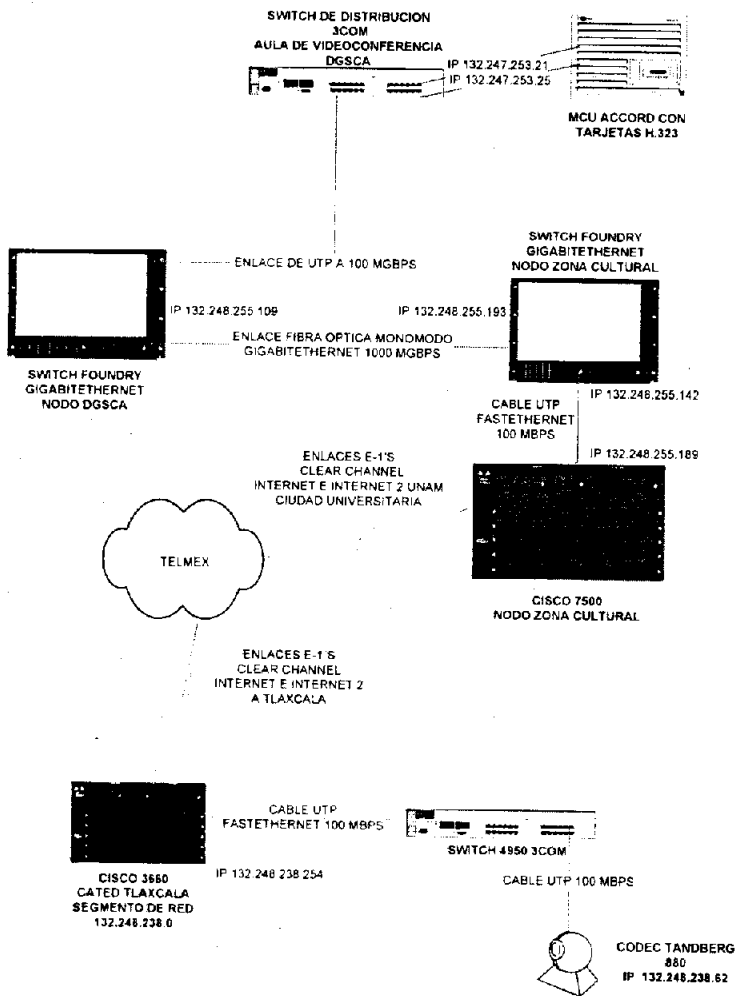


Figura 5-11: DIAGRAMA DE CONEXIÓN UTILIZANDO H.323

5.2.4 EQUIPO NECESARIO PARA EL ENLACE

Esto, como ya se ha mencionado, se determina dependiendo del tipo de medio físico que se vaya a utilizar para la conexión del enlace.

En las siguientes figuras se mostrarán unos esquemas generales de enlaces de videoconferencia en donde se utilizan los diferentes tipos de equipos de comunicación con que cuenta la *RIUNAM*.

1) En la figura que se muestra a continuación, se muestra una conexión de un enlace de videoconferencia utilizando cable de fibra óptica y cable coaxial, así como los equipos de comunicación que nos proporcionan este tipo de interfaces (*FOM T1/E1* y *FDC-2*).

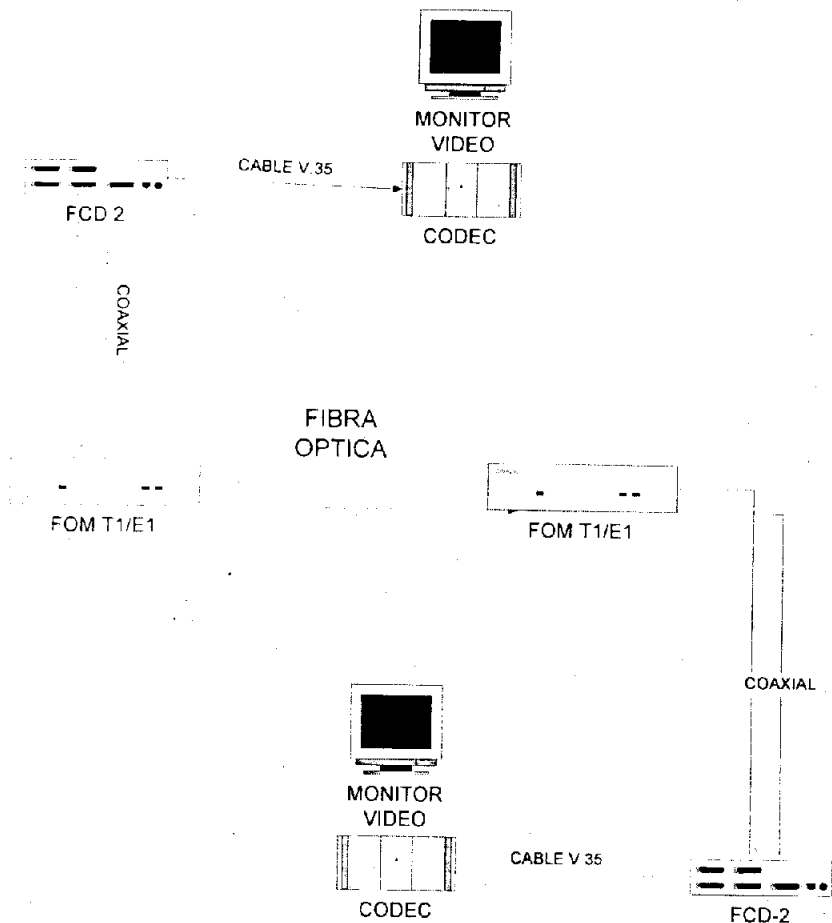


Figura 5-12 Enlace de videoconferencia mediante fibra óptica y cable coaxial

2) A continuación se muestra una figura en donde el enlace de videoconferencia es llevado a cabo mediante una conexión con cable coaxial y multiplexores FCD-24, ya que este equipo nos proporciona este tipo de interfaz.

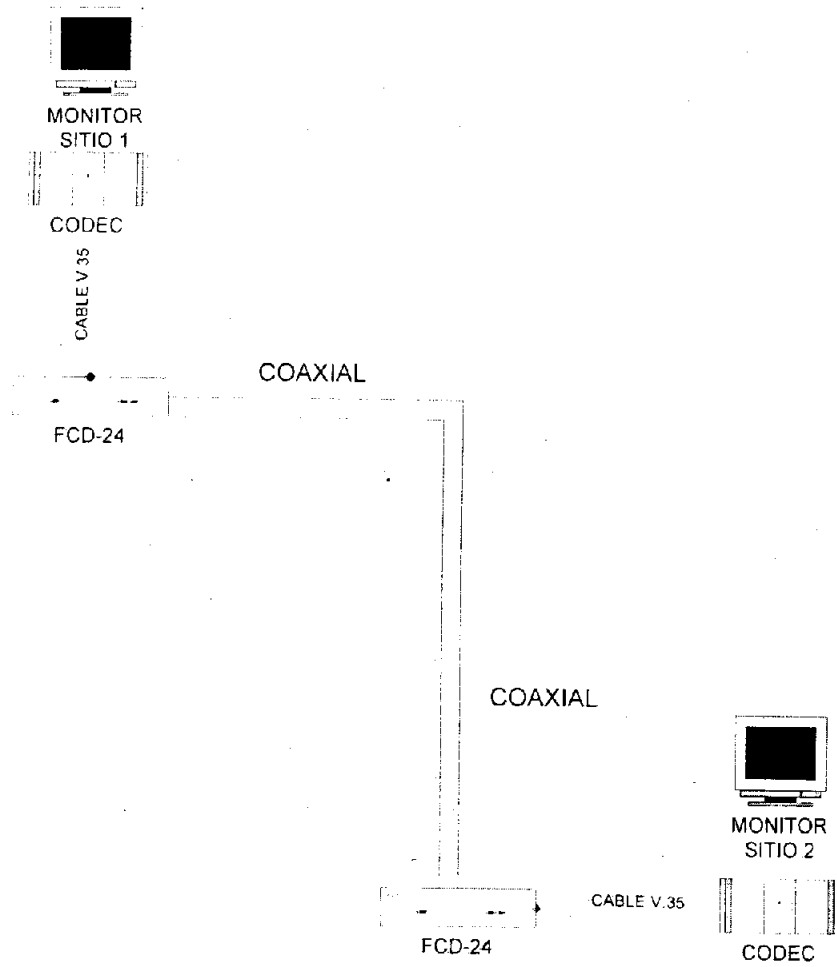


Figura 5-13: Entace de videoconferencia con cable coaxial

3) En esta figura se muestra una conexión de cobre con cable UTP y los equipos que nos permiten esta conectividad (ASMI 450).

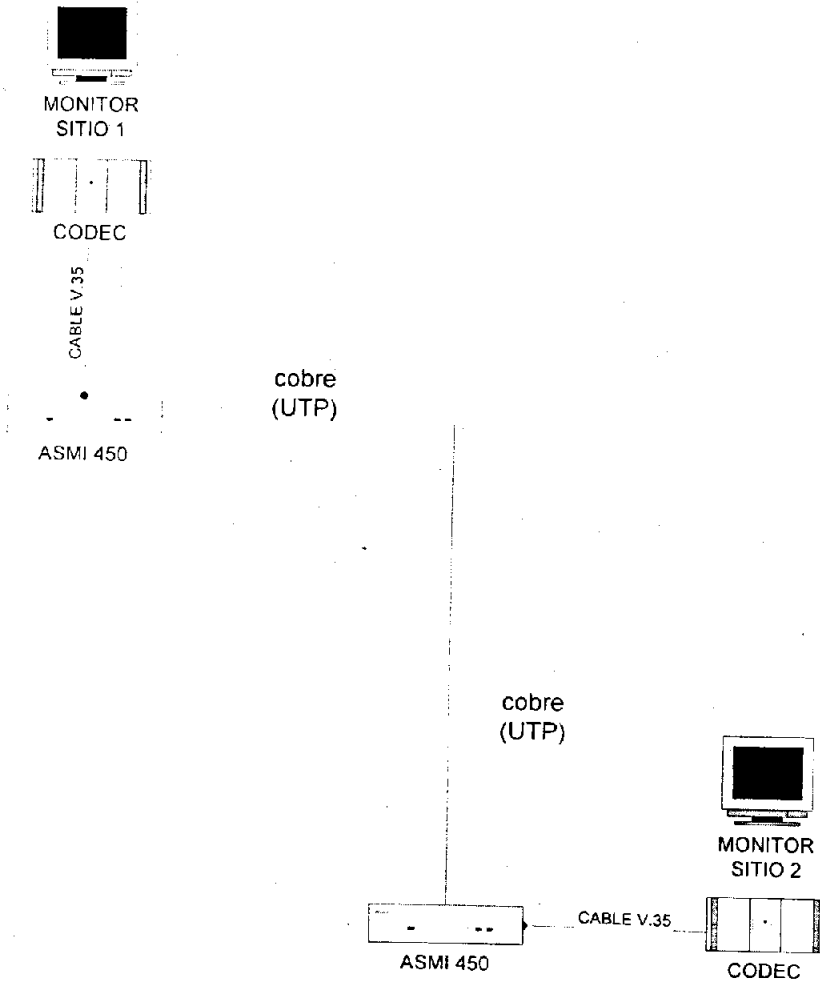


Figura 5-14: Enlace de videoconferencia con cable de cobre UTP

4) Enlace de videoconferencia mediante una conexión de fibra óptica con equipo FOM-40.

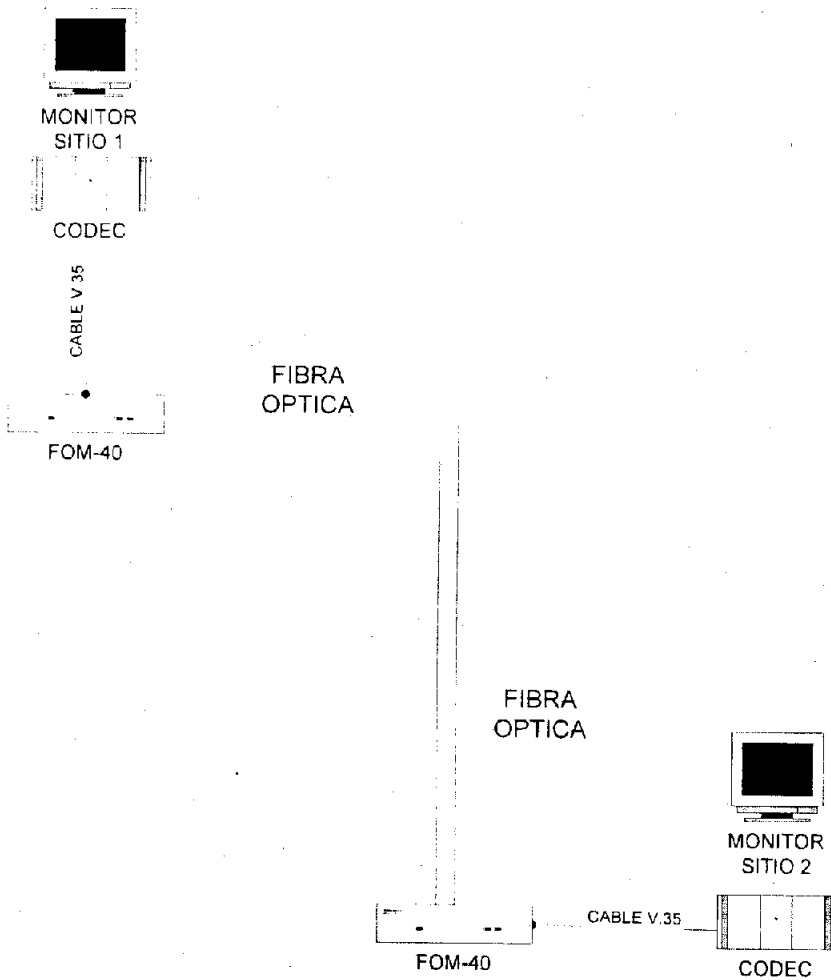


Figura 5-15: Enlace de videoconferencia con fibra óptica

5.3 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES Y DEL EQUIPO TERMINAL.

En este punto se determinará un esquema genérico mediante el cual daremos una descripción general para la configuración de un enlace de videoconferencia.

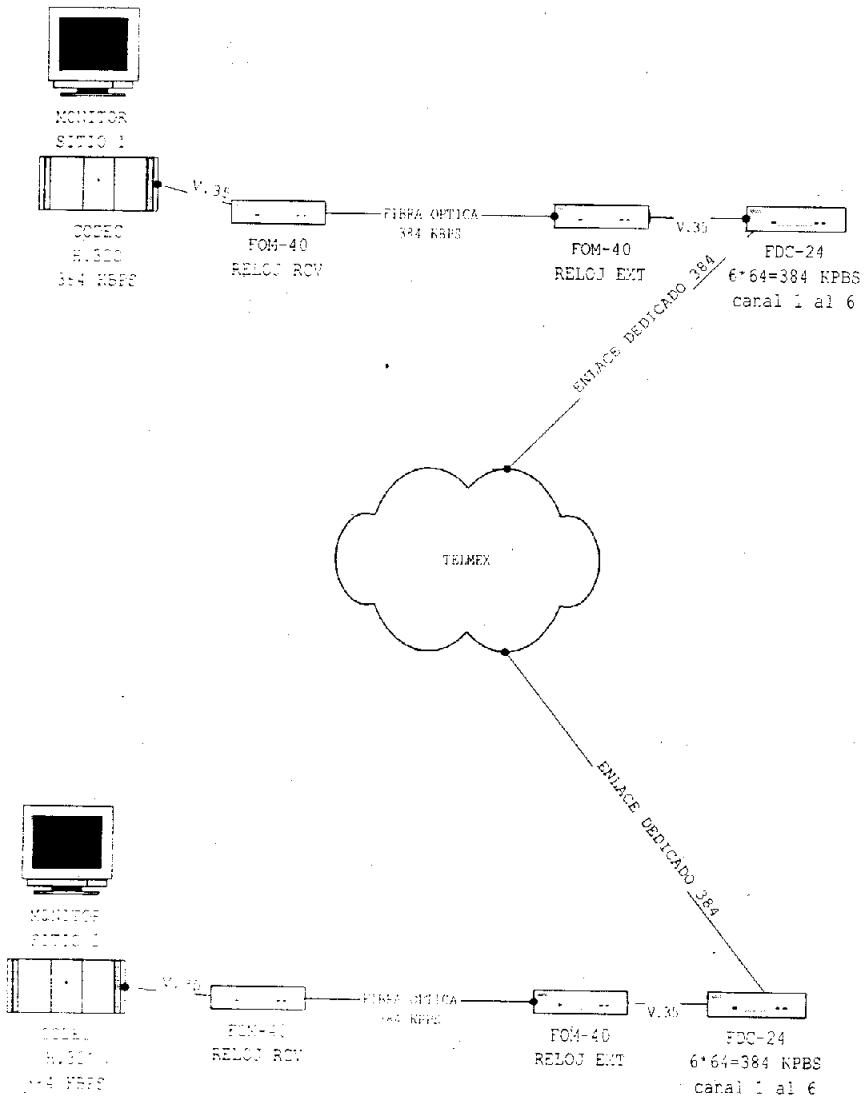


Figura 5-16 Esquema general para un enlace de videoconferencia

En este anterior esquema se muestra, de forma general, la configuración básica de un enlace de videoconferencia en el que son utilizados equipos *FCD-24* y *FOM-40* para la parte de equipos de comunicación, codecs de marca *PictureTel* para los equipos de videoconferencia, y un enlace dedicado de 384 Kbps para la conexión de los sitios remotos vía *Telmex*.

Una vez que ha sido determinada la infraestructura para el enlace, procederemos a la configuración de los equipos. Uno de los factores más importantes para la configuración es el ancho de banda que se va a utilizar para este enlace: En el esquema podemos ver que se utilizan 384 Kbps, que es el ancho de banda que mayormente se utiliza en la red de Videoconferencia de la UNAM, ya que es el que nos proporciona una mejor calidad para este tipo de aplicación, utilizando el protocolo *H.320*. Tanto el protocolo, como el ancho de banda que se va a utilizar, se configuran en el equipo terminal de videoconferencia y en los equipos de comunicación, en este caso, tanto en el *FOM-40* como el *FDC-24*.

Configuración Básica del *FOM-40*

A este equipo se le configuran dos parámetros, el ancho de banda y el reloj que tomara cada *FOM*. Estos equipos cuentan con tres opciones para generar señal de reloj, los cuales son: Externo, Recibir e Interno. Para el ancho de banda tenemos opciones desde 128, 256, 384, 512 y 768 Kbps.

Como se puede observar en nuestro esquema, el *FOM-40* que va conectado directamente al *FDC-24* tiene configurado el tipo de reloj externo, esto quiere decir que esta recibiendo el reloj de la interfaz *V.35* mediante el *FDC-24*, este lo manda por la interfaz óptica para que lo reciba el *FOM-40*, que esta conectado directamente al equipo terminal de videoconferencia.

Configuración Básica del *FDC-24*

Para este equipo, que es un multiplexor de *E'Is*, además de configurar el ancho de banda, debemos definir cuales de los 32 canales con los que cuenta el *E'I* se utilizarán para el enlace de vídeo. En una comunicación a 384 Kbps se utilizan seis canales de 64 Kbps, entonces se deben definir que canales, de los 32 del *E'I*, vamos a utilizar. Por ejemplo, podemos utilizar los primeros seis canales, como se muestra en el esquema (del canal 1 al canal 6), otro ejemplo sería que tomara a partir del canal 19, entonces la configuración sería del canal 19 al 24.

Configuración de equipo de videoconferencia *PictureTel*

A continuación describiremos brevemente la configuración básica de un equipo codec de videoconferencia de la marca *PictureTel*.

a) Tipo de conexión

Aquí definiremos que tipo de interfaz se va a utilizar para la comunicación entre el equipo terminal y el equipo de videoconferencia así como el protocolo a utilizar dependiendo del tipo de comunicación

Tipo de Interfaz	Protocolo
V.35	H.320
ISDN	H.320
IP	H.323

b) Algoritmos de Compresión de Vídeo

- H.261
- H.263

c) Algoritmos de Audio

- G.711 a
- G.711 u
- G.722
- G.723

d) Velocidad de Marcación y Ancho de Banda

En esta parte definimos cuantos canales de 64 Kbps o de 56 Kbps utilizaremos para nuestro enlace.

- Nx64
- Nx56
- Nx128
- Nx112
- Nx192
- Nx168
- Nx256
- Nx214
- Nx320
- Nx270
- Nx384

e) Formato de vídeo

- CIF
- QCIF
- 4QIF

Si es por H.323 se configura una dirección IP, la máscara de red y el gateway, quien se encarga de que se de salida a esa dirección.

5.4 PRUEBAS DE EL ENLACE

A Continuación se dan los aspectos generales para verificar que las conexiones se hayan realizado sin ningún error, y que se puedan realizar los enlaces de videoconferencia sin ningún problema.

Pruebas para enlaces H.320 y H.323:

- Revisar que todas las conexiones se hayan hecho bien.
- Revisar la configuración de los equipos de comunicación
- Revisar la configuración de los equipos terminales.
- Revisar que los equipos terminales estén bien conectados (audio y video).
- Cuando sea un enlace por H.320 revisar sincronía.
- Si el enlace es fuera de Ciudad Universitaria, revisar que la conexión con Telmex este bien.
- Si es por H.323 verificar bien la dirección ip a la cual nos vamos a conectar.
- Revisar si la red de datos soporta una conexión para la calidad de videoconferencia, ya que se trata de conmutación de paquetes y no de circuitos.
- Y después de esto realizar la llamada al sitio al cual nos queremos conectar, sin olvidar que también el sitio remoto tiene que realizar las misma actividades y no haya problemas.

CAPITULO VI

RED DE VIDEOCONFERENCIA DE LA UNAM

6.1 COMPARACION CUALITATIVA DE EQUIPOS TERMINALES

Los sistemas de videoconferencia que están conectados a la *RIUNAM* deberán cumplir con las normas internacionales de operación para equipos multimedia *H.320* o *H.323* (*Videoconferencia sobre IP*), definidas por la *ITU-T*, en función del tipo de enlace que se utilice.

Para el caso de la videoconferencia *H.320*, los anchos de banda permitidos son: 128, 256 y 384 Kbps. La velocidad estándar de la *RIUNAM* para videoconferencias *H.320* es de 384 Kbps. El uso de enlaces *H.320* a velocidades distintas a la estándar en la *RIUNAM* está sujeto a disponibilidad.

Para el caso de las videoconferencias multipunto, no están permitidas videoconferencias *H.320* con más de 10 sitios simultáneos. Además, no se permiten más de 5 unidades multipunto conectadas en cascada al Centro de Operaciones de la *RIUNAM*.

La *RIUNAM* cuenta actualmente con las siguientes características:

- 43 salas de Videoconferencia
- 150 salas en todo el país
- Conferencia de datos
- Videotelefonía
- Renta de salas y conexión a otros sitios en México y otros países vía *ISDN* e Internet
- Videoconferencia personal y de grupo
- Conexiones punto a punto y multipunto (hasta 10 sitios simultáneos)
- Reservaciones y soporte técnico vía telefónica
- Grabación en videocasete y *DVD*
- Difusión por Internet en vivo y/o diferida

Los *codecs* para videoconferencia *H.320* con los que cuenta actualmente la *RIUNAM* son:

- VTEL - Galaxy PRO
- PHILIPS - Matchview 235
- SONY - PC 5100
- PICTURETEL

Pasaremos a continuación a describir de manera breve cada uno de ellos.

6.1.1 VTEL

El modelo de *codec* desarrollado por la compañía *VTEL* con el que cuenta la *RFUNAM* es el *Galaxy PRO*.

Este es uno de los modelos desarrollados por *VTEL* para videoconferencias *H.320 (ISDN)* en salones de clase, centros de entrenamiento de empresas y cualquier aula con capacidad para grupos de personas medianos o grandes. Aunque también puede operar con interfaces que incluyen el protocolo *IP* a través de *H.323*.

Los sistemas *Galaxy* vienen equipados con *Touch*, una revolucionaria e intuitiva interfaz *Windows* controlada a través de un control remoto ergonómicamente diseñado que permite al usuario conducir una presentación mientras opera el sistema con una mano. Todos los sistemas pueden ser monitoreados y controlados con el programa de administración *SmartVideoNet Manager* desarrollado por *VTEL*.

Este modelo de *codec* cuenta con las siguientes características:

- PC con *Windows* integrado, unidad de diskette de 3.5, unidad de *CD-ROM* y tarjeta de red *LAN*
- Software propietario (*Touch* y *SmartVideoNet Manager*) para controlar y administrar más fácilmente las sesiones de videoconferencia
- Cámara de video con *Pan-Tilt-Zoom* integrado
- Micrófono omnidireccional
- Control remoto inalámbrico

6.1.2 PHILIPS

El modelo de *codec* de la marca *Philips* con que cuenta la *RFUNAM* es el *Matchview 235*, que es un equipo que permite efectuar videoconferencias *ISDN* con la más alta calidad de audio y vídeo, además de ser un equipo bastante fácil de operar.

El *Matchview 235* se configura de manera muy sencilla gracias a sus características *plug & play* y su tamaño compacto, que permite reubicarlo en cualquier parte con gran facilidad.

El conjunto se compone de una unidad de proceso *Engine 230*, una cámara *Philips PTZ* a color con movimiento horizontal, vertical y zoom, además de contar con control remoto y fuente de alimentación. Gracias al control a distancia es posible enfocar a cualquier de los integrantes de la reunión. Además de tener el control y el enfoque, gracias al mando a distancia de la cámara regulable, se puede mostrar material gráfico a alta definición, gracias a una cámara de gráficos adicional. Se pueden enviar datos, conectando el puerto de datos del *codec* a una *PC* y se puede ampliar la audiencia a múltiples localizaciones (acceso a servicios de multiconferencia *ISDN*).

Este sistema opera sobre líneas *ISDN* de 128 Kbps y soporta los estándares *H.320*, *H.263* y *T.120*.

Las características del codec *Matchview 235* son las que se nombran a continuación:

- Calidad de vídeo: 15 Fps (cuadros por segundo)
- Posibilidad de reducción de la imagen a 1/4 de pantalla (función *QCIF*)
- Cámara motorizada de alta calidad: movimiento horizontal, vertical y zoom
- Memorización de seis posiciones locales
- Mando a distancia
- Entrada de audio adicional
- Posibilidad de efectuar llamadas sólo de voz
- Puerto de datos para manejo de aplicaciones multimedia desde *PC*
- Soporte de conferencia de datos (estándar *T120*) a través de *Netmeeting*, para comparación de aplicaciones, pizarra electrónica y envío de ficheros
- Conexión a un Acceso Básico *RDSI*

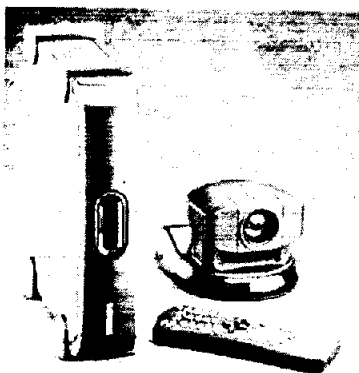


Figura 6-1: Codec MATCHVIEW 235 de Philips

6.1.3 SONY

Existen diferentes modelos de *codecs* desarrollados por la compañía *Sony* para ofrecer videoconferencia a través del estándar *H.320*. El modelo que es utilizado en la *RIUNAM* es el **PC5100**.

Este modelo ofrece las siguientes características:

- Conexión de 1 hasta a 3 accesos básicos de *RDSI*
- Soporta *H.320, H.221, H.261, H.263, G.711, G.722, G.728*
- Videoconferencia multipunto entre 3 ó 4 puntos a 128 Kbps con presencia continua de audio, video y gráficos sin necesidad de *MCU* externo.
- Conversor *STGA/IGA* a video
- Selección por menú de conectar a 15 ó 30 Fps
- Cámara con autoseguimiento y autozoom
- Selección de video en el otro extremo.
- Monitor panorámico (16:9)
- Transferencia continua de imágenes *ACIF*
- Liberación de llamada en *MCU*

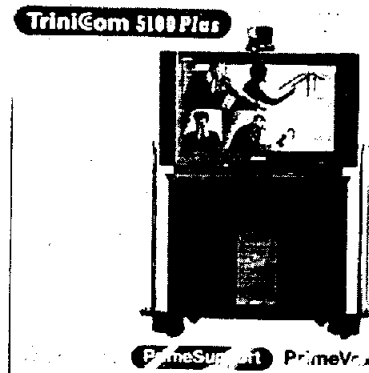


Figura 6-2. Codec PC5100 de Sony

6.1.4 PICTURETEL

Los *codecs Picturitel* son modelos que se basan en los algoritmos estándares regulados internacionalmente como el *H.220* y el *H.223*, pero además se distinguen del resto de equipos *codec* porque también disponen de una serie de algoritmos propietarios para el tratamiento del audio y de vídeo de una forma más profesional, gracias a que ofrece mayor compresión y ancho de banda, lo cual permite que por un mismo acceso básico *ISDN* de 128 Kbps se pueda enviar mucho más información de audio / vídeo, de manera que se obtenga una mejora sustancial en la calidad del audio y de la imagen.

Los *codecs Picturitel* permiten a los usuarios crear sesiones de videoconferencia más eficaces, permitiéndoles acceder a diversas herramientas de colaboración a través de una interfaz de PC muy amigable. Proporciona una confiabilidad sin precedentes utilizando funcionalidades avanzadas que aseguran que la llamada se establezca al primer intento y que la misma permanezca conectada, aún en condiciones adversas de la red.

Picturitel ofrece el *codec Concorde 4500* el cual utiliza algoritmos propios de compresión basados en el protocolo *H.320* con una transmisión de 30 cuadros (frames) por segundo. El audio es de alta calidad gracias a la sonorización Bose. *Concorde 4500* se compone de cámara, altavoces, pantalla, teclado inalámbrico y hasta cuatro botones interactivos que dirigen la cámara hacia quien pulse el botón en ese momento. Su conectividad de audio, vídeo y datos es muy completa.

Las características de este *codec* son:

- Conectividad *H.320* (hasta 512 Kbps)
- Vídeo *H.261*, *H.263*
- Audio *G.722.1*, *G.722*, *G.728*
- *T.120* para compartición de datos
- 30 Fps a partir de 256 Kbps
- Micrófono *PowerMic* inteligente, electrónicamente ubica a la persona que habla dentro de un radio de 360 grados.
- Teclado inalámbrico con trackball
- Ordenador integrado con CPU Intel Pentium III 500 MHz o superior, 4 chips DSP dedicados para aplicación de videoconferencia, Windows NT 4.0 Service Pack 6, 128MB RAM, disco duro 10GB, CD-ROM 40x, 2 puertos RS-232, 1 puerto paralelo, 1 puerto Ethernet 10/100
- Administración basada en navegador web incluyendo: control de llamadas, diagnóstico de placas, estadísticas de uso, monitoreo de disponibilidad de la red.

A continuación se mostrara una tabla donde se dan las características esenciales que deben de cumplir cualquier equipo de videoconferencia y así mismo se muestra si los modelos de codec descritos anteriormente cumplen con estos requisitos y el tipo de arquitectura de cada uno de ellos:

CODECS PARA VIDEOCONFERENCIA H.320				
	VTEL Galaxy 755	PHILIPS Matchview 235	PICTURETEL 970	SONY PCS-5100
Estándar H.320	SI	SI	SI	SI
Protocolo de comunicación H.221	SI	SI	SI	SI
Algoritmo de video H.261, H.263	SI	SI	SI	SI
Algoritmo de audio G.711, G.722	SI	SI	SI	SI
Interfaz V.35 (enlace dedicado)	SI	SI	SI	SI
Formato de video NTSC	SI	SI	SI	SI
Ancho de Banda Máximo en H320	768 kbps	128 kbps	768 kbps	384 Kbps
Entradas de Video	5	2	4	3
Salidas de Video	3	2	3	3
Entradas de Audio	5	2	3	3
Salidas de Audio	3	2	2	2
Arquitectura	PC	Propietario	PC	Propietario
Puerto RS-232	SI	SI	SI	SI
Control de cámaras adicionales desde el CODEC	NO	SI	NO	NO
Interfaz de Control Inalámbrica	SI	SI	SI	SI
Protocolo T.120	SI	SI	SI	SI
Puerto Ethernet	SI	SI	SI	SI
Cámara Principal				
Zoom	12X	12X	12X	12X
Pan	+/-100°	+/-90°	+/-100°	+/-100°
Tilt	+/- 25°	+/-40°	+/- 25°	+/- 25°
Longitud Focal	6 a 64mm	6 a 64mm	6 a 64mm	6 a 64mm
Rango de Apertura	1.8 a 2.7	1.8 a 2.7	1.8 a 2.7	1.8 a 2.7
Auto Rastreo por voz	NO	SI	SI	NO
Cuadros/seg. a 128 Kbps	30	15	15	15
Cuadros/seg. a 256 Kbps	30	30	30	30
Cuadros/seg. a 384 Kbps	30	30	30	30
Imágenes Fijas	JPEG 704 X 576 X 24	JPEG 704 X 576 X 24	JPEG 704 X 576 X 24	JPEG 704 X 576 X 24
Formato ECIF y QCIF	SI	SI/NO	SI	SI
Interfaz de Control Inalámbrica	SI	SI	SI	SI
Protocolo T.120	SI	SI	SI	SI
Puerto Ethernet	SI	SI	SI	SI

Tabla 6-1. Codecs para videoconferencia H.320

Como hemos visto anteriormente en la tabla se dan una serie de características que deben de cubrir los equipos de videoconferencia que se deseen integrar a la red, se hace este tipo de análisis ya que la red de videoconferencia de la UNAM es clara en este tipo de aspectos, en esencia no importa la marca del equipo de videoconferencia, lo esencial es que cubra con la interfaces y los protocolos que se mencionan y haya interoperabilidad entre los equipos, este es un aspecto muy importante ya que como se ha visto a lo largo de este trabajo de tesis hemos venido trabajando sobre estándares de videoconferencia que son precisamente los que nos proporcionan esta interoperabilidad entre ellos, de esta forma hay comunicación y se realizan los enlaces de videoconferencia.

6.2 UNIDADES DE CONTROL MULTIPUNTO

Los equipos con los que se cuenta la *RIUNAM* para ofrecer servicios de videoconferencia multipunto (*MCU - Unidades de Control Multipunto*) son dos:

- *MCU-H (VTEL)*
- *Multipoint 2 (CLI)*

A continuación se enlistaran las características de ambos equipos

6.2.1 MCU VTEL

El modelo de *Unidad de Control Multipunto* llamado *MCU-H* ha sido desarrollado por una de las compañías más importantes en cuanto a desarrollo de equipos para videoconferencia, nos referimos a *VTEL*.

Las características con que cuenta el *MCU-H* de *VTEL* son:

- Soporte de los estándares internacionales *ITU-T* para videoconferencia multipunto *H.320*
- Soporte del modo propietario *VTEL* (basado en el estándar *HDLIC*) para videoconferencias multipunto completamente multimedia
- Capacidad de transmisión en broadcast
- Operación por medio de control remoto
- Soporta los algoritmos de audio *G.711, G.722, G.728*
- Chasis que soporta de 7 a 20 puertos
- Fuente de alimentación y sistema de regulación de temperatura
- Software de control MCU basado en Microsoft Windows

6.2.2 MCU CLI

El otro modelo de Unidad de Control Multipunto que es utilizado en la RVUNAM para realizar videoconferencias multipunto es el modelo *Multipoint 2*, desarrollado por la compañía *CLI*. Sus características son las siguientes:

- Puertos instalados: 8 puertos E1
8 puertos V.35
- Software para administración de videoconferencias multipunto basado en Microsoft Windows
- Soporta el estándar de video H.261 (H.320) para 56 hasta 2048 Kbps
- Estándares de Audio: G.711 50 - 3600 Hz, 48 a 64 Kbps
G.722 50 - 6900 Hz, 48 a 64 Kbps
G.728 50 - 3600 Hz, 16 Kbps
- Control de conferencia: Control activado por voz
Control director
Control de dirección distribuido
- Interfaz de red E1 y T.35 a velocidades de 56 a 1920 Kbps
- Estándares: H.221, H.230, H.242, H.261, H.231, H.243, G.711, G.722, G.728, H.320
- Condiciones eléctricas: Voltaje de operación 90 - 132 Vac
Frecuencia 47 - 63 Hz
Potencia 500 Watts
- Condiciones ambientales: Temperatura 0 - 35 Grados centígrados
Humedad 15% a 95%.

6.3 COBERTURA ACTUAL DE LA RED

En el punto 5.1.1 del presente trabajo de tesis, que se refiere a los sitios conectados a la Red de Videoconferencia de la UNAM (RVUNAM), se procedió a enlistar todos y cada uno de los nodos que actualmente pertenecen a dicha red.

También se describió que para su mejor administración, la RVUNAM se divide en 4 zonas o grupos: RVUNAM Ciudad Universitaria, RVUNAM Ciudad de México, RVUNAM Nacional y RVUNAM Internacional

Por lo tanto, no vamos a proceder aquí a volver a enumerar los sitios conectados a dicha red. Pero si mostraremos el siguiente mapa, el cual puede dar una clara perspectiva de cómo está distribuida la RVUNAM a lo largo y ancho de toda la república, e incluso se puede notar que la red se ha expandido fuera de nuestras fronteras. Por el momento se cuenta con unos cuantos sitios fuera del país, pero se tiene planeado conectar más sitios internacionales en un mediano plazo.

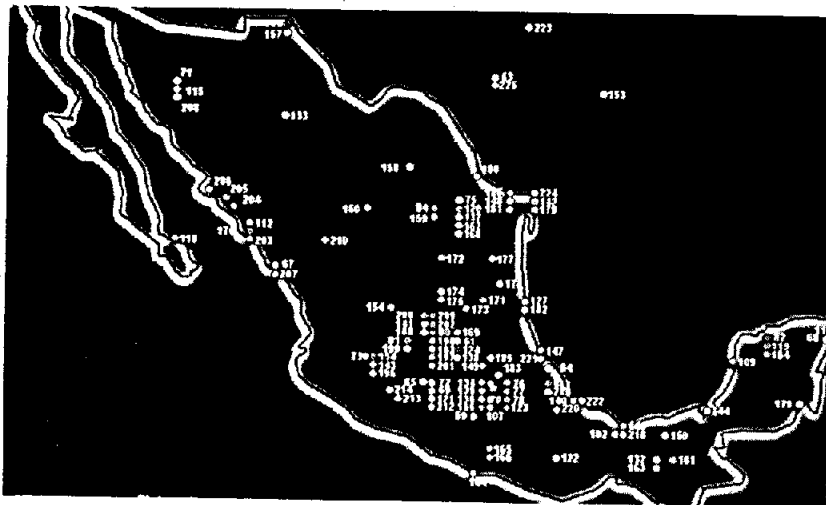


Figura 6-3. Mapa que muestra los sitios pertenecientes a la RVUNAM

Todos los equipos de la RVUNAM cumplen con las normas internacionales de comunicación (H.320) lo que garantiza la compatibilidad con gran parte del mundo. La RVUNAM forma parte de la DGSCA (Dirección General de Servicios de Computo Académico de la UNAM), la cual ofrece a la comunidad universitaria y al público en general el servicio de enlace conmutado para videoconferencia con cobertura en más de 100 países.

La DGSCA ha asesorado cada una de las instalaciones de salas de videoconferencia en la UNAM, así como muchas más de otras instituciones. Si alguna institución tiene como objetivo el integrarse permanentemente a dicha red o establecer la propia, la DGSCA cuenta con personal altamente capacitado para asesorarle.

Independientemente de los sitios que pertenecen a la Red Nacional de Videoconferencia de la UNAM a lo largo de la República Mexicana, y unas cuantas sedes que se encuentran en el extranjero, la RVUNAM ha permitido realizar videoconferencias apoyada en la Red Nacional de Videoconferencias en países como: Argentina, Brasil, Costa Rica, Canadá, Estados Unidos de Norteamérica, Perú, Alemania, Francia, España y Filipinas. La Red Nacional de Videoconferencia (RNV) es un esfuerzo conjunto de diversas instituciones académicas a nivel nacional para elevar la calidad de la enseñanza así como ampliar la comunicación bidireccional de alto nivel. Continuamente incrementa sus sedes en la República Mexicana.

6.4 PERSPECTIVAS DE CRECIMIENTO

Como ya se menciona, la RVUNAM cuenta actualmente con un gran número de sitios conectados, lo cual ha llevado a esta red ha ser una de las más importantes del país en cuanto a enlaces de videoconferencia se refiere.

Por esto la perspectiva de crecimiento de esta red es cada día más amplia. Como primer paso ha cubrir, la UNAM espera tener un enlace de videoconferencia en cada facultad, instituto o entidad que pertenezca a la máxima casa de estudios. Este paso esta cerca de lograrse, ya que actualmente un 80% de estas entidades cuenta ya con su respectivo enlace para ser parte de la RVUNAM.

Al mismo tiempo, se espera contar con el mayor número posible de enlaces con otras instituciones académicas dentro y fuera del país. Para esto se realizan convenios con colegios, universidades públicas y privadas, e incluso con empresas que dediquen al apoyo de la investigación, difusión de la cultura o cualquier tipo de información académica.

6.5 ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION

Para poder llevar a cabo las perspectivas de crecimiento dentro de la RVUNAM y lograr hacer de la videoconferencia una de las herramientas más utilizadas dentro del área de las telecomunicaciones, se tiene que trabajar constantemente para optimizar al máximo los recursos con los que cuenta dicha red, sobre todo, se tiene que estar a la vanguardia en el aspecto tecnológico.

Por ejemplo, se han obtenido logros interesantes en el aspecto de la optimización de la red ISDN para llevar a cabo los enlaces, pues resulta más económico que rentar enlaces dedicados como E1's, DS0's o fraccionarios.

Otro ejemplo, es que se han logrado implementar nuevos algoritmos de compresión de video, entre los cuales debemos de mencionar dos con los cuales la RVUNAM ha estado trabajando de forma satisfactoria: el MPEG-2 y el MPEG-4, los cuales presentan una alta calidad de servicio de video digital, a la vez que optimizan al máximo el ancho de banda ha utilizar para la transmisión.

En cuanto a equipos de comunicación se han probado multiplexores de mayor capacidad para recibir enlaces, concretamente el multiplexor modelo Optimux de la marca RAD, el cual soporta 16 enlaces E1.

Otra de las alternativas que hoy en día de vislumbra es la utilización de la red de Internet 2, con el protocolo h.323, ya que nos facilita el tipo de conexión utilizando la infraestructura de la red datos (computadoras), pero se deben de cubrir con ciertos requerimientos para ser parte de la red de Internet 2.

Una de las muchas ventajas que tiene ser parte de Internet es que nos garantiza la calidad en los servicios que ofrezcamos en dicha red, es decir soporta aplicaciones de tiempo real como la videoconferencia.

La utilización de la red de Internet 2 es exclusivamente educativa es por eso que como se menciona con anterioridad se deben de cubrir ciertos requisitos, y este es uno de ellos.

Cabe mencionar que se puede realizar conexiones con el protocolo H.323 vía Internet convencional pero este no nos garantiza calidad en el servicio y dentro de una videoconferencia es primordial garantizar que la aplicación no tendrá problemas de conexión.

Conclusiones

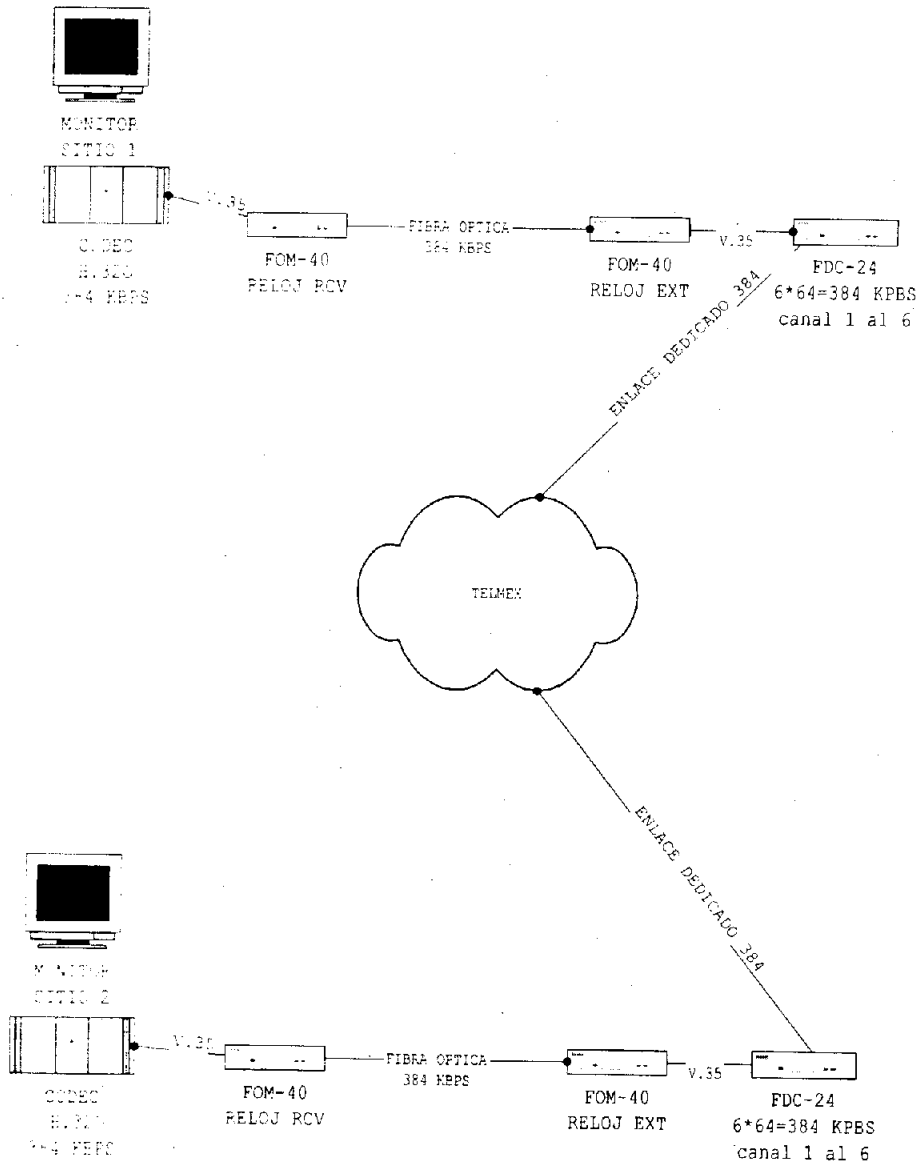
Como se ha demostrado a través de los diversos capítulos del presente trabajo, la incorporación de nuevas tecnologías de información, la utilización de mejores protocolos, de mejores equipos de comunicación y de medios adecuados de transmisión nos permiten una óptima utilización de una de las herramientas de comunicación más importantes que se han desarrollado en los últimos años, como es la videoconferencia.

Debido a la gran importancia que ha adquirido en nuestros días el hábil y oportuno manejo de la información es necesario contar con una infraestructura de comunicaciones robusta: la videoconferencia es una de las tecnologías de comunicación que permite interactuar de manera inmediata con diversos lugares y manejar grandes cantidades de información, lo cual representa grandes ventajas, sobre todo en cuanto a optimización de tiempo y de recursos. Por todo ello la videoconferencia ha sido adoptada por todo tipo de instituciones como: sector industrial, empresas privada y gubernamentales, instituciones educativas y sector salud, entre muchas otras.

Por desgracia, a pesar de que la videoconferencia ha alcanzado una gran madurez tecnológica, el uso de esta herramienta no se ha generalizado aún de la manera debida, principalmente por el alto costo que representa implementar los enlaces. En el caso de la videoconferencia basada en el protocolo H.320 (videoconferencia por ISDN o enlaces dedicados), independientemente de la opción que se elija para los equipos de videoconferencia (codecs) de entre los distintos tipos de equipos y marcas que actualmente existen, se debe de hacer una fuerte inversión para adquirir los equipos de comunicación necesarios, implementar el cableado que sea requerido (en la mayor parte de los casos fibra óptica) y además rentar el enlace privado digital, que por desgracia resulta muy caro debido, entre otras cosas, a que en nuestro país no existen muchos proveedores de este tipo de servicios (Telmex y algunos más).

Para darnos una idea aproximada del costo que implica llevar a cabo un enlace de videoconferencia hemos elaborado el siguiente esquema que presenta un sencillo enlace de videoconferencia H.320 punto a punto, en base a los elementos que contiene dicho esquema se saca una tabla de precios con la cual vamos a realizar el calculo que nos permita conocer el costo aproximado de dicho enlace de videoconferencia.

ENLACE DE VIDEOCONFERENCIA H.320 PUNTO A PUNTO



COTIZACIÓN DE PRECIOS

Concepto	Cantidad	Precios en Dolares
Instalación de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 1 año	\$ 223,370.25
Instalación de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 3 años	\$ 111,685.13
Instalación de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 5 años	Sin Costo
Renta de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 1 año	\$ 55,898.20
Renta de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 3 años	\$ 44,963.97
Renta de Enlace El Punto a Punto	Contrato a 5 años	\$ 40,617.88
Suministro de Cable V.35 Macho-Macho Tipo de configuración Cruzado	Pieza	\$ 1,500.00
Suministro e instalación de Fibra Optica Multimodo de 4 hilos	Metro	\$ 4.00
Suministro e instalación de Fibra Optica Multimodo de 8 hilos	Metro	\$ 8.50
Suministro e instalación de Cable de Fibra Optica Monomodo de 12 hilos	Metro	\$ 6.50
Suministro e instalación de distribuidor de Fibra Optica de 24 hilos (se incluye cubierta, acopladores ST y clamp de aterrizaje)	Pieza	\$ 424.00
Suministro e instalación de un gabinete metálico de 7 ft que incluye puertas laterales, extractor de aire, barra de contactos de 7ft, rack interno de 19" y luz interior	Pieza	\$ 990.00
Suministro e instalación de un sistema de identificación para un Backbone Campus de Fibra Optica	Pieza	\$ 250.00
Suministro e instalación de cordón de Fibra Optica Duplex con conectores tipo ST-ST de 2 metros de longitud	Pieza	\$ 60.00
FCD 24 V35 (Multiplexor para El fraccional de 4 canales)	Pieza	\$ 2,719.00
Descanalizador (Marca RAD Modelo FCD-E1)	Pieza	\$ 1,200.00
Descanalizador (Marca RAD FCD-2)	Pieza	\$ 1,100.00
Modem para Fibra Optica (FOM-40 /115/ST85 V24 64 Kbps a 2 Mbps, conector ST)	Pieza	\$ 971.00
MODEM Optico (FOM T1)	Pieza	\$ 1,200.00
MODEM Pair Gain (Marca RAD)	Pieza	\$ 2,871.00
Sistema de Videoconferencia TANDBERG 2500 Estandar (384 Kbps en ISDN-3BRI, 384 Kbps en V.35-DB26 y 768 Kbps en IP-RJ45). Incluye VideoCodec, Microfono de Mesa, Cámara PTZ y control remoto	Pieza	\$ 16,339.00

Quickstart para T-2500. Es el Soporte en partes y/o el cambio de un equipo en su totalidad (de ser necesario), asistencia telefónica por TANDBERG y actualizaciones de Software durante un año. Obligatorio en la compra de un equipo nuevo.	Pieza	\$ 1,177.00
Sistema de videoconferencia TANDBERG 880 Estandar (384 Kbps en ISDN-3BRI, 768 Kbps en IP-RJ45). Incluye Video-Códec, Micrófono de Mesa, Cámara PEZ y Control remoto.	Pieza	\$ 11,800.00
Quickstart para T-880. Es el Soporte en partes y/o el cambio de un equipo en su totalidad de ser necesario, asistencia telefónica por TANDBERG y actualizaciones de Software durante un año. Obligatorio en la compra de un equipo nuevo.	Pieza	\$ 695.00
Monitor Sony (Modelo KY-14FV300)	Pieza	\$ 290.00
Videoprojector INFOCUS LP500 SVGA (800x600)	Pieza	\$ 3,583.00

En base a la anterior tabla de cotizaciones se eligieron los siguientes elementos básicos (sin tomar en cuenta el cableado) para poder llevar a cabo el enlace de videoconferencia:

Concepto	Cantidad	Precio en dolares
MONITOR Sony	2	\$ 580.00
CODEC H.230 (Sistema de Videoconferencia Tandberg 2500)	2	\$ 32,678.00
MODEM para Fibra Optica (FOM-40)	4	\$ 3,884.00
Multiplexor para E1 fraccional de 4 canales FCD 24 V35	2	\$ 5,438.00
Instalación de Enlace E1 punto a punto	1 año	\$ 223,370.25
Renta de Enlace E1 punto a punto	1 año	\$ 55,898.20
PRECIO TOTAL		\$321,848.45

Por lo tanto, se concluye que para poder llevar a cabo un enlace de videoconferencia H.320 punto a punto se tiene que llevar a cabo una inversión de \$321,848.45 dólares, es decir, unos \$3,218,484.5 pesos (tres millones, doscientos diez y ocho mil, cuatrocientos ochenta y cuatro pesos con cinco centavos), una cantidad bastante alta aún y cuando los precios de los codecs de videoconferencia han bajado su costo de manera considerable. Sin embargo lo que incrementa bastante el costo es el precio de la instalación y la renta de los enlaces dedicados punto a punto.

Es indudable que los precios para implementar los enlaces de videoconferencia H.323 resultan mucho más bajos, debido a que se utilizan redes conmutadas por paquetes IP (Internet o Internet 2) en lugar de enlaces dedicados.

En el momento en que se desarrollo este trabajo de tesis la mayoría de los enlaces de videoconferencia que se llevaban a cabo eran mediante videoconferencia H.320, por esa razón fue que llevamos a cabo nuestra investigación sobre este estándar, aunque ya existía el estándar H.323, el cual poco a poco iba surgiendo como una alternativa interesante para llevar a cabo enlaces de videoconferencia. En la actualidad es indudable el auge que ha tenido H.323 y es que no se pueden dejar de lado las muchas ventajas que preserva sobre el estándar H.320, además de lo económico, que sin duda para la mayoría de las empresas e instituciones resulta lo más importante a la hora de considerar uno y otro estándar.

Entonces, ¿cuáles son las ventajas o desventajas de usar IP vs. ISDN o enlaces dedicados para la videoconferencia de alta calidad? Esto se puede analizar desde diversas perspectivas, como la calidad, el precio, la facilidad de administración, la eficiencia y la escalabilidad. ISDN es un canal de transporte bastante económico de adquirir, pero costoso en su uso. Además de la inversión en la contratación de ISDN y la conectividad con otras salas, generalmente por medio de multipuntos, hay otros costos. Una llamada de ISDN convencional a 384 Kbps requiere la agregación de 6 canales de ISDN (o tres BRI). Usar mejor calidad requiere de canales adicionales.

Generalmente la aplicación de costos por ISDN se realiza por cada canal B (64 o 56 kbps) empleado así como por la distancia hacia el sitio remoto (de forma similar a como se aplican los cargos de la telefonía). Por ende, hacer una videoconferencia con calidad similar a la televisión a 768 Kbps se convierte en un costo prohibitivo por ISDN.

Por otro lado, el tener servicios de redes IP de alta capacidad permite evitar los costos de ISDN o de enlaces dedicados E1, incluyendo para anchos de banda de hasta 2 Mbps. Debido a que día con día las redes IP de alta capacidad están expandiéndose, esta forma de comunicación se hará más popular día con día. Otro detalle es que los sistemas de videoconferencia por IP no agregan canales como en ISDN, por lo que se puede usar el ancho de banda disponible que el administrador o el proveedor de red designe.

ISDN tiene la enorme desventaja de la agregación de canales. Si un canal agregado (bonded) queda inactivo durante una conferencia, toda la llamada fallará. Muchas compañías telefónicas garantizan sólo entre un 90 y 95% de confianza en la estabilidad de ISDN, mientras que en IP se pueden tener márgenes de operación del 99% esta conectividad permanente facilita la administración de los sistemas H.323 desde una ubicación central.

Las grandes redes de videoconferencia usan otros componentes, como los gatekeepers, para controlar y administrar el uso de videoconferencia.

Una de las principales ventajas de desarrollar videoconferencia basada en IP es la posibilidad de poder utilizar las redes de datos existentes como medio de transporte. Esto se conoce como "convergencia de servicios".

La convergencia de servicios en las redes implica un ahorro en sistemas y la ampliación de las aplicaciones, ya que sólo una red es desarrollada, mantenida y administrada. Aún más: ya que las conexiones IP están presente prácticamente en todos lugares, escalar hacia aplicaciones de voz y video es muy sencillo.

Podemos entonces concluir que el presente y futuro de la videoconferencia se encuentra en los enlaces H.323, aunque no se descarta que se seguirán utilizando aún por mucho tiempo los enlaces por H.320.