

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERIA ELECTRÓNICA
ESPECIALIDAD TELECOMUNICACIONES**

**“ESTUDIO DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN
POR CABLE DE COBRE UTILIZANDO TECNOLOGÍA
ADSL”**

REALIZADO POR:

**PAUL FERNANDO AVILES MARTINEZ
ANA CRISTINA PAREDES PAZMIÑO**

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2005

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Estudio del servicio de Televisión por Cable de Cobre utilizando Tecnología ADSL para ANDINATEL S.A.”, ha sido desarrollado en su totalidad por los señores Ana Cristina Paredes Pazmiño y Paul Fernando Avilés Martínez, bajo nuestra dirección.

Ing. Fabian Saenz
DIRECTOR

Ing. Rodrigo Silva
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a todas las personas que han contribuido a la realización del presente trabajo y de las cuales he recibido toda la ayuda y el apoyo necesario. También quiero agradecer a mi Director y Codirector, a mis compañeros de trabajo por todos sus consejos y comentarios durante la realización. Me gustaría agradecer en especial a los Ingenieros; Fernando Guevara, Cesar Puga, Galo Campaña, Marcelo Martínez, Diego Estrella, Pablo Erazo, a José Espinosa y Patrick Ziliax que han aportado con sus conocimientos y por último, pero no menos importante a mis Padres y Hermanas.

Paul Aviles

Agradezco a Elena, Jorge, Silvia y Eduardo por su amor, amistad consejos y paciencia. Un agradecimiento especial a las personas que contribuyeron con sus conocimientos y consejos, a Tomás Jiménez, a Marcelo Martínez, Pablo Erazo, Fabián Sáenz y Rodrigo Silva.

Ana Cristina Paredes

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Geomare Alimanestianu, por creer en mí, y darme la oportunidad de comenzar hacer mis sueños realidad.

A Manon Martina, que es la mujer que más quiero en este mundo y a mis abuelos Cesar y Hugo que ya no se encuentran conmigo.

Paul Aviles

A Gabriel, quien me enseñó que el trabajo de todos los días tiene sus frutos y su recompensa.

Ana Cristina Paredes

PROLOGO

El presente trabajo, denominado “Estudio del servicio de Televisión por Cable de Cobre utilizando Tecnología ADSL para ANDINATEL S.A”, se encuentra comprendido por ocho capítulos, en el primer capítulo, se hace una revisión general de cómo sería la solución extremo a extremo para proveer del servicio de Televisión digital sobre ADSL y una vista general de cómo se encuentra constituida la Red Telefónica.

En el segundo capítulo se hace un resumen de la evolución del servicio de Televisión desde sus inicios hasta ahora a nivel mundial, sus estándares y de cómo se ha desarrollado en el Ecuador.

El tercer capítulo es un resumen sobre todos los estándares de compresión de video MPEG, y el transporte de Multimedia sobre redes ATM. El cuarto capítulo, es el análisis de demanda del servicio en la zona de Iñaquito. El capítulo 5 es una revisión general de la tecnología xDSL y de los equipos necesarios para ofrecer el servicio de Televisión digital al abonado.

En el capítulo 6 se hace un análisis del presupuesto necesario para el desarrollo del proyecto, así como de las tarifas correspondientes al pago del servicio por parte del suscriptor. Se presenta el cálculo de la tasa de retorno y valor actual neto.

La idea del presente trabajo es presentar una opción a las Telefónicas, para poder ofrecer un nuevo servicio al abonado, utilizando sus redes de Banda Ancha.

INDICE

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN	1
1.1 SOLUCION EXTREMO A EXTREMO	2
1.1.1 Red de Contenidos.....	2
1.1.2 Red de Transporte.....	4
1.1.3 Red de Acceso	4
1.1.4 Red de Abonado.....	5
1.2 LA RED TELEFÓNICA.....	7
1.2.1 Sincronización	14
1.2.2 Jerarquía Digital Plesiocrona.....	15
1.2.3 Jerarquía Digital Síncrona	19
1.2.3.1 Estructura de trama SDH	21
Contenedor (C) y Contenedor Virtual (VC).....	23
Unidades administrativas	24
Grupo de unidades administrativas (AUG).....	25
Unidades tributarias	25
Grupo de Unidades tributarias.....	25
1.2.3.2 Velocidades SDH	26
1.2.3.3 Equipos SDH.....	26
1.2.3.4 Topologías de red SDH.....	27
1.2.4 Anillos SDH en Andinatel	28
1.3. INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA.....	31
1.3.1 Red de Enlace.....	32
1.3.2. Red primaria.....	35

1.3.3 Red secundaria y la Red de Dispersión	37
---	----

CAPITULO 2

SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TELEVISIÓN.....	42
2.2 DE LA TELEVISION ANALÓGICA A LA TELEVISION DIGITAL	45
2.2.1 La Televisión Analógica.....	45
2.2.1.1 Señal de video compuesto	49
2.2.1.2 Televisión a color.....	50
2.2.1.3 Transmisión de la señal de audio y video.....	52
2.2.2 Sistemas de Transmisión	53
2.2.2.1 Televisión transmitida.....	53
2.2.2.2 Televisión por cable.....	53
2.2.2.3 TV por Suscripción	54
2.2.2.4 Televisión por Satélite	55
2.2.3 Estándares Internacionales de Televisión	56
Estándar NTSC	56
Sistemas PAL y SECAM	57
2.2.4 Televisión Digital	57
2.2.4.1 Proceso de Estandarización de la Televisión Digital	59
2.2.4.2 Formato de Pantalla Ancha	59
2.2.4.3 Televisión Digital en Europa.....	61
DVB – S.....	63
DVB – C	63
DVB –CS.....	63
DVB –SI.....	63
DVB-TXT	63
DVB – CI	63
DVB – T.....	63

2.2.4.4 Televisión Digital en Estados Unidos	64
2.2.5. Realidad de los estándares	65
2.3 LA TELEVISIÓN EN EL ECUADOR.....	66

CAPITULO 3

TELEVISIÓN DIGITAL SOBRE ATM

3.1 ATM.....	69
3.1.1 Celda ATM	70
Tamaño Fijo	70
Tamaño Pequeño.....	70
Encabezamiento.....	70
Carga.....	70
O&M	70
3.1.2 Trayectos y Canales.....	70
VC (Canal Virtual)	70
VP (Trayecto Virtual)	70
3.1.2.1 Identificadores	70
3.1.3 Capas y Subcapas ATM.....	70
3.1.3.1 Convergencia	70
3.1.3.2 Segmentación y reensamble	70
3.1.3.3 ATM.....	70
3.1.3.4 Convergencia de Tx	70
3.1.3.5 Medio Físico	70
3.2 TELEVISION DE ALTA DEFINICION.....	71
3.2.1 La Propuesta de Dumont.....	71
3.2.2 Las normas francesas “E”	72
3.2.3 El sistema japonés MUSE	73
3.2.4 El sistema HD-MAC y similares.....	75
3.2.5 El sistema PAL-PLUS.....	77

3.2.6 El sistema digital DIVINE.....	80
3.3 LA COMPRESIÓN DE SEÑALES.....	83
3.3.1 Bases teóricas.....	83
3.3.1.1 Compresión de audio.....	84
3.3.1.2 Compresión de video.....	85
3.3.2 Bloques circuitales de los sistemas MPEG.....	89
3.3.3 Análisis matemático del proceso de compresión.....	97
3.4 MPEG Estándares.....	109
3.4.1 MPEG-1.....	112
3.4.1.1 Sistema MPEG-1.....	113
3.4.1.2 Video MPEG-1.....	114
3.4.1.3 Audio MPEG-1.....	117
3.4.2 MPEG-2.....	119
3.4.2.1 Sistema MPEG-2.....	120
3.4.2.2 Video MPEG-2.....	123
3.4.2.3 Audio MPEG-2.....	128
3.4.2.4 DSM-CC MPEG-2.....	131
3.4.3 MPEG-4.....	135
3.4.3.1 DMIF MPEG-4.....	137
3.4.3.2 Sistema MPEG-4.....	141
3.4.3.2.1 Modelo del Sistema Decodificador.....	144
3.4.3.2.2 Descripción de la Escena.....	146
3.4.3.2.3 Descripción de la Escena Asociada con Tramas Elementales.....	149
3.4.3.2.4 Multiplexación.....	150
3.4.3.3 Visual MPEG-4.....	151
3.4.3.3.1 Video Natural.....	152
3.4.3.3.2 Visual Sintético.....	158
3.4.3.4 Audio MPEG-4.....	161
3.4.3.4.1 Audio Natural.....	162
3.4.3.4.2 Audio Sintético.....	165
3.4.4 MPEG-7.....	168
3.4.4.1 Descriptores MPEG-7.....	170
3.4.4.2 Esquemas de Descripción MPEG-7.....	171
3.4.4.3 DDL MPEG-7.....	173

3.4.4.4 Sistema MPEG-7	174
3.4.5 MPEG-21.....	175
3.5 Transporte Multimedia en Redes ATM.....	176
3.5.1 MODELO DEL SISTEMA	177
3.5.2 TRANSPORTE DE VIDEO SOBRE REDES ATM.....	179
3.5.3 MODELO DE QoS EN ATM	181
3.5.4 ASIGNACIÓN DINÁMICA DE ANCHO DE BANDA	183
3.5.5 MODELO SOFT-QoS PARA MULTIMEDIA	186
3.5.6 PLATAFORMA DINÁMICA PARA CONTROL DE SOFT-QoS.....	188
3.5.6.1 Modelo de Software para Soft-QoS.....	189
3.5.6.2 Extensiones de Señalización ATM para control de Soft-QoS.....	190
3.5.6.2.1 Señalización ITU-T Q.2963	191
MODIFY REQUEST	192
MODIFY ACKNOWLEDGE	192
CONNECTION AVAILABLE	192
MODIFY REJECT	192
3.5.6.2.2. 0.2963 Extensiones para Soft-QoS	193

CAPITULO 4

DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

4.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SERVICIO	196
4.1.1 ESTUDIO DE MERCADO	196
4.1.1.1 Proveedor.....	196
4.1.1.2 Competidor.....	197
4.1.1.3 Distribuidor	198
4.1.1.4 Consumidor	198
4.1.1.5 Externo.....	200

4.1.2 Etapas del estudio de mercado	200
4.1.2.1 Análisis del medio.....	201
4.1.2.2 Demanda.....	201
4.2 ANÁLISIS DE DEMANDA DEL SERVICIO EN LA ZONA DE IÑAQUITO	202

CAPITULO 5

EQUIPOS DE ACCESO A LA RED Y DE ULTIMA MILLA

5.1 ADSL.....	205
5.2 CARACTERÍSTICAS ADSL	207
5.2.1 Arquitectura General	208
5.2.2. Modulación ADSL.....	212
5.2.3 CLASES DE TRANSPORTE ADSL.....	216
5.2.3.1 Transporte bidireccional dúplex ADSL	220
5.2.3.2 Cabecera ADSL.....	222
5.2.3.3 Supertrama ADSL	223
5.2.3.4 Estructura de la Trama ADSL.....	227
5.2.4 MODOS DE DISTRIBUCIÓN ADSL	229
5.2.4.1 Modo de sincronía de bit	230
5.2.4.2 Modo adaptador de paquetes.....	230
5.2.4.3 Modo de paquetes extremo a extremo	231
5.2.4.4 Modo ATM.....	231
5.2.5 Redes de banda Ancha basadas en ADSL	232
5.3 EL NODO DE ACCESO O DSLAM	233
5.3.1 Características de los DSLAM.....	234
5.4 ADSL EN EL USUARIO	238
5.4.1 Equipos ADSL en el lado de usuario.....	239
5.4.2 Los Set-Top-Boxes.....	242

CAPITULO 6

ANALISIS DE COSTOS

6.1 PRESUPUESTO NECESARIO	245
6.1.1 Inversión.....	248
6.2 Comparación con otros proveedores de televisión prepagada.....	249
6.3 Tarifas Correspondientes al Pago del Servicio por parte del Suscriptor.....	250
6.4 Análisis Económico	251
6.4.1 Valor Actual Neto o Valor Presente Neto	251
6.4.2 Tasa Interna de Retorno.....	252
6.4.3 Calculo de VAN y TIR.....	253

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones y Recomendaciones.....	255
---	-----

ANEXOS

ANEXO A.-	258
ANEXO B.-	260
ANEXO C.-	262
ANEXO D.-	264

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

La primera central telefónica del mundo fue puesta en servicio en New Haven, Estados Unidos en 1878. Desde aquellos tiempos y debido a los avances en las técnicas de digitalización y compresión de datos, su rol como un medio para establecer una conversación se ha ido ampliando para asociar varios servicios de comunicaciones como la voz, la radio y la televisión. Por lo cual, es fundamental para las empresas de telefonía ingresar en el mercado de las aplicaciones de video, como es la Televisión sobre ADSL. Para ello, se analizan cada una de las etapas involucradas en el proceso de entregar al suscriptor un servicio de Televisión prepagada utilizando la red telefónica con la que cuenta el área metropolitana de Quito.

El propósito de ofrecer servicios de Televisión a través de la red telefónica de cobre, implica el conocimiento de tres redes fundamentales. Estas son la Red Telefónica, la Televisión y datos. Las operadoras de telefonía son redes de comunicación en plena evolución hacia una oferta integral de servicios. El servicio de acceso de banda ancha que se compromete en este estudio es la Televisión, puesto que las operadoras pueden obtener nuevos ingresos de los llamados “usuarios residenciales”, tomando en cuenta que el acceso a Internet es posible desde un PC o también desde el televisor en el hogar. En este estudio se puede apreciar como la red telefónica evoluciona hacia una nueva plataforma de servicios y como la televisión encuentra una nueva tecnología para ser difundida. En las siguientes páginas se presenta un estudio de como la tecnología de acceso de banda ancha ADSL puede ser utilizada para este propósito. En este

estudio está comprometida la red telefónica de Andinatel, por lo que las soluciones que se presenten en los próximos capítulos se adaptarán a esta red.

1.1 SOLUCION EXTREMO A EXTREMO

En la Figura 1.1 se presenta un diagrama de los diferentes bloques que son parte de la solución extremo a extremo para ofrecer este servicio de banda ancha. El proceso se divide en cuatro bloques básicos, desde el punto donde los contenidos ingresan a la red para ser transportados hacia el extremo final, es decir hasta el usuario final en la denominada red de abonado.

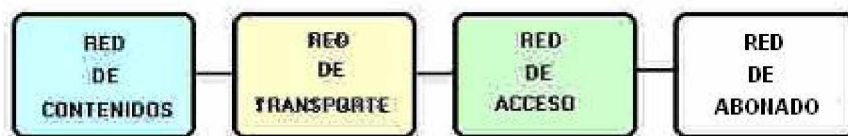


Figura 1.1 Solución extremo a extremo

1.1.1 Red de Contenidos

La red de contenidos se refiere a las distintas fuentes de contenidos de los servicios de banda ancha, como por ejemplo teledifusión, juegos, o video y música bajo demanda. En los servicios de video el contenido puede ser retransmitido o suministrado bajo petición desde un servidor. En la red de contenidos también se pueden incluir los proveedores de servicios de Internet (ISP) y el mismo servicio telefónico.

La Figura 1.2 muestra un ejemplo de la arquitectura de una red de contenidos para el caso de teledifusión y video bajo demanda (VoD).

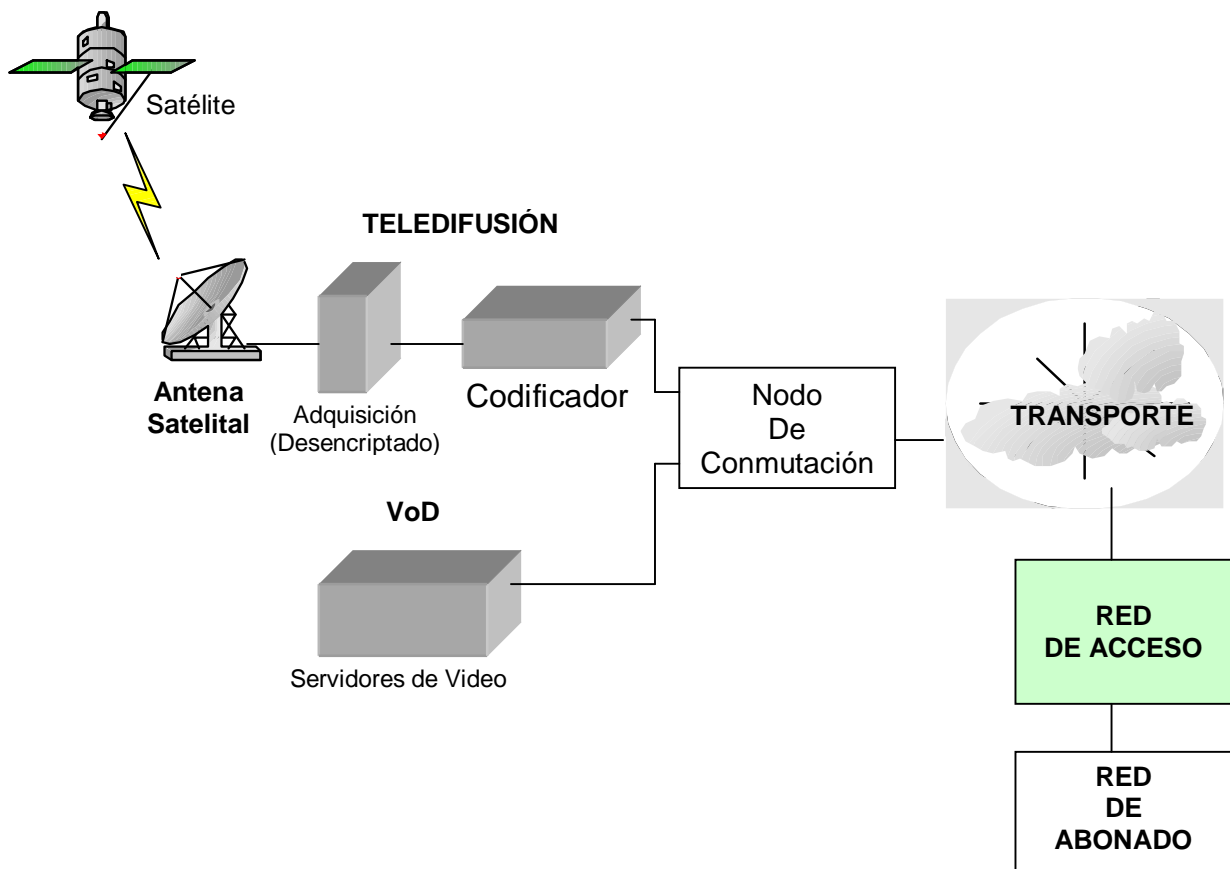


Figura 1.2 Arquitectura ejemplo de Red de contenidos

En los servicios de teledifusión se adquiere el contenido a través de antenas parabólicas de difusión directa por satélite o DBS (Direct Broadcast Satélite), para luego ser decodificado y obtener la señal de salida analógica. Esta señal analógica debe ser digitalizada y comprimida para ser distribuida a través de una red de banda ancha, para lo cual se usa un codificador que la convierte en señal digital en un formato especial, de los cuales el más usado es el MPEG. Luego, esta señal debe pasar a la red de transporte. En el caso de Andinatel, la señal debe encapsularse en celdas ATM para ser agregada sobre el enlace físico SDH. Cuando se trata de video bajo demanda (VoD), el contenido se almacena en servidores apropiados para mantener varios flujos simultáneos

1.1.2 Red de Transporte

La red de transporte básicamente envía el contenido desde la red de contenidos hacia la red de acceso, para luego ser distribuido a los usuarios. Para esto, todo el contenido se agrega a la red a través de los servicios de conmutación ATM sobre un anillo de transporte SDH, el cuál básicamente provee transporte y conectividad entre las centrales. De este modo la función de conmutación ATM ensambla el tráfico de difusión y unidifusión con el de Internet de alta tasa de bits.

1.1.3 Red de Acceso

El contenido que ha sido generado por las diferentes aplicaciones se distribuye a las instalaciones de los usuarios por medio de la red de acceso. En este proyecto se utiliza la tecnología de línea de abonado digital ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line) para el transporte de voz, video y datos al usuario sobre los bucles de cobre tradicionales. En este caso la tecnología de acceso es suministrada por un multiplexor de acceso DSL conocido como DSLAM (DSL Access Multiplexer). Mientras más cerca se encuentre el usuario al DSLAM, el ancho de banda disponible será mayor, alcanzando velocidades más altas. Para conseguir las velocidades deseadas puede ser necesario desplegar nodos suplementarios de acceso para acortar las distancias entre la central y el usuario.

En un enlace ADSL se tienen dos modems, uno en el lado del abonado conocido como ATU-R (ADSL Termination Unit - Remote) y otro en el lado de la central o ATU-C (ADSL Termination Unit - Central). Un DSLAM básicamente alberga múltiples ATU-C. Todo el tráfico hacia y desde los abonados pasa a través del DSLAM, al igual que el tráfico hacia y desde la red de contenidos. El DSLAM prácticamente constituye la red de acceso a los servicios. Por el lado de usuario aloja las ATU-C que se conectan por medio del cobre con las ATU-R. Y por el lado de servicios puede conectarse con conmutadores ATM, enrutadores TCP/IP, servidores de video digital, LAN y muchos otros equipos. La Figura 1.3 muestra un modelo típico del DSLAM como nodo de acceso ADSL.

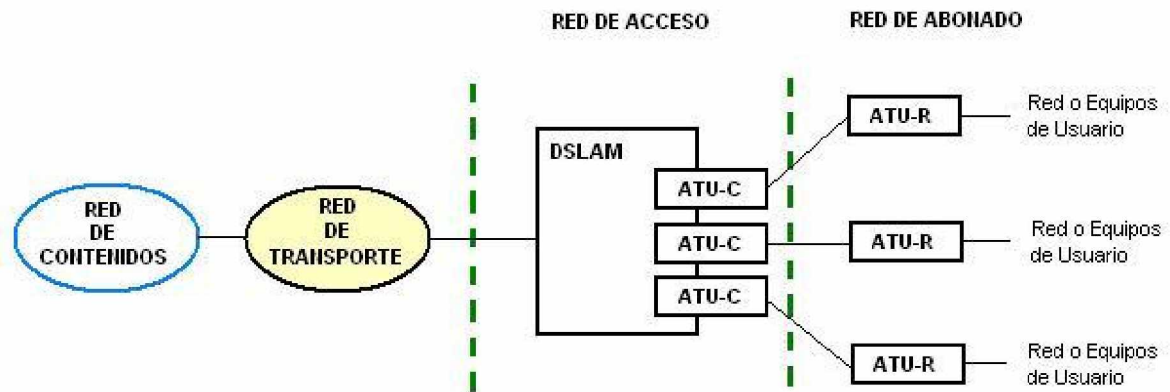


Figura 1.3 DSLAM en la red de acceso.

1.1.4 Red de Abonado

La red residencial la constituyen los equipos que se encuentran en el hogar del usuario. La línea ADSL termina en el ATU-R, y es a partir de éste donde comienza la red de abonado. El MODEM distribuye los datos a un dispositivo que puede ser un computador personal o un decodificador digital (set top box) conectado a un televisor. Este decodificador digital convierte la señal digital en un formato que puede ser visto en el televisor del usuario. La Figura 1.4 muestra un ejemplo de una red residencial conectada a la red de banda ancha por medio de un enlace ADSL.

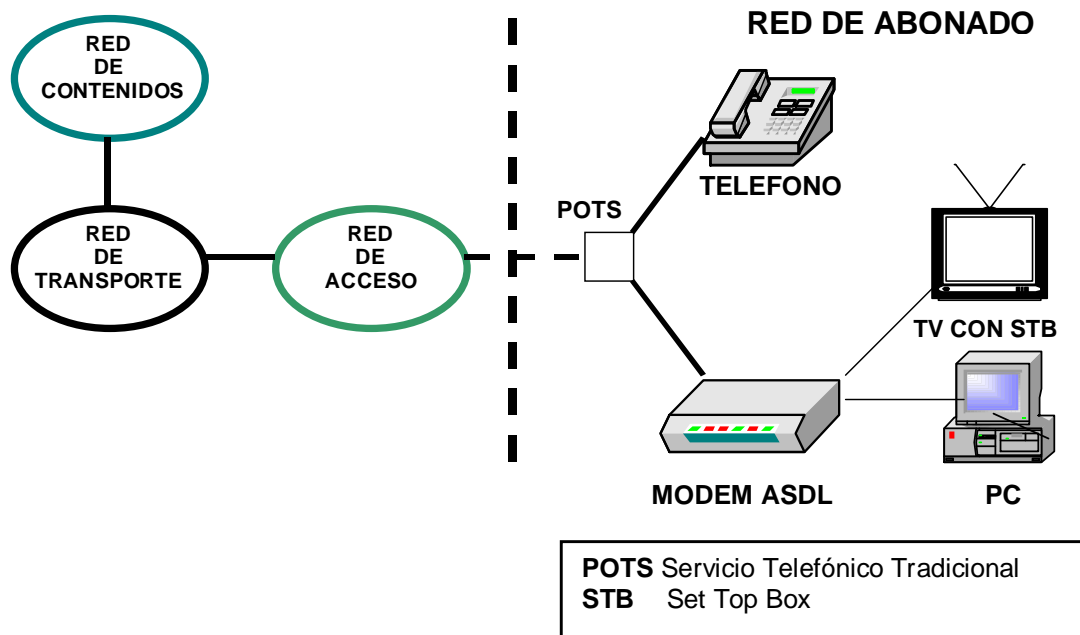


Figura 1.4. Red de Abonado en un entorno ADSL

En capítulos posteriores se estudia con más detalle los elementos y tecnologías relacionadas con cada uno de los bloques que forman la solución extremo a extremo para ofrecer video a través del cable de cobre con la tecnología ADSL. En la Figura 1.5 se muestra un esquema completo de esta red de banda ancha.

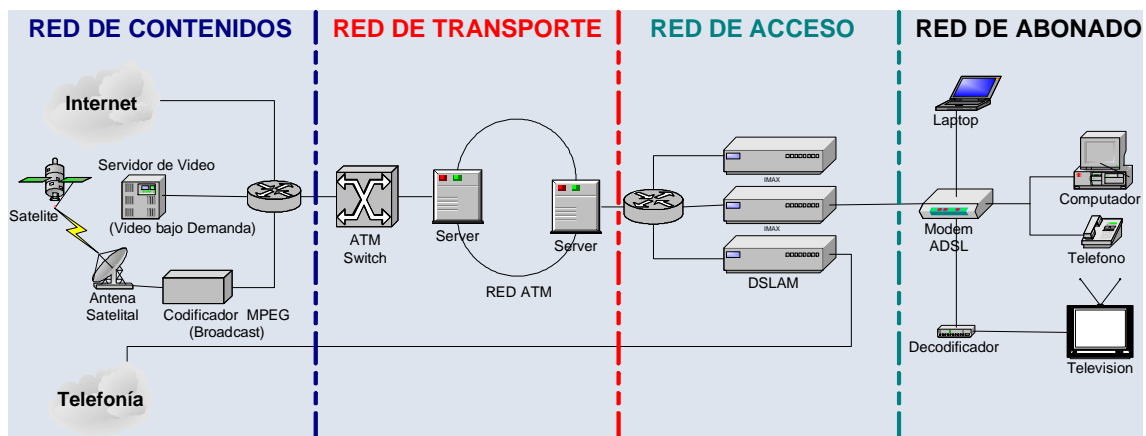


Figura 1.5 Red Extremo a Extremo Para la Televisión sobre ADSL

1.2 LA RED TELEFÓNICA

Para que la televisión sea difundida a través del cable de cobre primero es necesaria una descripción de la red telefónica.

La comunicación antes de la existencia del teléfono se la realizó a través de varios sistemas, los cuales fueron surgiendo a partir de la necesidad de mayor rapidez en el envío y recepción de lo que se quería comunicar. La comunicación mediante cartas se la hacía a través del sistema postal. Luego en 1938 Samuel F. B Morse inventó y perfeccionó el telégrafo. Con el telégrafo eléctrico un operador transmitía sonidos en código Morse los cuales eran descifrados por otro operador, convirtiendo los sonidos en frases, y luego un mensajero llevaría el mensaje impreso hacia la casa del destinatario. El telégrafo por lo general era utilizado por agencias de noticias y por personas que querían enviar mensajes que demandaban mayor urgencia que aquello que podía ser comunicado por cartas. Sin embargo, en el sistema telegráfico se encontraban inconvenientes que no satisfacían en cuanto a las urgencias de comunicación y en la comodidad del usuario a la hora de hacerlo. Esto se debe a que en el hilo telegráfico solo se puede transmitir un solo mensaje a la vez, los mensajes todavía tardaban horas en llegar y dependían de un mensajero, y por último y no menos relevante, el sistema no llegaba directamente a los usuarios finales, es decir que los hilos telegráficos no llegaban a la casa del usuario.

La red telefónica que hoy conocemos tuvo sus inicios gracias al progreso de las investigaciones del electromagnetismo y al esfuerzo de Alexander Graham Bell, quien motivado por desarrollar un aparato que ayude a los sordos, el 14 Febrero de 1876 patentó el primer teléfono electromagnético, el cual fue denominado en un principio el “Telégrafo de sonidos” o también el “telégrafo armónico”, pero luego Bell lo llamo “teléfono”. A partir de entonces comenzaron a surgir las primeras redes de interconexión telefónica, y conforme el número de teléfonos que requerían comunicarse entre si se incrementó, también lo hizo la complejidad de la red telefónica. Posteriormente, la red telegráfica y la red telefónica fueron los principales medios de transmisión a nivel mundial.

En sus primeras etapas, se requería usar un cable directo desde un teléfono hasta cada teléfono con el que se quería tener comunicación. Esto se tornó un problema cuando el número de usuarios creció. Para evitar que las ciudades se nublen por la extensión de tantos cables surge la necesidad de regulación y se creo la central telefónica local en la cual se encontraba un panel de conmutación. La conmutación se refiere básicamente a la toma y liberación de circuitos para establecer una comunicación. En un principio estas centrales eran manejadas por operadores. También fue necesario establecer una numeración para cada teléfono que se conectara a la central y se publicaron los primeros directorios telefónicos. La persona que realizaba la llamada descolgaba el auricular y accionaba una manivela que generaba electricidad, la cual se transmitía al panel de conmutación, donde se encendía una luz. El operador conectaba un cable en esa posición y preguntaba con quien quería comunicarse la persona. Luego el operador verificaba si la línea destino tenia algún cable conectado o no, lo que indicaba si estaba ocupada o no y según el caso procedía a realizar la conexión, la misma que se hacía manualmente. Otra luz se encendía indicando la finalización de la llamada y se procedía a la desconexión de los cables. Posteriormente se realizó la automatización de centrales y ya no se requería el uso de operadoras, gracias a la conmutación basada en la tecnología de los ordenadores electrónicos.

En la Figura 1.6 se puede apreciar la ventaja de una central local en cuanto al número de enlaces que se ahorran. La formula $N(N-1)/2$ donde N es el número de teléfonos a ser conectados, nos permite conocer el número de enlaces necesarios para conectar N teléfonos en un enlace punto a punto. Pero con el uso de la central local se requerían N enlaces para N teléfonos.

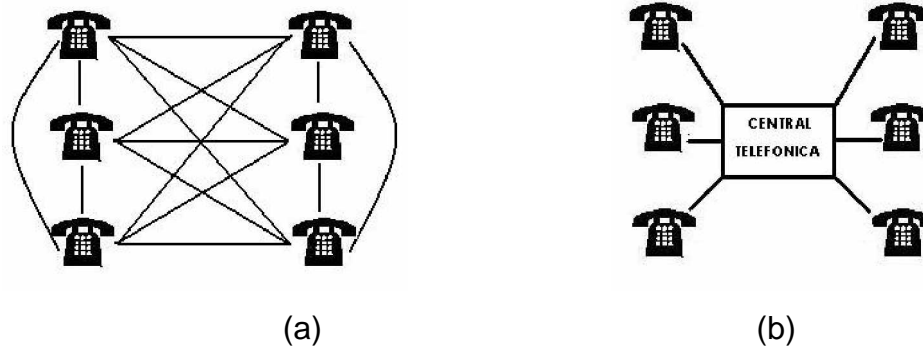


Figura 1.6. (a) Enlaces sin central telefónica. (b) Enlaces con central telefónica.

Un punto muy importante dentro del estudio de la red telefónica es el medio de transmisión. La parte del enlace telefónico entre el usuario final y la central a la que está conectado se denomina el bucle local del abonado y constituye el enlace de acceso. Los primeros enlaces montados usaban hilos de hierro, sin aislamiento de ninguna clase, lo que los exponía a los problemas causados por el medio ambiente, como la oxidación y los fenómenos meteorológicos, lo que acumulaba gran cantidad de interferencia en la llamada telefónica. En 1881 se descubrió de forma accidental que conectando dos hilos al mismo punto mejoraba la calidad de la voz, con lo que se estableció el par telefónico.

En 1884 se creó un hilo de cobre que al ser económico permitió el acceso de las telefónicas al mismo y además se consiguieron mayores distancias de comunicación debido a que el cobre tiene mejores propiedades eléctricas que el hierro. Pero todavía se mantenían los problemas de interferencia y atenuación de la señal, los cuales fueron resueltos trenzando los pares de cobre. Este nuevo cable se denominó por sus siglas en inglés UTP (Unshielded Twisted Pair), lo que significa par trenzado sin apantallar y consiste principalmente en un cable de pares trenzados sin recubrimiento metálico externo.

En la Figura 1.7 se muestra un cable trenzado de cuatro pares.

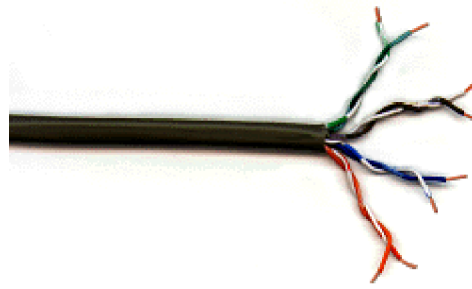


Figura 1.7 Cable Trenzado de Cuatro Pares

Para que el usuario de una central se comunice con otro conectado a una central diferente ubicada en un área distante, no era apropiado tender un enlace telefónico entre estos dos usuarios debido principalmente a la atenuación que se produciría por la longitud del cable. Este problema llevado a varios de los usuarios de la central se resolvió con la interconexión de las centrales locales. Además con la invención del amplificador se iniciaron las denominadas llamadas de larga distancia. Puede haber una interconexión directa entre las Centrales Locales conocida como comunicación “asociada” o por medio de Centrales de Tránsito o “cuasiasociado”. Las Centrales de Tránsito no tienen usuarios finales conectados a la misma, mas deben ser centrales de alta capacidad. Existe otro tipo de central denominada TANDEM, la cual puede trabajar como central local o central de tránsito.

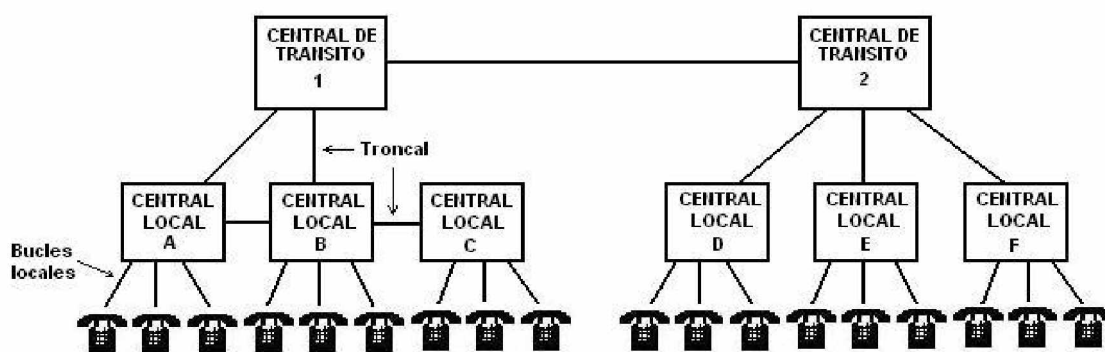


Figura 1.8 Ejemplo de interconexión de Centrales de tránsito y locales

Los enlaces entre centrales se denominan circuitos troncales telefónicos, los mismos que son enlaces de transporte, esto es transportan información entre los enlaces de acceso (bucle de abonado). A principios de los años 1900 se creó la multiplexación telefónica por división en frecuencia o FDM (Frequency Division Multiplexing), con el objeto de aprovechar el canal de comunicaciones, esto es el cableado de los troncales. FDM hizo posible transmitir mas de una llamada telefónica simultáneamente por el mismo cable de cobre. Una señal de voz (masculina o femenina) es limitada a una banda de 300 a 3300 Hz, debido a que las frecuencias fuera de esta banda no tienen mucha contribución en la potencia de la voz humana. Al multiplexar varios canales de voz con FDM, se divide al espectro de frecuencias en el cable de cobre en varias bandas de frecuencias separadas. A cada banda se asigna a un canal de voz. Se agregan además zonas de guarda para prevenir diafonía entre los canales. En cada extremo del enlace se encuentran dispositivos encargados de multiplexar y demultiplexar los canales de voz. En la Figura 1.9 se muestra un esquema de FDM para tres canales de voz.



Figura 1.9 FDM

La jerarquía FDM para canales telefónicos de 4 kHz se compone de cuatro niveles. El primer nivel consiste de un **grupo** de 12 canales modulados en

subportadoras en el rango de 60 a 108 kHz. El segundo nivel se denomina un **supergrupo**, y está formado por cinco grupos (60 canales) modulados en subportadoras en el rango de 312 a 552 kHz. El tercer nivel es el **mastergrupo** compuesto de 10 supergrupos y el último es el **jumbogrupo** formado por 6 **mastergrupos**, dando un total de 3600 canales.

FDM funcionó bien mientras la red telefónica fue analógica. Durante mucho tiempo la información que se transmitía por los cables no era más que una transformación de la voz en voltaje. La señal de voz recibida todavía mantenía niveles de ruido que deterioraban la calidad del sonido. La solución a estos problemas llegó con la digitalización de las señales de voz.

La digitalización se compone básicamente de tres pasos: el muestreo, la cuantización y la codificación. Estos tres pasos comprenden lo que se denomina PCM (Pulse Code Modulation) o Modulación de Pulsos Codificados. En el primer proceso las señales analógicas son convertidas a una correspondiente secuencia de muestras usando la velocidad adecuada para que la secuencia represente de forma precisa la señal analógica original. Para que esto suceda se debe aplicar el teorema o criterio de Nyquist, del investigador americano Harry Nyquist el cual en 1933 establece que la velocidad de muestreo mínima permitida para reconstruir una señal analógica sin error debe ser el doble de la frecuencia mas alta de la señal a ser muestreada.

Matemáticamente se puede expresar este postulado como

$$f_{muestreo} \geq 2f_{max}$$

La banda de frecuencias de la señal de voz está comprendida entre los 300 y 3400Hz, pero se asume una banda de 4kHz. Aplicando el Teorema de Nyquist se establece la frecuencia de muestreo para la señal de voz en $2 \cdot 4000 = 8000$ muestras por segundo.

En el segundo proceso de digitalización denominado cuantización, a la versión muestreada de la señal se le asignan valores de amplitud discretos de un conjunto finito de niveles predeterminados. Luego a cada amplitud de la señal se

le asigna un código de n bits, lo que se denomina codificación. Para las señales de voz se estableció utilizar 8 bits por muestra. Resumiendo, si la señal de voz tiene un ancho de banda de 4 kHz, velocidad de muestreo de 8000 muestras por segundo y codificada con 8 bits, entonces se tiene 8000 (muestras/seg)*8(bits/muestra) = 64 kbps, lo que corresponde a la tasa de operación de un canal telefónico estándar.

Las ventajas de la digitalización de las señales analógicas son: Ofrece cierta inmunidad al ruido, proporcionando un mejor desempeño del sistema al encontrarse menos sujeto a interferencia y distorsión. Debido a que el ruido se produce en el canal de transmisión, para mejorar el desempeño se utilizan regeneradores de señal, repetidores (amplifican la señal). Además permiten un adecuado procesamiento de la señal para control de errores, empaquetamiento de datos, protección de la información mediante algoritmos de encriptación.

La Multiplexión por División del Tiempo TDM (Time Division Multiplexing), tuvo su acogida conforme avanzó la tecnología, puesto que al principio era muy costosa de implementar. Con TDM se comparte todo el ancho de banda durante un pedazo de tiempo, por lo que se puede enviar una parte de la conversación en menos tiempo de la que ésta duró. De este modo se divide el tiempo en intervalos denominados tramas, y cada trama es dividida en time slots o ranuras de tiempo asignados a cada usuario. En la Figura 1.10 se muestra un esquema TDM, donde los espacios denominados tiempos de guarda actúan como zonas de almacenamiento para reducir la interferencia entre time slots adyacentes.

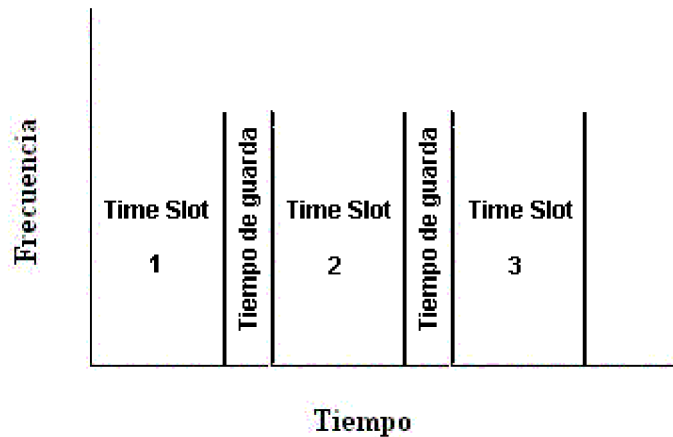


Figura 1.10 TDM

Con TDM, se combinaron 30 canales de voz y dos canales que llevaban información de control para formar una señal con un flujo de bits digitales de 2.048Mbps conocida como un E1. Estos enlaces fueron usados para la comunicación entre centrales, pero cuando ya no fueron suficientes para cubrir la demanda de tráfico de voz, se creó un mayor nivel de multiplexación y surge la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

1.2.1 Sincronización

El sincronismo en un sistema digital de comunicaciones prácticamente constituye la columna vertebral del mismo. La pérdida de sincronismo implica la pérdida de información. Puesto que el receptor no sería capaz de recibir y decodificar la información correctamente.

En un sistema de transmisión digital la sincronización se garantiza en tres niveles diferentes: bit, intervalo de tiempo y trama. En los sistemas de comunicación donde se requieren altos niveles de sincronización se aplica la sincronización de trama, estrictamente cuando la información está dividida en bloques o mensajes. En el caso de canales compartidos en el tiempo, es necesario conocer donde están los límites entre canales de usuario para saber de donde viene la información y hacia donde debe ser enviada.

Para transmisión de datos se usan dos técnicas: la transmisión asíncrona y la transmisión síncrona.

En la transmisión asíncrona los datos viajan por el canal sin una velocidad fija, en este caso el tiempo que transcurre desde la transmisión de un dato, hasta la transmisión del próximo dato es variable.

Con la transmisión síncrona los datos son transmitidos a una velocidad fija de bits. En los sistemas PCM se usa este tipo de sincronización, puesto que el receptor deriva su propia temporización de la señal entrante, y los alineamientos de intervalo y de trama se obtienen utilizando un formato predeterminado.

1.2.2 Jerarquía Digital Plesiocrona

A partir de la introducción de PCM las redes fueron transformándose gradualmente en digitales. La Jerarquía Digital Plesiócrona conocida como PDH por sus siglas del inglés Plesiochronous Digital Hierarchy, surge por la necesidad de proporcionar mayores velocidades de transmisión. Se entiende por jerarquía a un flujo digital que contiene en su interior otros flujos digitales de tasa inferior.

El término plesiócrono (cuasi síncrono) implica una señal de velocidad variable. Esto es debido a que la red no se sincroniza de ninguna manera, puesto que cada nodo tiene un reloj de alta calidad independiente del resto. Esto implica mayor sencillez pero mayor costo.

En PDH se realiza una serie de multiplexaciones de señales provenientes de distintas fuentes para formar una señal común con una tasa de transmisión superior. PDH se compone de diferentes jerarquías estandarizadas, pero no existe un solo estándar adoptado en todo el mundo. En la Figura 1.11 se muestra un esquema de los estándares de PDH que han sido adoptados.

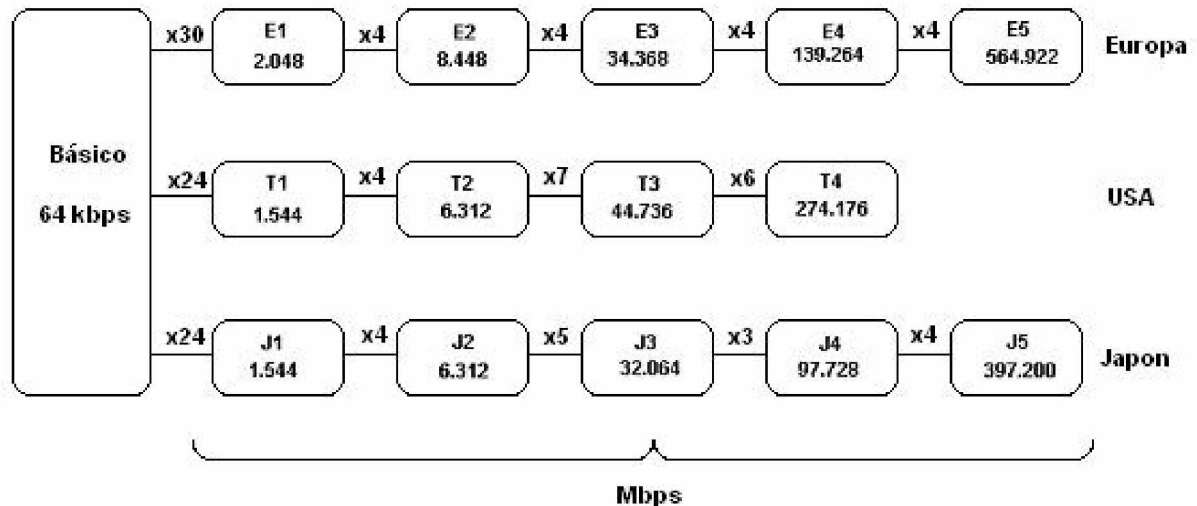


Figura 1.11 Tasas de Transmisión PDH en kbps

Estos estándares difieren principalmente en el número de canales de voz que contiene la trama básica correspondiente y en la forma en que la señalización es transportada. El estándar adoptado en Estados Unidos y Japón forma la trama básica denominada T1 o DS-1 con 24 canales de voz (cada canal de 64 kbps). Se añade a la trama un bit para proporcionar alineamiento de trama y señalización. La capacidad resultante de una trama T1 es:

$$(24 \text{ canales} * 8(\text{bits/canal}) + 1 \text{ bit}) / 125 \mu\text{s} = 1.544 \text{ Mbps}$$

En el estándar europeo la trama básica denominada E1, está formada por 30 canales de voz mas dos canales adicionales (de 64 kbps) usados para transmitir información de alineamiento de trama, comunicación de alarmas y bits de CRC (Cyclic Redundancy Check). Adicionalmente cada canal de voz es señalado mediante un canal específico, lo que permite disponer de 2kbps para cada canal. La capacidad total de transmisión en un enlace E1 es:

$$(32 \text{ canales} * 8 (\text{bits / canal})) / 125 \mu\text{s} = 2.048 \text{ Mbps}$$

Las velocidades más altas en la jerarquía, se consigue mediante una serie de multiplexaciones, tomando cuatro líneas de la jerarquía inmediata inferior y multiplexándolas en el tiempo se llega a la siguiente jerarquía. En la Figura 1.12 se muestra un esquema de las multiplexaciones sucesivas que se realizan para alcanzar la jerarquía más alta estandarizada, en este ejemplo para el caso europeo.

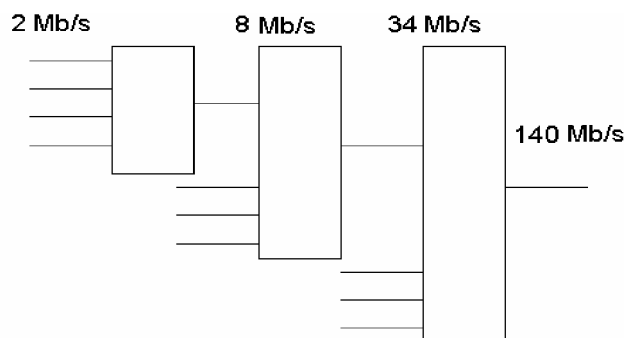


Figura 1.12 Multiplexación estándar PDH europeo.

El factor multiplicador es mayor a cuatro para las distintas tasas de transmisión, debido a que en cada nivel de jerarquía se insertan bits adicionales, usados para la generación de trama y para llevar información adicional dentro de la misma.

Para pasar a un nivel superior jerárquico se combinan señales provenientes de diferentes equipos, los cuales pueden tener alguna pequeña diferencia en la tasa de bit. Esto se debe principalmente a las imprecisiones de los relojes de los transmisores. En este caso unas señales irán más rápido que otras y el multiplexor, que tiene una lectura cíclica se encuentra con los siguientes problemas:

- Si el régimen binario de una línea es mayor del debido, el multiplexor no tendrá tiempo de llegar a leer todos los bits en cada reinicio.
- Si el régimen binario de una línea es menor del debido, el multiplexor puede que lea el mismo bit en dos lecturas sucesivas.

Este problema se resuelve introduciendo en las líneas bits de relleno para ajustar las velocidades de los canales a la del multiplexor. Estos bits de relleno denominados bits de justificación, no llevan información. Si la velocidad de una línea de entrada es muy elevada, el multiplexor no transmite por la salida todos los bits de relleno de manera que el número de bits transmitido por segundo disminuye y la velocidad se reduce. Si la velocidad de la línea de entrada es muy pequeña el multiplexor transmite por la salida más bits de relleno con el objeto de que la velocidad aumente. La Figura 1.13 muestra un ejemplo del segundo caso, donde el multiplexor añade un bit de justificación.

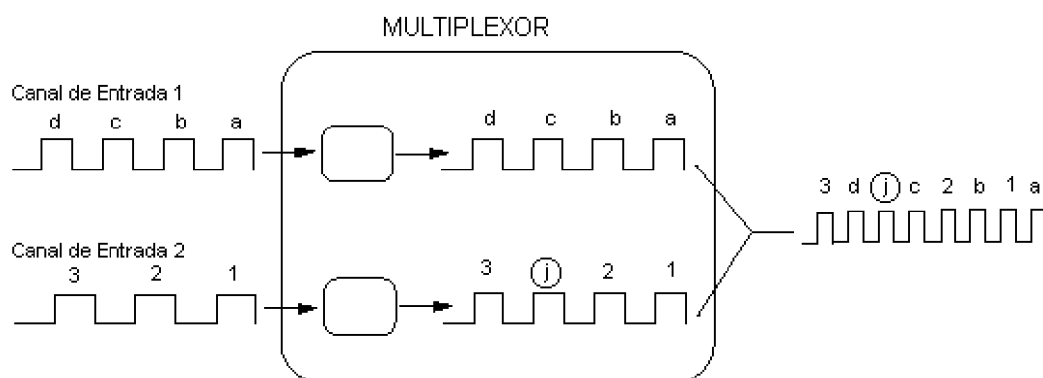


Figura 1.13 PDH añade bits de justificación.

La inserción y extracción de bits se realiza al multiplexar en cada uno de los niveles de esta jerarquía. Esta constituye una de las principales limitaciones de PDH, porque si se quiere extraer un canal de 64 kbps dentro de una trama de nivel 4 se debe demultiplexar todos los niveles uno a uno, identifican los bits de relleno hasta el nivel inferior. De igual manera, insertar una nueva señal requiere demultiplexar toda la trama nivel a nivel, añadir el nuevo canal y multiplexar todo nuevamente agregando o quitando los correspondientes bits de relleno. Esto requiere el uso de varios equipos lo que vuelve al sistema muy costoso y poco flexible.

Otra limitación de los sistemas basados en PDH es la insuficiente capacidad de gestión de red a nivel de tramas, debido a que es muy complejo seguir un canal de tráfico a través de la red.

1.2.3 Jerarquía Digital Síncrona

En 1988 se produce la primera regulación de la Jerarquía Digital Síncrona conocida como SDH por sus siglas del inglés Synchronous Digital Hierarchy. Básicamente constituye un sistema de transporte digital diseñado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible. Estas recomendaciones publicadas por el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) definen señales ópticas estandarizadas, una estructura de trama síncrona para el tráfico digital multiplexado y los procedimientos de operación para permitir la interconexión de terminales mediante fibra óptica.

SDH nació con el objetivo de resolver los problemas inherentes a PDH y además normalizar las velocidades superiores a 140Mbps. Los equipos de transmisión síncrona que se han desarrollado tienen la capacidad de interoperar con los sistemas plesiócronicos existentes, los cuales estaban diseñados principalmente para el tráfico telefónico. Con SDH se puede combinar señales plesiócronicas y encapsularlas en una señal SDH estándar. La tecnología PDH todavía cumple un papel importante en la transmisión ya que permite segregar el tráfico en canales de comunicación de baja velocidad (menores de 64 kbps). Los equipos PDH se integran a las redes de transmisión en su jerarquía más baja (2 Mbps). Los otros niveles de jerarquía superior en PDH han sido desplazados por equipos de tecnología SDH compatibles con PDH.

Las principales características de SDH son las siguientes:

- Red más simple. Es menos complejo insertar o extraer canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad, con un solo equipo multiplexor síncrono, sin necesidad de utilizar varios equipos plesiócronicos, reduciendo los costos y el número de equipos.
- Fiabilidad. La gestión de red permite la inmediata identificación de fallo en un enlace o nodo de la red. EL uso de topologías con caminos redundantes permite que la red se reconfigure automáticamente y reencamine el tráfico

instantáneamente hasta la reparación del equipo defectuoso, de modo que se garantice la continuidad de los servicios.

- Software de control. Los sistemas de gestión de red incorporan funciones de gestión de alarmas, monitorización del rendimiento, gestión de la configuración, gestión de recursos, seguridad de red, gestión del inventario, planificación y diseño de la red. Todos estos elementos pueden ser controlados y monitorizados desde un lugar centralizado, con lo que mejora la capacidad de operación, administración y mantenimiento.
- Estandarización. Los estándares SDH permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace. El nivel físico define parámetros como la velocidad de línea óptica, longitud de onda, niveles de potencia, formas y codificación de pulsos. Se definen también la estructura de trama, cabeceras y contenedores.
- Plataforma que integra varios servicios. Permite una integración a nivel de transmisión de servicios, desde la telefonía tradicional, telefonía móvil, redes de comunicaciones de datos e incluso servicios como video bajo demanda (VoD) o transmisión de video digital vía ATM, por ejemplo. Ver Figura 1.14.

En SDH se mantiene un sincronismo único en toda la red, ya sea mediante el uso de un reloj maestro en la red o mediante protocolos de sincronización entre los elementos de red. Esta propiedad ahorra la necesidad de ajustar las velocidades de las señales mediante el uso de bits de justificación, y en su lugar se puede identificar la posición de una señal tributaria dentro de una trama sin demultiplexarla.

La Figura 1.14 muestra un esquema de una red SDH en anillo, en la cual se puede apreciar como se transportan por la red SDH diferentes tipos de señales tributarias, desde señales PDH hasta servicios ATM.

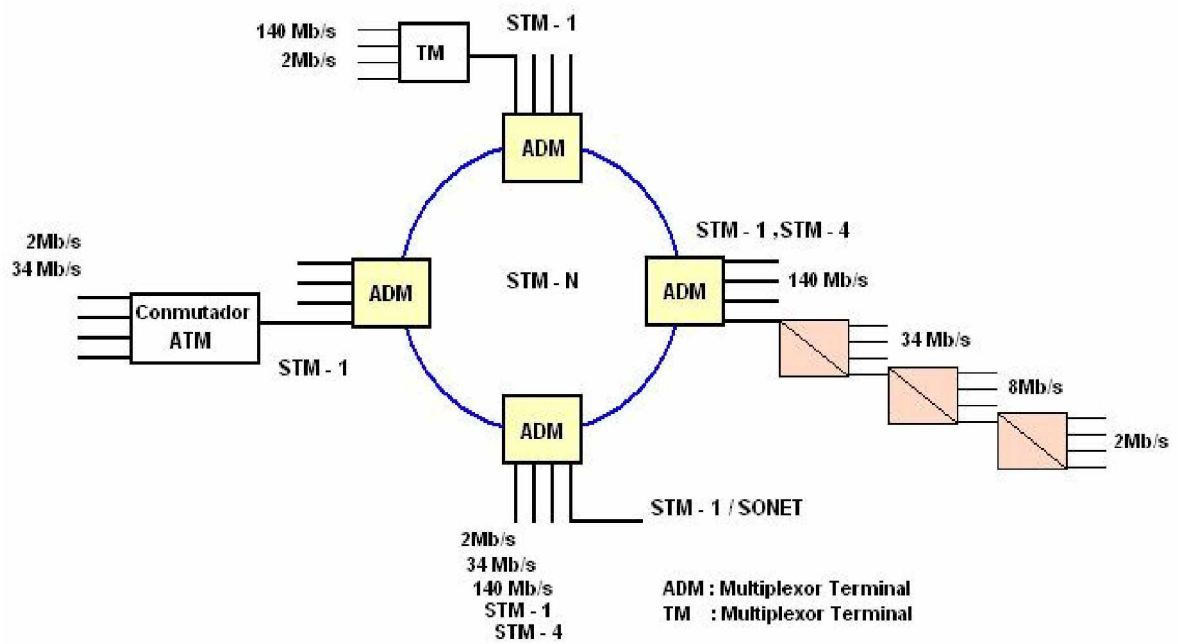


Figura 1.14 Varias señales tributarias en una red SDH

1.2.3.1 Estructura de trama SDH

La unidad básica para la transmisión de la información en SDH es una trama, la misma que contiene información de control e información de usuario. La jerarquía básica se denomina STM-1 (Synchronous Transport Module) o Módulo de Transporte Síncrono, y constituye la menor velocidad de transmisión para un enlace SDH. Variaciones de retardo asociadas a un enlace de transmisión inciden en una posición variable de los contenedores virtuales, lo que se resuelve asociándoles un puntero en la trama STM-1.

La STM - 1 tiene una estructura de trama conformada por 2430 bytes en serie representada en forma de matriz como una estructura de 9 renglones con 270 bytes por renglón.

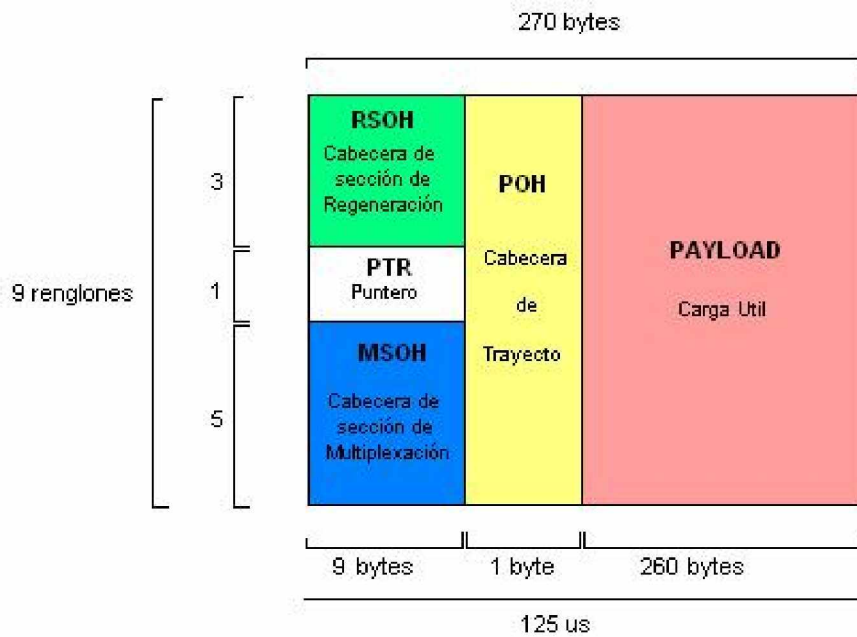


Figura 1.15 Estructura de trama STM – 1.

Existen tres sectores principales dentro de la trama SDH:

- Multiplexer Section Overhead (**MSOH**) o Cabecera de sección de multiplexación.
- Regenerator Section Overhead (**RSOH**) o Cabecera de sección de regeneración.
- Path Over Head (**POH**)o Cabecera de Trayecto.

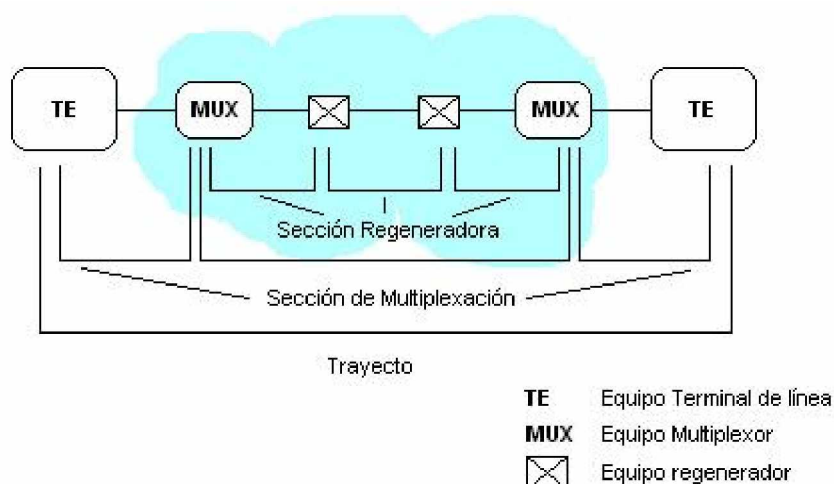


Figura 1.16 Arquitectura de red SDH.

La sección regeneradora se encuentra entre los puntos donde ocurre el entramado. Constituye la unidad de mantenimiento de nivel inferior por lo que es útil en la localización de fallas. La sección multiplexora es el segmento entre los nodos de red, donde ocurre la multiplexación, interconexión, conmutación de protección y sincronización. La trayectoria constituye el segmento de la red desde que la señal tributaria entra a formar parte de la red SDH hasta que es convertida nuevamente en una señal plesiócrona (Figura 1.16).

La transmisión de la trama se realiza bit a bit cada $125\mu\text{s}$, es decir una frecuencia de 8000 Hz, en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La velocidad de transmisión es:

$$270 \times 9 \times 8 / 125\mu\text{s} = 155.52 \text{ Mb/s}$$

Se visualiza la formación de una trama STM como una estructura de cascarón, donde cada etapa va sumando una capa al cascarón. Conforme se arma la trama se agregan al payload los diferentes identificadores y canales de cabecera.

Contenedor (C) y Contenedor Virtual (VC).- Para multiplexar las diversas señales de entrada o tributarias en una trama de cualquiera de los niveles de la jerarquía, previamente debe ser encapsulada en contenedores específicos de cada tipo de señal tributaria junto con una cabecera de control de trayecto (POH) que lo acompaña extremo a extremo. Este contenedor denominado VC (Virtual Container) es una señal síncrona en frecuencia con el STM-1 y ocupa un determinado lugar entre la sección de carga útil de la trama. Una vez encapsuladas las señales, se combinan estas estructuras para completar una trama STM-1.

El POH consiste en información que sirve para transportar de manera confiable el contenedor desde el origen hasta el destino. Dependiendo del tamaño del VC, este puede transmitirse en una trama STM-1 o bien depositarse en un VC mayor. Se ha establecido el tamaño de los contenedores en relación a las señales plesiócronas existentes, lo que se muestra en la tabla 1.1. El VC se arma y

desarma sólo una vez, a pesar de que puede transferirse desde un sistema de transporte hasta otro muchas veces. Los canales que circulan a través de la red SDH de Andinatel son VC- 12 (2Mbps).

Señal Tributaria	Contenedor
1.5 Mbps	VC – 11
2 Mbps	VC – 12
6 Mbps	VC – 2
34 – 45 Mbps	VC – 3
140 Mbps	VC – 4

Tabla 1.1 Especificación de Contenedores Virtuales

La Figura 1.17 muestra como se compone una señal STM-N

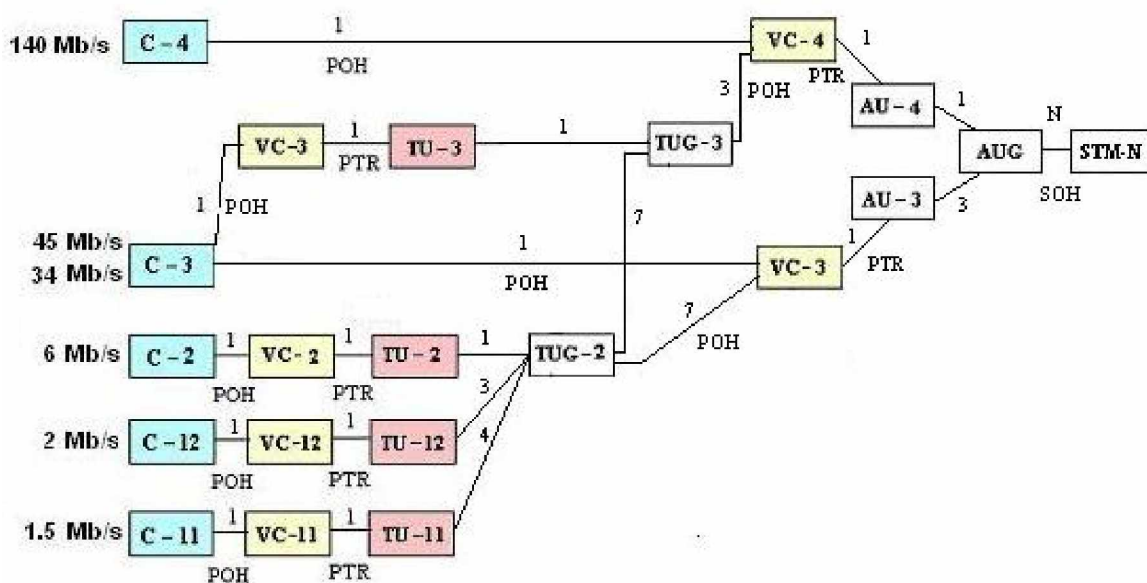


Figura 1.17 Composición de trama STM -N

Unidades administrativas.- Es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa de sección de orden superior. Se compone de un contenedor virtual de orden superior que constituye la cabida útil de información, y un puntero de unidad administrativa PTR-AU. Este puntero señala el desplazamiento de la trama de la sección de multiplexación.

Se han establecido dos unidades administrativas:

- La AU-4 se forma de un VC-4 más un PTR-AU.
- La AU-3 se forma de un VC-3 más un PTR-AU.

Grupo de unidades administrativas (AUG).- Un AUG constituye un grupo de una o más unidades administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM. Agregando la SOH al AUG se obtiene un STM-1. Un AUG consta de varias AU-3 o de una AU-4. El encabezado de sección SOH proporciona los servicios necesarios para soportar y mantener la transportación de un VC entre nodos en una red síncrona. El STM-N contiene N AUG así como la SOH.

Unidades tributarias (TU).- Es una estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden inferior y la capa de trayecto de orden superior. Se compone de un contenedor virtual de orden inferior que constituye la cabida útil de información y un puntero de unidad tributaria PTR-TU. La TU-n se forma de un VC-n más un PTR-TU, donde $n = 1,2,3$.

Grupo de Unidades tributarias (TUG).- Un TUG se compone de una o más unidades afluentes que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de VC-n de orden superior. El propósito de las TUG es poder construir cabidas útiles de capacidad mixta formadas por TU de tamaños diferentes y de este modo aumentar la flexibilidad de la red de transporte. Un TUG-2 se forma de un grupo de TU-1 idénticas o de una TU-2. Un TUG-3 se forma de un grupo de TUG-2 o de una TU-3.

1.2.3.2 Velocidades SDH

Los niveles jerárquicos superiores en SDH se forman a partir de multiplexaciones a nivel de byte de la trama básica STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-16, STM-N. Según la recomendación G.707 del CCITT las velocidades son las presentadas en la Tabla 1.2.

Nivel	Señal	Velocidad	Velocidad Real
1	STM-1	155.520 x 1	155.520 Mb/s
4	STM-4	155.520 x 4	622.080 Mb/s
16	STM-16	155.520 X 16	2.488.320 Mb/s

Tabla 1.2. Velocidades SDH.

La velocidad del STM-N se obtiene multiplicando la velocidad del STM – 1 por N, donde N es un entero. Para la formación de la señal STM-N, las señales AUG son entrelazadas byte a byte.

1.2.3.3 Equipos SDH

En una red SDH son necesarios los siguientes equipos:

Multiplexor Terminal.

Multiplexor Add-Drop.

Multiplexor Cross-Connect.

El multiplexor terminal combina las funciones de interfaz, ensamblado y desensamblado de los diversos paquetes. El cross-connect enruta el tráfico entre nodos de la red y se clasifica de acuerdo al tipo de VC que intercambie y al nivel jerárquico de las señales. Existen tres tipos de cross-connect: los que realizan intercambio a nivel VC-4 o superior, los que realizan intercambio a nivel de orden inferior y los que son combinaciones de los anteriores.

Un multiplexor Add-Drop permite añadir o retirar un único canal de una multiplexación de canales ADM sin interferir sobre dichos canales, de este modo estaciones intermedias son capaces de recoger información de una red, sin que el resto de canales se vean afectados (Figura 1.18).

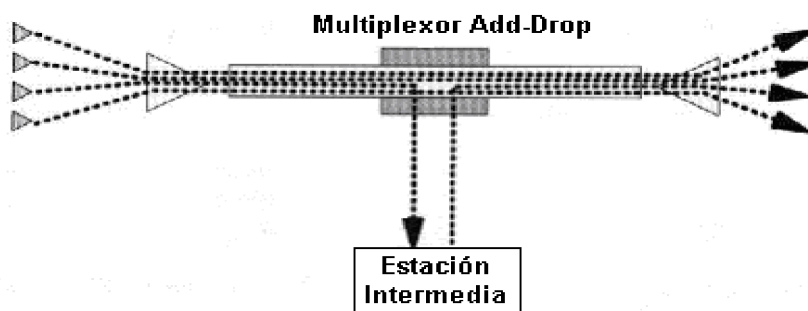


Figura 1.18 Multiplexación Add-Drop

1.2.3.4 Topologías de red SDH

Las características de sincronismo y elevada capacidad de gestión, permiten desarrollar con mayor fiabilidad topologías de red en malla o en estrella. La topología más usada en redes SDH esta estructurada en anillos. Los anillos SDH se forman a partir de la unión de multiplexores ADM, los cuales reciben la señal desde un sentido, extraen o agregan tráfico en los circuitos que tienen asignados y reenvían la trama completa por el otro sentido. Mediante el uso de multiplexores ADM se provee de una gran facilidad para reconfigurar su estructura cuando sea necesario y además permite desarrollar mecanismos de recuperación automática ante cortes en la red o fallos en los equipos.

Físicamente el anillo puede realizarse con una fibra óptica que una todos los multiplexores. Sin embargo, si un transmisor óptico dejara de funcionar se cortaría el tráfico de información. Para que se vuelva el sistema más robusto se utilizan configuraciones de anillos basados en tres o cuatro fibras. De este modo la red se puede recuperar ante fallos y el tráfico afectado, denominado tráfico de recuperación, no se pierde.

Los anillos son unidireccionales cuando el tráfico normal viaja por una fibra en un sentido del anillo y el tráfico de protección viaja por otra fibra en sentido contrario.

Los anillos son bidireccionales cuando el tráfico normal y el de protección viaja en ambos sentidos (Figura 1.19).

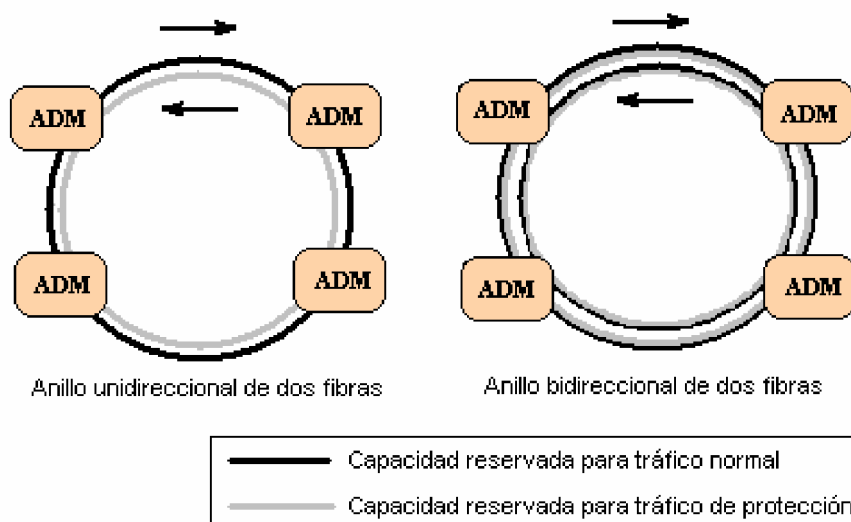


Figura 1.19 Tipos de Configuración de Anillo

1.2.4 Anillos SDH en Andinatel.

Andinatel ha distribuido el tráfico a través de la red telefónica sobre anillos SDH, los cuales conectan específicamente el tráfico entre centrales en la ciudad de Quito. Todas estas centrales se encuentran enlazadas en base a cinco anillos con tecnología SDH. Las Figuras 1.20 a 1.21 muestran los cinco anillos que conectan 12 centrales telefónicas que comprenden el área metropolitana de Quito, usando 200km de fibra óptica y 28 equipos multiplexores ADM. La capacidad instalada es de 4.342 enlaces de 2Mbps, equivalentes a 130.260 canales de 64kbps, de los cuales alrededor del 70% se encuentran utilizados con el tráfico actual.

Estos anillos son los siguientes:

- Anillo Central o Primario.

- Anillo Sur-Oeste o Secundario.
- Anillo Norte o Terciario "A".
- Anillo del Valle o Terciario "B".
- Anillo Cumbayá o Terciario "C".

El anillo que más tráfico soporta es el Anillo Central, el cual lo conforman las centrales de Mariscal, Iñaquito y Quito Centro. Estas tres centrales son básicamente centrales Tandem y aquella con mayor capacidad de tráfico es la de Iñaquito.

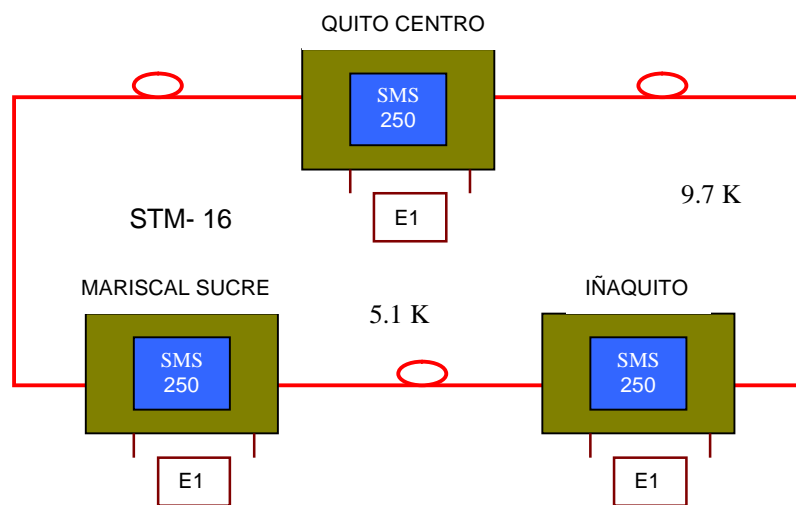


Figura 1.20 Anillo Central: Iñaquito – Mariscal Sucre – Quito Centro¹

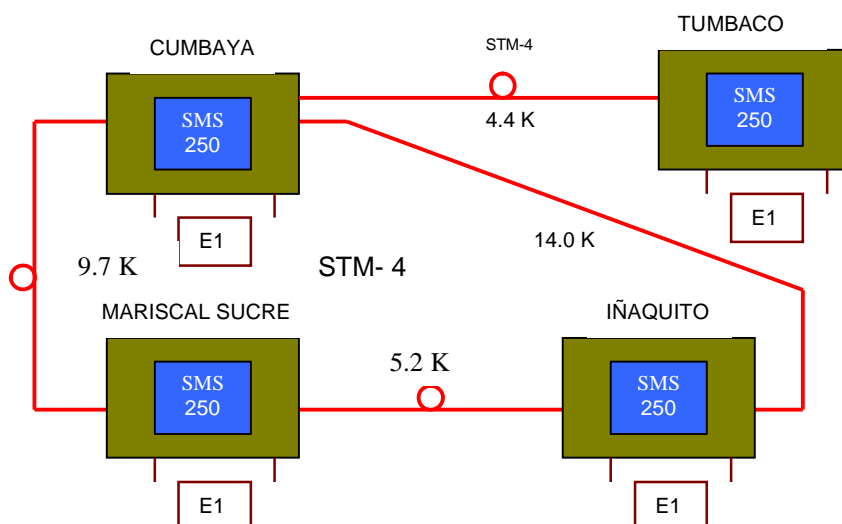


Figura 1.21 Anillo Cumbayá: Cumbayá – Tumbaco – Mariscal Sucre - Iñaquito¹

¹ Tomado de la revista ANTENATEL No 6 2003

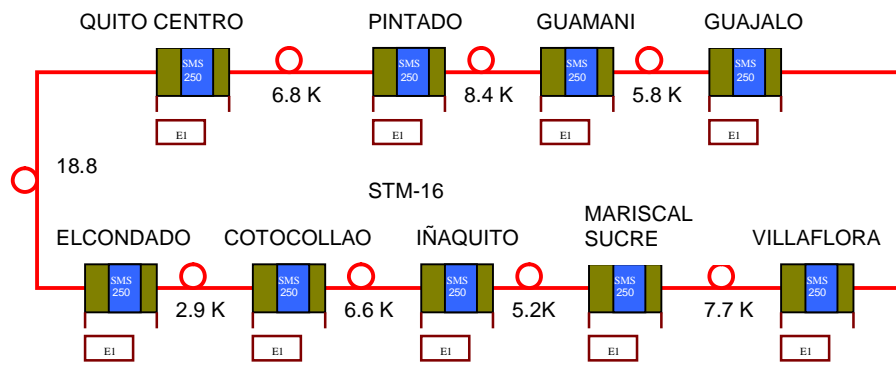


Figura 1.22 ANILLO SUR OESTE: Quito Centro – Pintado – Guamani – Guajaló – Condado – Cotocollao – Iñaquito – Mariscal – Villafloa.

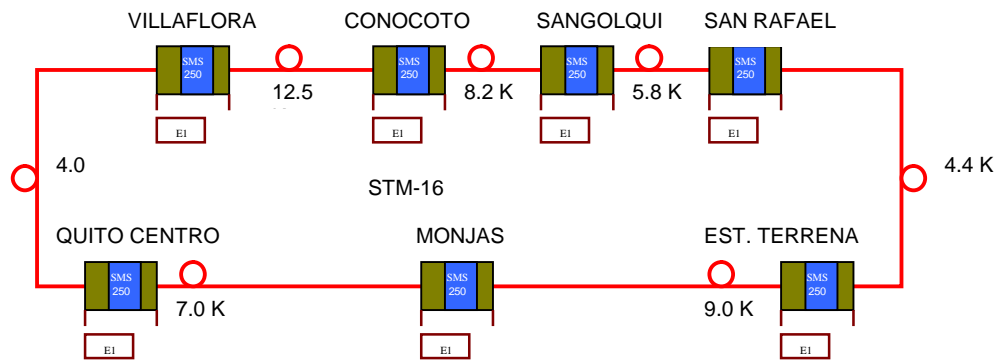


Figura 1.23 ANILLO DEL VALLE : Villafloa – Conocoto – Sangolquí – San Rafael – Quito Centro – Monjas – Estación Terrena

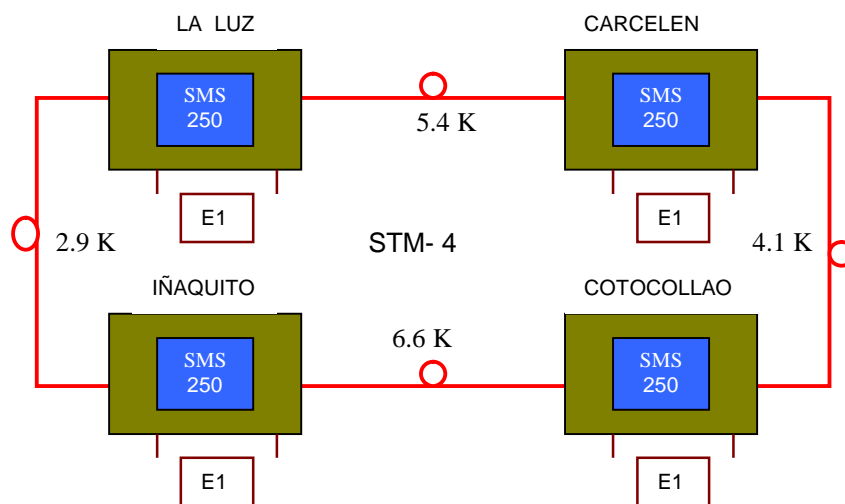


Figura 1.24 ANILLO NORTE: La Luz - Carcelén – Iñaquito – Cotocollao

1.3. INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA RED TELEFÓNICA

En este punto se describen los elementos que componen la red telefónica. Desde 1876 han sido incorporados varios tipos de bucles, troncales, conmutadores y otros equipos que forman parte de la estructura de la red telefónica.

Básicamente estos elementos son los siguientes:

- El *CPE*, del inglés Customer Provide Equipment
- *Equipo Terminal*.
- *Interfaz* entre el equipo terminal y el CPE.
- El *Acceso* al abonado.
- Las *Centrales Telefónicas*.
- El *Transporte* del tráfico telefónico.

Se utiliza el término CPE para describir el equipo con el cual interactúa el abonado, el cual puede ser un teléfono, un PC o una consola de video, por ejemplo. El CPE se conecta con un equipo terminal, por ejemplo el cajetín telefónico, mediante una interfaz como un cable con conectores RJ11 o RJ45.

La Figura 1.25 muestra la estructura típica de la red telefónica que va desde la central telefónica hacia el abonado. Mediante esta figura se asociará cada uno de los elementos numerados anteriormente con la red como se la conoce hoy en día. En la figura se indican cinco segmentos: la red de enlace, la red primaria, la red secundaria y la red de dispersión.

Los cinco segmentos mencionados comprenden el siguiente proceso: Si se trata de voz, el teléfono básicamente es un transductor que convierte las señales acústicas analógicas en eléctricas. La electricidad modula las ondas de voz y las envía a través de la RTC (Red Telefónica Conmutada) mediante el cable de cobre, y dependiendo de la distancia requieren de periódica amplificación. El enlace entre el teléfono y la central, en este caso el cable de cobre, constituye el bucle local. Dentro de la central, el conmutador local establece, mantiene y

termina las llamadas entre los equipos terminales. Entonces el conmutador local establece si la llamada pertenece a la misma central en cuyo caso la direcciona hacia otro bucle local dentro de la central, o puede darse el caso que requiera direccionar la llamada hacia otra central para que ésta direcciona la llamada a quien corresponda.

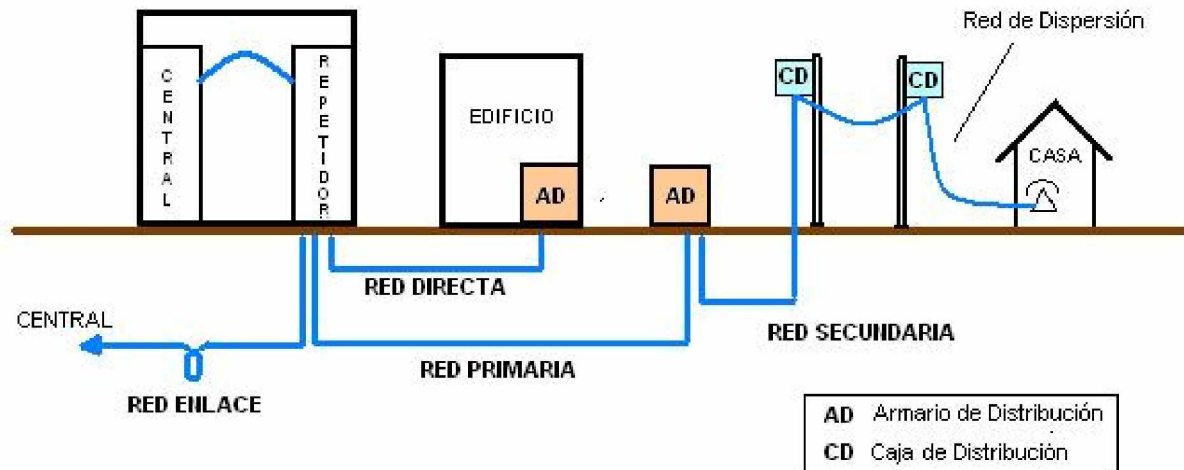


Figura 1.25 Estructura típica de la Central al Abonado.

1.3.1 Red de Enlace La red de enlace constituye el interior de una central telefónica. Las funciones de una central telefónica son básicamente el permitir el enlace y la comunicación de un usuario con otro, conmutación de circuitos, brindar servicios, el enrutamiento de las llamadas y proveer la señalización correcta.

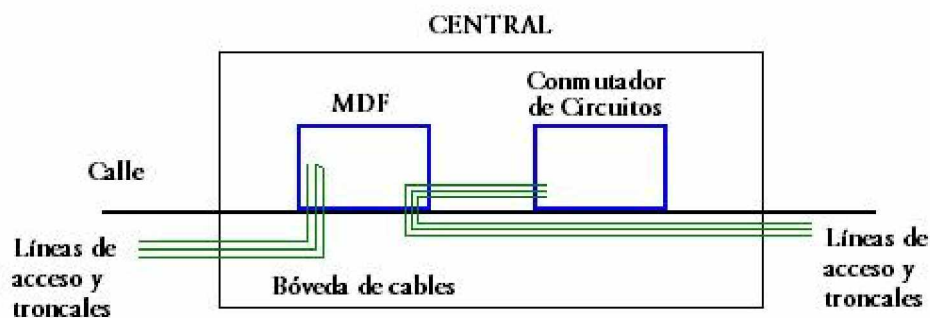


Figura 1.26 Esquema del interior de una Central Telefónica

La Figura 1.26 es un esquema del interior de una central telefónica. Aquí se muestran las líneas de acceso o bucles de abonado, y las troncales que llegan desde la calle hasta la central. Ya sea desde un tendido telefónico aéreo o subterráneo, las líneas de acceso llegan a la central a través del subsuelo hasta los sótanos de la central conocidos como la bóveda de cables. El punto donde convergen las líneas de acceso y los troncales que vienen de la bóveda de cables es el Bastidor de Distribución Principal conocido como MDF (Main Distribution Frame). El MDF es básicamente un panel de interconexiones en gran escala, en el cual son “parheados” o conectados todos los troncales y líneas de acceso que llegan a la central, para ser conectados a uno de los puertos del conmutador de circuitos.

Los servicios de conmutación, es decir la toma y liberación de circuitos para establecer la comunicación, son desarrollados por el conmutador de circuitos el cual está compuesto por varias tarjetas a cuyos puertos son conectados las líneas de acceso y troncales desde el MDF. Los servicios conmutados son aquellos donde el punto final queda determinado por algún procedimiento de control de la llamada denominado señalización. La señalización básicamente es el lenguaje de comunicación que se establece entre el usuario y la central telefónica o entre dos centrales telefónicas.

El conmutador establece, mantiene y termina las conexiones temporales, conocidas como llamadas, entre dos dispositivos finales. Debe conmutar y ser el punto final de bucles locales, troncales y circuitos de servicio, entendiéndose como circuitos de servicio la señalización y control de la llamada. Todos los bucles, troncales y circuitos de servicio deben tener asignados puertos en el conmutador. El número de puertos que soporte un conmutador es un punto importante que determina su capacidad.

Los cables en el MDF son identificados por un número horizontal y otro vertical.

Cuando el equipo telefónico de origen marca el número destino, el conmutador de la central conmuta los circuitos realizando un preanálisis, luego un

análisis y de ser necesario el encaminamiento del número marcado, para completar la llamada. La Figura 1.27 muestra un ejemplo de un número “A” queriendo establecer una llamada con el número “B”.

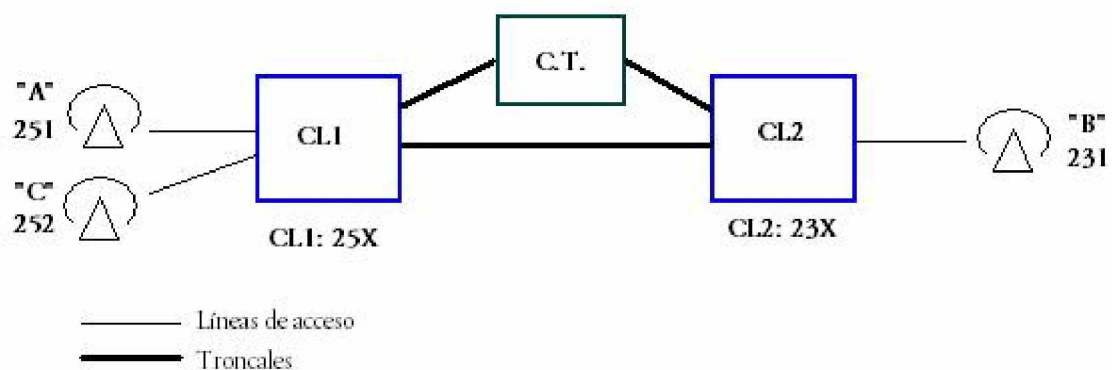


Figura 1.27 Ejemplo de encaminamiento de una llamada

A la Central Local 1 CL1 le corresponden los números con la serie 25X y a la central local CL2 le corresponde la serie 23X. El primer valor, en este ejemplo el 2, identifica en que ámbito se está desarrollando la llamada, el cual para nuestro ejemplo es un ámbito local, es decir si la llamada se establece entre dos equipos dentro de la misma ciudad. En este caso el *preanálisis* comienza identificando el primer valor, el cual establece la llamada como local. Si este identificador tuviese el valor correspondiente a una llamada internacional, la central encamina esta llamada hacia una central de tránsito para que esta se encargue de los siguientes pasos para establecer la comunicación.

En el preanálisis se determinó la llamada como local. Luego se realiza el *análisis* para establecer si el número marcado pertenece a la central desde la cual se originó la llamada. En este caso se analiza la segunda posición, que para nuestro ejemplo es el número 5. La serie 25X corresponde a cualquier número conectado a la CL1, de modo que si el número 251 del equipo “A” llama al 252 del equipo “C”, para que la central complete la llamada solo es necesario realizar el análisis de la marcación y conmutar la llamada hacia el número “C”, sin necesidad de utilizar los recursos troncales ya que los dos números pertenecen a la misma central.

Si luego del análisis de la marcación se establece que el número corresponde a otra central, el conmutador realiza el *encaminamiento* de la llamada asignando una ruta dependiendo de la central de destino. Para nuestro ejemplo este caso corresponde al equipo A o C llamando al equipo "B". En este caso la llamada puede ser encaminada hacia una central de tránsito o directamente hacia la central de destino, lo cual utiliza recursos troncales debido a que ya se trata de comunicación entre centrales. Los troncales conectan conmutadores entre sí y no dispositivos de usuarios. Los troncales son compartidos de manera secuencial por los usuarios. Los requerimientos para la codificación de línea y la señalización para un troncal varían con respecto a los usados en los bucles locales. Los usuarios no tienen control sobre los troncales.

1.3.2. Red primaria: La red primaria es lo que se entiende como una parte de la planta externa de la central que comprende la canalización y distribución de las líneas telefónicas conectadas desde el MDF hacia los armarios o distritos.

Las líneas telefónicas conectadas al MDF salen a la calles agrupadas en mangas termoeléctricas las cuales contienen cables de alta capacidad, es decir entre 300 y 1800 pares telefónicos. Estos cables son conducidos de forma subterránea mediante canalización. Los cables utilizan tubería de PVC por lo cual no tienen mucha flexibilidad.

La canalización la comprenden los ductos y las cámaras o pozos, es un proceso simple pero costoso. Los tubos de canalización o ductos unen las cámaras telefónicas distribuidas en todo el sector que abarca la central telefónica. Las cámaras se encuentran en cada esquina de la calle para facilidades de distribución de los pares telefónicos. El tamaño de las cámaras depende de la cantidad de cables que la atraviesen y de la convergencia. Si tiene una entrada y una salida, la cámara tiene dos convergencias. Dentro de la ciudad por lo general se tienen cámaras con cuatro convergencias.

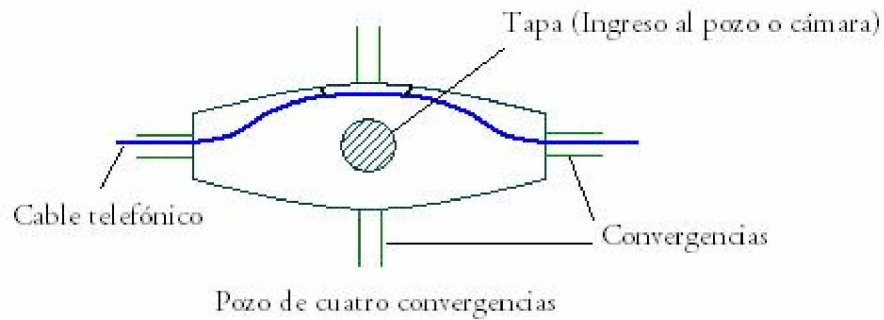


Figura 1.28 Esquema de una cámara telefónica

Estos ductos y cámaras deben cumplir con parámetros técnicos para evitar el rápido desgaste de los cables causado por la filtración de agua, humedad, presión y otros agentes externos. Por ejemplo, cuando llueve siempre ingresa agua, para lo cual cada pozo cuenta con un sumidero para canalización. Y cumplir con un determinado nivel freático.

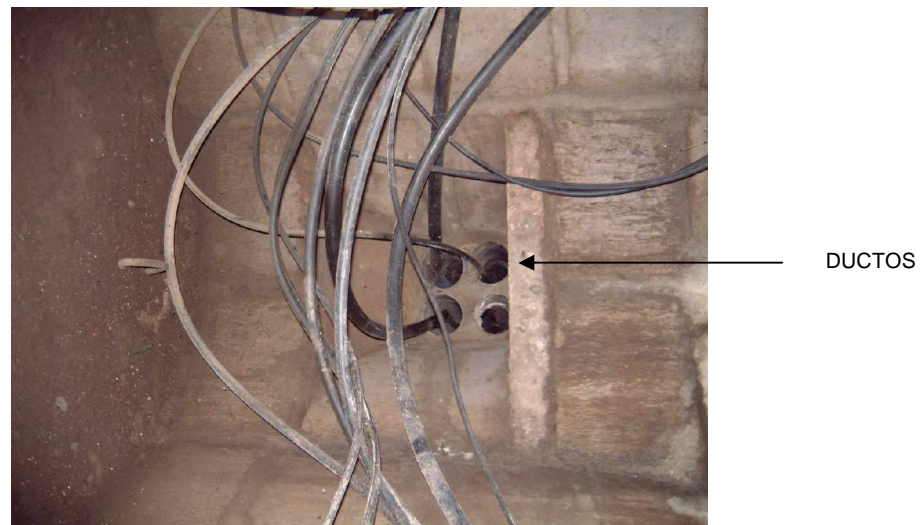


Figura 1.29 Foto de ductos y cámaras telefónicas

La Figura 1.30 muestra un ejemplo de distribución de pares telefónicos en un área determinada o distrito. Para el ejemplo se sale de la central con 1800 pares, los cuales son distribuidos a través de las cámaras hacia los armarios de distribución, los cuales cubren un área determinada o distrito, motivo por el cual también se los llama de esta forma. Los armarios o distritos deben colocarse lo más cerca posible de la central telefónica dentro de su área de cobertura o distrito. Por lo general se llega hasta cada armario con 1200 pares. El armario es el punto donde termina la red primaria y comienza la red secundaria.

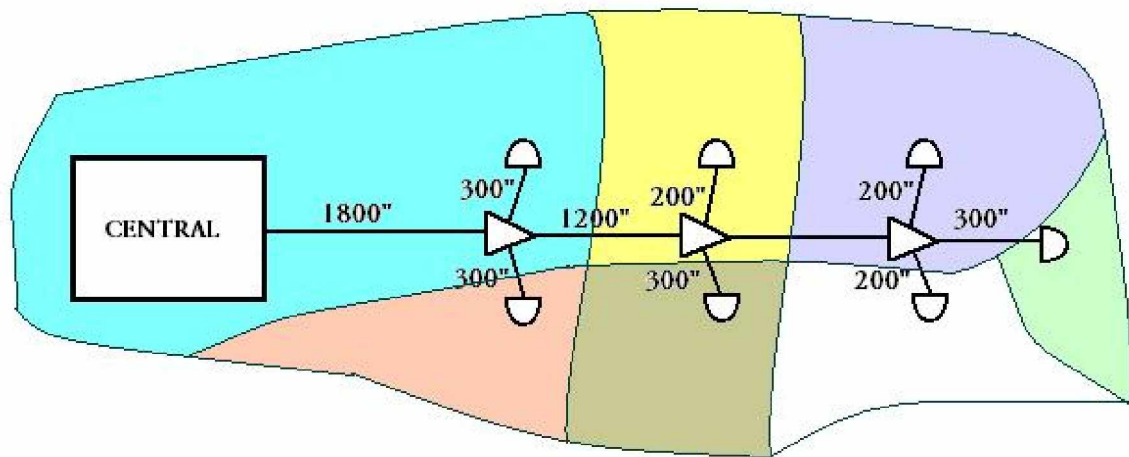


Figura 1.30 Distribución de cables telefónicos en un distrito.

1.3.3 Red secundaria y la Red de Dispersión: La Figura 1.31 muestra un armario telefónico. En él se encuentran regletas de red primaria y regletas de red secundaria. A las regletas de red primaria llegan los cables procedentes de la central los cuales son conectados con las regletas de red secundaria desde las cuales los pares continúan su camino para ser distribuidos a cada uno de los abonados. Los armarios son estructuras de fibra de vidrio para proteger a las regletas contra las inclemencias del medio ambiente.



Figura 1.31 (a) Armario Telefónico



Figura 1.31 (b) Armario Telefónico

Los armarios tienen diferentes capacidades, dependiendo del tamaño del distrito al que pertenezcan. Armarios con capacidad de hasta 1200 pares son más comunes en áreas urbanas donde la demanda de líneas telefónicas es mayor. Las regletas en un armario se encuentran distribuidas en columnas. Las columnas de los extremos corresponden a la red primaria RP, y las del centro a la red secundaria o RS (Figura 1.32).

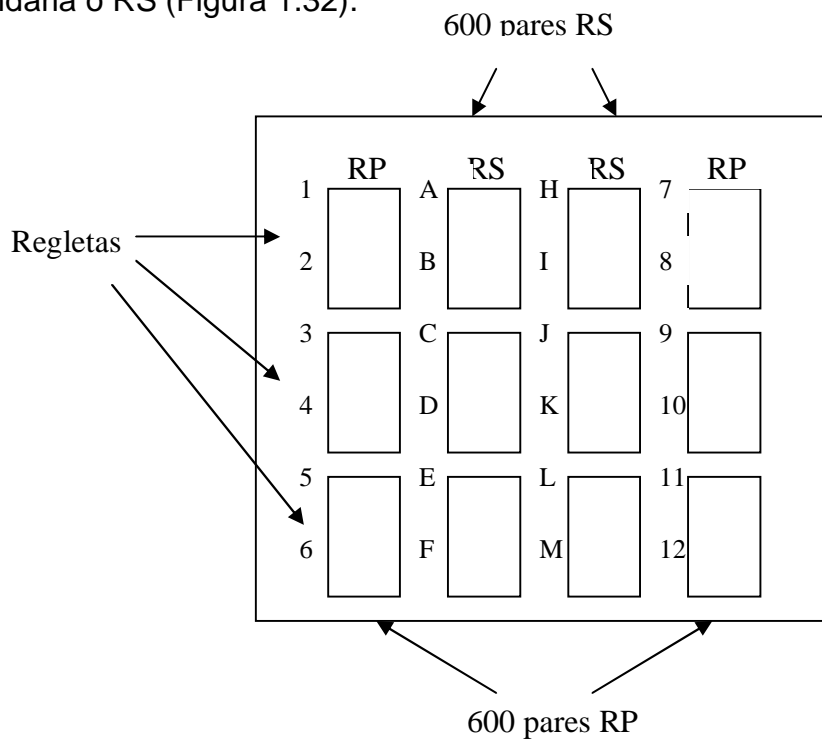


Figura 1.32 Armario de 1200"

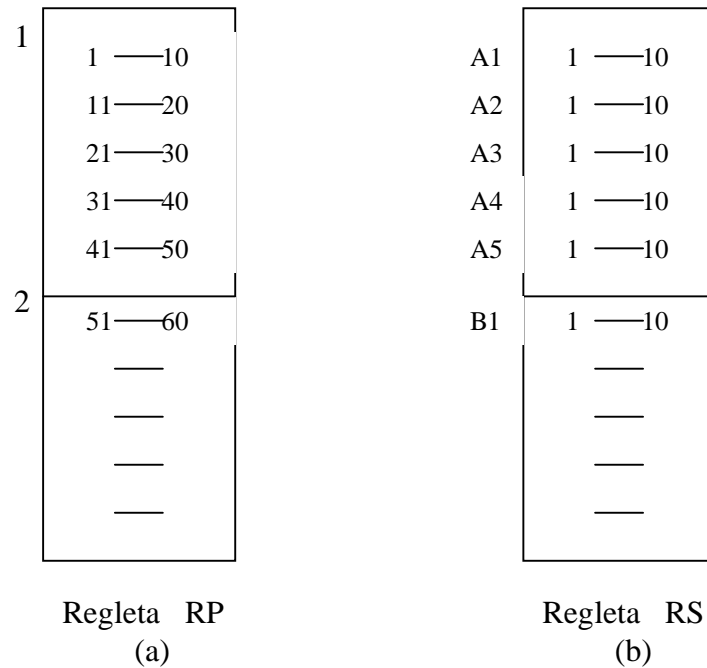


FIGURA 1.33 (a) Regleta de RP (b) Regleta de RS

A cada número telefónico le corresponde una dirección específica. Cada regleta contiene 100 pares, divididos en grupos de 50, tanto para RP como para RS. Las regletas de red primaria son numeradas como se muestra en la Figura 1.33 (a). Las regletas de red secundaria tiene una nominación alfanumérica como en la Figura 1.33 (b). Así por ejemplo los 10 pares correspondientes a la línea A1 de red secundaria son asignados a una caja de dispersión. Cada caja de dispersión contiene 10 pares correspondientes a cada regleta de red primaria.

Desde las regletas de red secundaria se distribuyen los pares telefónicos a los abonados. La red secundaria puede ser canalizada o aérea o una combinación de las dos. En lo posible se trata de que sea canalizada ya que estas tuberías se mueven menos que los postes. En la red secundaria se tienen cables de baja capacidad, es decir hasta 200 o 300 pares. Mayor a 300 pares se considera canalización.



Figura 1.34 Foto de poste con caja y cables de dispersión

Los pares que salen de los distritos son distribuidos hacia las cajas de dispersión, las cuales se encuentran en los postes. Cada caja de dispersión contiene hasta 10 pares y cada par telefónico es tendido hacia la casa del abonado correspondiente.

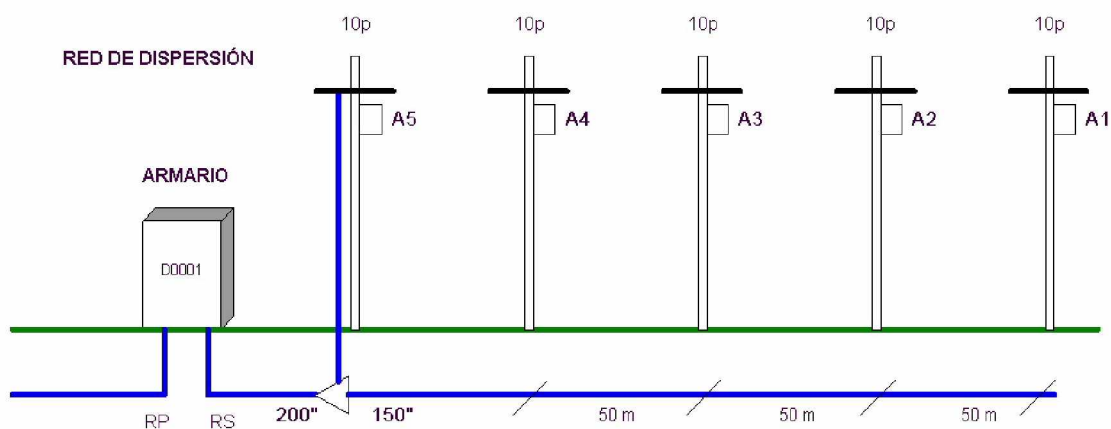


Figura 1.35 Esquema de la red de dispersión

La Figura 1.35 muestra un esquema de la red de dispersión. Cada caja es numerada con una letra y un número. La caja de menor numeración es la más alejada de su distrito. Considerando parámetros que influyen en la calidad de los nuevos servicios que ofrecen las redes telefónicas, como por ejemplo el Internet, se estableció una distancia máxima de 200 metros entre la caja y el abonado.

Se debe tomar en cuenta que el calibre de los cables telefónicos a lo largo de su recorrido desde la central hasta el abonado es diferente en cada segmento de la red. Este cambio en el calibre de un segmento a otro provoca que las características eléctricas del medio cambien, por lo que se producen ligeros ecos debido a que las ondas se reflejan. Para esto se usan los canceladores de eco.

Otro aspecto importante en las líneas de acceso son los empalmes. En cada punto donde los cables disminuyen su capacidad se tiene un empalme. Los empalmes tienden a ser puntos de corrosión que al no ser ensamblados de manera correcta pueden añadir mucha atenuación. Para prevenir la corrosión se aplicaba la denominada corriente de sellado para evitar la acumulación de óxido.

En el Ecuador se tiene diversos tipos de accesos telefónicos, dependiendo del sector de enfoque. Para el sector residencial se accede con cobre o mediante WLL (Wireless Local Loop). Para el sector comercial o corporativo se llega mediante fibra, E1's o ISDN.

Es importante tomar en cuenta que cuando se tiene llamada a través de la RTC se establece una conmutación de circuitos, lo que implica que se encuentran recursos comprometidos durante el tiempo que la llamada dure. Tomando en cuenta que las llamadas promedio aumentaron su duración con la llegada del Internet, la utilización de recursos en la RTC llega a su límite, con los problemas de congestión consecuentes. Esto se soluciona mediante el uso de conmutación de paquetes, pero este tipo de conmutación solo se la tiene entre centrales, no con los abonados. En este capítulo se ha mostrado la estructura de la RTC con el objeto de conocer las desventajas que esta presenta para ser una red de banda ancha y cómo ADSL viene a ser una solución de última milla, lo cual se presenta posteriormente.

CAPITULO 2

SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TELEVISIÓN

La televisión inicia su desarrollo a partir de una serie de fenómenos e investigaciones simultáneos pero aislados. A mediados del siglo XIX se descubre la “foto telegrafía”, gracias a experimentaciones con la transmisión de imágenes mediante ondas electromagnéticas. Los principales investigadores que contribuyeron al estudio de la fototelegrafía son: el alemán Paúl Nipkow, quien en 1884 patentó su disco de exploración lumínica, conocido como Disco de Nipkow; el físico estadounidense de origen ruso Vladimir Kosma Zworykin, gestor del Iconoscopio en 1923; el escocés John Logie Baird perfecciona el disco de Nipkow a base de células de selenio en 1923 y en 1926 inventó un sistema de televisión que incorporaba los rayos infrarrojos para captar imágenes en la oscuridad.

En sus inicios, la historia de la televisión en esencia fue la búsqueda de un dispositivo adecuado para explorar imágenes. Con la llegada de los tubos y los avances en la transmisión radiofónica y los circuitos electrónicos que se produjeron en los años posteriores a la I Guerra Mundial, los sistemas de televisión fueron ya una realidad.

El tubo de rayos catódicos fue prácticamente el punto de partida de la televisión, puesto que con el TRC la representación de imágenes en movimiento dejó de ser un misterio. El TRC fue inventado en Alemania por Ferdinand Braun y estuvo disponible para otros experimentadores en 1897.

En 1908 el científico inglés A. A. Camobell Swinton construyó un sistema experimental de escaneo de imagen utilizando el tubo de rayos catódicos. Pero

fue hasta 1941 que se consiguió un sistema que funcionase correctamente cuando se introdujo el primer tubo de cámara comercial, el orthicon.

Las técnicas de barrido electrónico fueron desarrolladas por Vladimir Zworykin y por Isaac Shoenberg, quien trabajó con Zworykin en los estudios EMI en el Reino Unido, siendo este último el que dirigió el equipo que desarrolló el sistema de televisión de 405 líneas que se utilizó en el Reino Unido desde 1935 y durante 50 años. Pero antes de que el Reino Unido utilice este sistema, John Logie Baird, primero en demostrar un sistema real de televisión que producía imágenes en escala de grises y con movimiento, implementó sistemas con 30, 60, 90, 120 y 240 líneas, aunque en estos sistemas el escaneo de la imagen se hacía mecánicamente, a pesar de que ya se habían inventado las técnicas de escaneo electrónico y estas se mostraban superiores.

Las primeras emisiones públicas de televisión las efectuó la BBC (British Broadcast Co.) en Inglaterra en 1927 y la CBS y NBC en Estados Unidos en 1930. En ambos casos se utilizaron sistemas mecánicos y los programas no se emitían en un horario regular. El equipo tenía una definición de 30 líneas y empleaba una canal normal de radiodifusión. La totalidad del canal estaba ocupada por la señal de video, por lo que la primera transmisión simultánea de audio y video no se llevó a cabo sino hasta el 31 de Diciembre de 1930. Las emisiones con programación se iniciaron en Inglaterra en 1936, y en Estados Unidos en día 30 de abril de 1939, coincidiendo con la inauguración de la Exposición Universal de Nueva York. Las emisiones programadas se interrumpieron durante la II Guerra Mundial reanudándose cuando terminó.

A partir del descubrimiento del tubo iconoscópico de Sworykin y gracias a él, a finales de los años 40 la televisión electrónica había desplazado a la mecánica por completo. En ese año, la televisión a color comenzó a anunciarse y también surgió la idea de estandarizar los sistemas de televisión que se desarrollaban paralelamente en todo el mundo. Es así, que en Estados Unidos se creó la Nacional Televisión System Comitee (NTSC), encargado de fijar las normas de fabricación de los equipos de transmisión y reproducción de TV para que sean compatibles entre las diferentes empresas americanas dedicadas a su fabricación. En 1941 se adoptó el sistema de 525 líneas y 30 imágenes en la

forma de 60 cuadros por segundo, válido para todos los estados de Estados Unidos. Tras la segunda guerra mundial la mayoría de los países europeos adoptó la norma de 625 líneas y 50 cuadros por segundo. La diferencia entre 50 y 60 cuadros se debe a la conveniencia de que el sistema de televisión estuviese en fase con la red eléctrica, lo cual hizo incompatibles los sistemas de transmisión americano y europeo.



Figura 2.1 Televisor Antiguo

El NTSC había trabajado en conseguir un buen conjunto de requerimientos para garantizar la calidad de la TV a color y la compatibilidad que el público requería de los aparatos, y gracias a la cooperación entre empresas de difusión, fabricantes y el gobierno consiguieron, en 1953, recomendar un sistema de televisión a color que lleva el nombre del mismo comité regulador, y en él están basados todos los demás sistemas de televisión a color. El estándar NTSC fue aprobado puesto que cumple las condiciones impuestas para un sistema que introdujera el color en la televisión. Estas condiciones fueron:

- *Compatibilidad.* La señal a color debe ser visible en un receptor monocromático en escala de grises, sin pérdida de calidad de la señal. De igual manera, la señal en blanco y negro puede ser visible en un televisor a color en escala de grises.
- *Ancho de Banda.* EL ancho de banda de la señal a color no debe ser mayor que el de la señal a blanco y negro.

- *Calidad.* La imagen producida por el sistema a color debe presentar colores precisos y la calidad no debe ser inferior a la del sistema blanco y negro.

El sistema NTSC que fue adoptado por 31 países, tiene ciertas limitaciones propias que han dado lugar a sistemas alternativos de televisión a color como el SECAM (**SE**quential **C**ouleur **A** **M**emorie), desarrollado en Francia en 1967 con una definición de 625 líneas; y el PAL (**P**hase **A**lternation **L**ine) creado por la empresa TELEFUNKEN de Alemania en el mismo año y con una definición de 625 líneas.

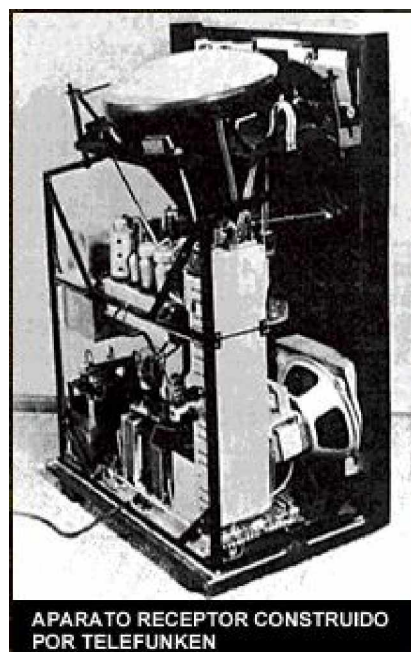


Figura 2.2 Aparato Receptor Construido por Telefunken

2.2 DE LA TELEVISION ANALÓGICA A LA TELEVISION DIGITAL

2.2.1 La Televisión Analógica

En la actualidad en todo el mundo, la televisión es el pasatiempo nacional más popular y una de las mayores fuerzas de influencia, razón por la cual no han pasado desapercibidos los constantes esfuerzos por mejorar la calidad de la señal desde la aparición del primer televisor en blanco y negro, continuando con la introducción del color y por último la televisión de alta definición.

La televisión como medio de presentación de imágenes, no podría haberse desarrollado sino fuera por dos características importantes de nuestro cerebro.

- Si se divide una imagen estática en pequeños puntos, el cerebro reensamblará los puntos en una sola imagen. Por ejemplo si observamos la Figura 2.4 se percibe el rostro de un bebe, pero para verlo con mejor claridad, es necesario alejar la imagen a unos 4 o 5 metros de distancia, de modo que los puntos llegaran a ser lo suficientemente pequeños para integrarlos en una imagen clara como en la Figura 2.3.
- Si se divide una imagen en movimiento en una secuencia de cuadros estáticos y se muestran las imágenes estáticas en sucesión rápida, el cerebro reensamblará las imágenes estáticas en una escena en movimiento. Colocando juntos 15 o más cuadros ligeramente diferentes por segundo, es alrededor del mínimo posible – cualquier valor menor provocará un aspecto desigual.

Los televisores y las pantallas de computador cuentan con la capacidad de fusión de pequeños puntos coloreados en el cerebro humano para cortar los cuadros en cientos de elementos individuales. Estos puntos son denominados pixels, y en base a ellos se define la resolución de las pantallas. La resolución de una pantalla de computador puede ser de 640x480, 800x600, 1024x768, 1152x864, 1280x768, 1268x1024, o tal vez de 1600x1200 pixels, por ejemplo.



Figura 2.3 Rostro de un Bebe



Figura 2.4 Rostro de un Bebe con Macrobloques

La imagen que se presenta en una pantalla de televisión es proyectada línea por línea, es decir que cada imagen es dividida en delgadas líneas horizontales, las cuales son proyectadas una a la vez, desde la línea de arriba hasta la última en la parte inferior de la pantalla, y cada línea es trazada de izquierda a derecha. Debido a que las líneas son espaciadas muy estrechamente, el cerebro las integra en una sola imagen. Este proceso se lo hace a una velocidad que no es perceptible por el ojo humano y gracias a las dos características del cerebro que se señalaron anteriormente.

Dentro del Tubo de Rayos Catódicos TRC en los televisores, se genera el haz de electrones que proyecta o “pinta” cada línea en la pantalla, y los circuitos electrónicos internos son los encargados del trazado de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, como se muestra en la Figura 2.5.

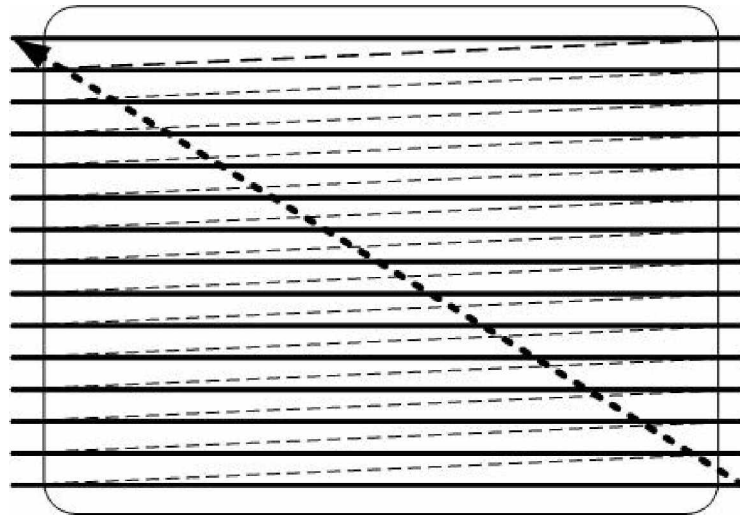


Figura 2.5 Trazado de Izquierda a Derecha en un TRC

En esta figura, las líneas continuas representan las líneas que el haz de electrones pinta de izquierda a derecha de la pantalla. Las líneas continuas delgadas representan el retorno del haz de electrones hacia la izquierda para volver a pintar la línea siguiente. La línea punteada gruesa representa el haz de electrones regresando a la esquina superior izquierda de la pantalla luego de trazar la última línea en la parte inferior. Cuando el haz se mueve de regreso hacia la izquierda al final de cada línea se denomina retorno horizontal, y cuando se mueve desde el fondo de la pantalla hacia arriba se lo llama retorno vertical.

La pantalla de un televisor estándar es pintada 60 veces por segundo, pero solo la mitad de las líneas es pintada por cuadro. La pantalla se divide en líneas pares e impares, así por ejemplo, el haz pinta dada una de las líneas numeradas pares y conforma un cuadro, luego, la próxima vez que baja la pantalla pinta las líneas numeradas impares, alternando de un lado a otro entre las líneas numeradas pares y las numeradas impares en cada paso. De este modo, en dos pasos, la pantalla completa, es pintada 30 veces cada segundo. Esta técnica se denomina entrelazado. En la Figura 2.6 se muestra como se realiza la construcción de una imagen a partir de campos entrelazados.

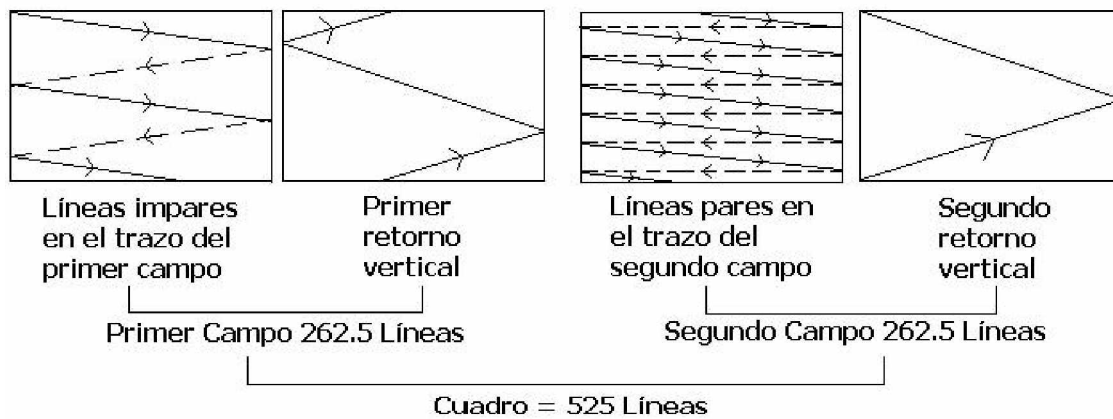


Figura 2.6 Entrelazado

Otra técnica alternativa al entrelazado es el escaneo progresivo, el cual pinta cada línea en la pantalla 60 veces por segundo. Esta técnica la utilizan muchos monitores de computadora porque reduce el parpadeo.

En el NTSC el haz de electrones proyecta 525 líneas 30 veces por segundo dando un total de 15750 líneas por segundo, que representa la frecuencia de exploración horizontal. Algunas personas, sobre todo en los televisores antiguos, pueden oír esta frecuencia como un sonido agudo emitido cuando la televisión está encendida.

2.2.1.1 Señal de video compuesto

La señal que las estaciones de televisión transmiten a los receptores, es una señal de televisión que contiene básicamente tres partes diferentes.

- Información de intensidad para el haz cuando este traza cada línea.
- Señal de retorno horizontal para decirle al Televisor cuando mover el haz de regreso, al final de cada línea.
- Señal de retorno vertical, 60 veces por segundo para mover el haz desde el fondo derecho al superior izquierdo de la pantalla.

A la señal que contiene estos tres componentes se denomina una señal de video compuesto, el sonido llega completamente separado. La Figura 2.7 muestra una típica señal de video compuesto.

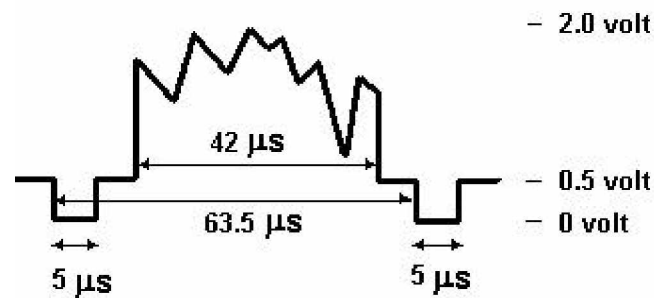


Figura 2.7 Señal de video compuesto

La señal de retorno horizontal son pulsos de 5 microsegundos a cero voltios, los cuales son detectados por los componentes electrónicos dentro del televisor para disparar el retorno horizontal del haz. La onda que varía entre 0.5 voltios y 2 voltios representa la señal real, donde 0.5 voltios representa negro y dos voltios representa blanco, de modo que guía la intensidad del haz de electrones. En un receptor blanco y negro esta señal ocupa alrededor de 3.5 MHz de ancho de banda, y en un equipo a color alrededor de 3.0 MHz.

El pulso de retorno vertical es similar a un pulso de retorno horizontal pero es 400 a 500 microsegundos más largo. El pulso de retorno vertical es dentado con los pulsos de retorno horizontal para mantener la sincronización.

2.2.1.2 Televisión a color

En los televisores blanco y negro la pantalla es cubierta con fósforo blanco y un haz de electrones proyecta la imagen en la pantalla. Mientras que en un televisor a color hay tres haces de electrones que se mueven simultáneamente a través de la pantalla, estos son el haz rojo, verde y azul. La pantalla es cubierta con un metal fino llamado máscara de matices. Esta máscara es perforada con muy pequeños orificios que son alineados con los puntos de fósforo (o franjas) en la pantalla.

Cuando un TV a color necesita crear un punto rojo, este enciende el haz rojo en el fósforo rojo. De forma similar para los puntos verde y azules. Para crear un punto blanco, los haces rojo, verde y azul son encendidos simultáneamente, se

mezclan los tres colores para crear blanco. Para crear un punto negro, los tres haces son apagados cuando ellos exploran más allá del punto. Los otros colores en una pantalla de TV son combinaciones de rojo, verde y azul.

Una señal de televisión a color empieza como una señal blanco y negro, y se añade una señal extra denominada crominancia superponiendo una onda seno de 3.579545 MHz en la señal estándar de blanco y negro. Justo después del pulso sinc horizontal, ocho ciclos de una onda seno 3.579545 MHz son añadidos como un Burst de color, de modo que un desplazamiento de fase en la señal de crominancia indica el color a presentar (por ejemplo rojo, naranja, amarillo, etc) y la amplitud de la señal determina la saturación de un color (por ejemplo, blanco, rosado claro, rosa, o rojo).

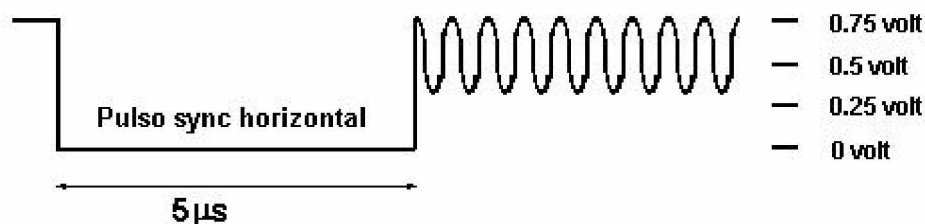


Figura 2.8 Señal de crominancia.

Un televisor blanco y negro filtra e ignora la señal de crominancia. Un televisor a color recoge la señal y la decodifica, junto con la señal de intensidad, para determinar como modular los tres haces de color. Los pulsos horizontales y verticales son utilizados para la temporización y sincronización necesarias para reproducir un cuadro de TV. Si cualquiera de estos pulsos falta, esta distorsionado, o alterado, será difícil o imposible sincronizar el cuadro de TV.

2.2.1.3 Transmisión de la señal de audio y video

Sonido y video están completamente separados en un TV analógico. Una típica señal de televisión requiere 4 MHz de ancho de banda, pero al agregar el sonido, la banda lateral vestigial y un pequeño espacio, la señal de televisión requiere 6 MHz de ancho de banda. De esta forma, la FCC ubicó tres bandas de

frecuencias en el espectro radioeléctrico, divididas en seis partes, cada una de 6 MHz para ubicar los canales de televisión.

- 54 a 88 MHz para canales VHF 2 a 6.
- 174 a 216 MHz para canales VHF 7 al 13.
- 470 a 890 MHz para canales UHF 14 al 83.

La señal de video compuesta puede ser transmitida a un receptor en cualquier canal disponible. La señal de video compuesta es modulada en amplitud en la frecuencia apropiada, y la información de audio es modulada en frecuencia en una señal de 4.5 MHz que es añadida a la señal compuesta de video, pero puede ser también modulada en una portadora que está a 4.5 MHz más arriba o más abajo de la frecuencia de portadora de video, (+/- 25 KHz) como una señal separada, como indica la Figura 2.9.

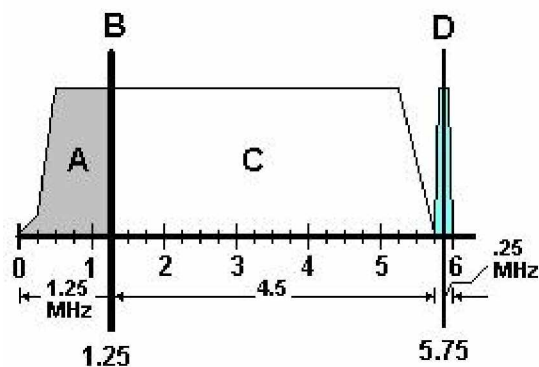


Figura 2.9 Señal de Video Compuesto y Audio

Donde: A. Banda vestigial lateral

B. Portadora de video

C. Banda lateral de imagen completamente transmitida

D. Portadora de sonido.

A la izquierda de la portadora de video está la banda lateral vestigial inferior (0.75 MHz), y a la derecha está la banda superior completa (4 MHz). La señal de sonido es centrada en 5.75 MHz. Por ejemplo, una transmisión hecha en canal 2 tiene su portadora de video a 55.25 MHz y su portadora de sonido a 59.75 MHz y

el receptor sintoniza el canal 2 y extrae la señal de video compuesto y la señal de sonido de las ondas de radio que las transmitieron a la antena.

2.2.2 Sistemas de Transmisión

Las señales de televisión pueden ser transmitidas desde su punto de origen hasta su receptor (por ejemplo: televisor, pc, set top box) por cinco métodos: TV transmitida, TV por cable, TV por suscripción TV por satélite y TV on line.

2.2.2.1 Televisión transmitida

En este sistema de televisión el dueño del televisor no paga por recibir la transmisión. Las estaciones que transmiten este tipo de programas modulan un transmisor de alta potencia que luego radia su señal sobre un área grande. Los receptores captan y procesan este material para producir imágenes con su sonido asociado. Las señales pueden recibirse en un televisor comercial.

2.2.2.2 Televisión por cable

En este sistema existe un gran número de canales que son transmitidos en el cable. Para el proveedor de cable sería suficiente modular los diferentes programas de TV cable hacia todas las frecuencias normales y transmitirlos por medio del cable a los receptores suscritos, de este modo el televisor recibiría la señal y no sería necesario un decodificador de cable. Sin embargo, las señales son codificadas con el objeto de evitar el robo de los servicios de cable. Los set-top-boxes son decodificadores en los cuales al seleccionar el canal, se decodifica la señal para luego enviar el componente de video y el componente de audio al televisor.

En el caso de televisión por cable se utilizan los sistemas de antena maestra (MATV) y de antena colectiva (CATV). El sistema MATV entrega señales de TV claras y en buena calidad a cada receptor de TV conectado al sistema. Una o más antenas se emplean en esta aplicación para captar las señales locales de VHF y UHF, para luego ser amplificadas y distribuidas a través de cable coaxial de 75

ohmios a varios televisores comerciales. Las aplicaciones comunes del sistema MATV son moteles, hoteles, escuelas, edificios de departamentos y otros.

CATV es un sistema de cable que distribuye señales de televisión de buena calidad a una gran cantidad de receptores en una comunidad completa. Este sistema está regulado por la FCC. En general, el sistema CATV distribuye una programación televisada incrementada a suscriptores que pagan una cuota por el servicio. Esta programación puede tener hasta 65 canales activos de VHF y UHF, y requiere un convertidor especial para el receptor.

2.2.2.3 TV por Suscripción

La TV por suscripción o de paga transmite una señal codificada utilizando un canal estándar de VHF o UHF. Las técnicas de codificación pueden ser las mismas que utilizan la televisión por cable o por satélite. Se debe tener un decodificador que puede estar dentro del receptor o conectado a sus terminales de antena, para descifrar la señal transmitida. En este servicio, el suscriptor paga una tarifa a la compañía por el uso del decodificador.

La ventaja de la televisión de paga (o pago por visión PPV) son los programas, que incluyen películas de larga duración, eventos especiales, eventos deportivos y otras formas de entretenimiento sin comerciales. La difusión de estos canales es facturada por sesión. El Video Bajo Demanda (VoD) es un servicio de unidifusión que permite a un abonado solicitar una película en cualquier momento.

2.2.3.4 Televisión por Satélite

Las características de propagación de "línea de vista" de VHF y UHF de la señal transmitida ocasionaba un alcance limitado con recepción pobre o ninguna para muchos potenciales observadores. Un método para superar esta limitación y proporcionar cobertura de transmisión de televisión a nivel nacional es utilizar estaciones retransmisoras alojadas en un satélite geoestacionario. Un satélite geoestacionario se encuentra orbitando a una altura superior a los 36 000 km sobre el Ecuador y a la misma velocidad que la rotación de la Tierra, por lo que

parece que está siempre en el mismo sitio. Una ventaja de la transmisión por microondas del satélite es que esta relativamente menos afectada por fenómenos como la actividad solar o las condiciones atmosféricas.

El material de los programas de TV o las señales telefónicas de voz son transmitidos de la Tierra al satélite por transmisores de alta potencia que operan entre 5.9 y 6.4 GHz. Esta rama del sistema de comunicaciones se denomina “uplink” o enlace de subida.

Las señales recibidas por el satélite son reducidas en frecuencia entre 3.7 y 4.3 GHz y retransmitidas hacia la Tierra. Esta parte del sistema de retransmisión se denomina enlace de bajada. El circuito de la repetidora que recibe, amplifica y retransmite los canales se conoce como transponder.

La señal transmitida por el satélite y recibida por una estación terrestre es alrededor de 8000 veces más débil que la recibida de una estación local de TV. Para poder llevar esta señal débil a un nivel cualitativo de transmisión, se utiliza una antena grande tipo parabólica de aluminio o de fibra de vidrio.

Los servicios de televisión que utilizan antenas de plato satelital grandes (entre 6 a 12 pies) recoge señales codificadas y no codificadas siendo difundidas hacia la Tierra por satélites. Primero, el usuario apunta el plato a un satélite particular, después selecciona un canal particular que este esté transmitiendo. El set-top-box que se conecta a los terminales de antena recibe la señal, la decodifica si es necesario y luego la envía al televisor.

Sistemas satelitales de plato pequeños (1 a 2 pies) son digitales. Los programas de TV son codificados en formato MPEG-2 y transmitidos a la Tierra. El set-top-box cumple el trabajo de decodificar MPEG-2, entonces lo convierte a una señal analógica de TV y la envía al televisor.

2.2.3 Estándares Internacionales de Televisión

El estándar de televisión adoptado en el Ecuador es el estándar NTSC. Pero en la historia del desarrollo de la televisión en el mundo, ha habido varios sistemas incompatibles de televisión en lo que se refiere a métodos técnicos para la transmisión de imagen y sonido. Esto ocasiona que un programa producido en un país no puede ser automáticamente visto en otro sin ser previamente convertido al estándar apropiado.

En estos días, excluyendo los sistemas de televisión digital, existen básicamente tres sistemas distintos. Las diferencias entre estos sistemas de transmisión internacional se centran en tres puntos:

- El número de líneas horizontales en la imagen.
- El ancho de banda de transmisión del canal.
- La utilización de amplitud o frecuencia modulada para transmisión de audio y video.

Estándar NTSC. El Nacional Transmisión System Commite desarrollado en Estados Unidos es un estándar de 525 líneas, con 30 cuadros por segundo. Su ciclo temporal estaba basado en la frecuencia de oscilación eléctrica de 60 Hz. Se lo utiliza principalmente en los Estados Unidos, Canada, Groenlandia, México, Cuba, Panamá, Japón, las Phillipinas, Puerto Rico y parte de Sur-América incluido el Ecuador.

Debido a que los 30 cuadros están formados por 60 campos, al NTSC se le conoce como un sistema de 525 líneas y 60 campos.

Sistemas PAL y SECAM. Los sistemas SECAM (System Electronique pour Couleur Avec Mémoire) o PAL (Phase Alternating Line) son sistemas de 625 líneas y 25 cuadros.

Más de la mitad de los países del mundo han adoptado estos sistemas. SECAM se utiliza básicamente en Francia y los países que antes pertenecían a la

antigua Unión Soviética. PAL se utiliza en la mayor parte de Europa Occidental exceptuando Francia y en Argentina.

Las 100 líneas extra permiten mayor detalle y claridad en la imagen de video, pero los 50 campos por segundo, comparados con los 60 del sistema NTSC producen cierto parpadeo. Sin embargo, los 25 cuadros por segundo está muy cerca del estándar internacional para cine de 24 cuadros por segundo, el cine se transfiere más fácilmente a PAL y SECAM. En NTSC una película de 24 cuadros por segundo debe ser convertida a 30 cuadros, esto se hace barriendo por duplicado algunos fotogramas de la película a intervalos cíclicos.

2.2.4 Televisión Digital

La televisión digital se refiere a la “alta definición” de las imágenes presentadas en un receptor. Esto requiere un tratamiento completamente digital de las señales desde su producción, transmisión, recepción y proyección, lo que implica enormes inversiones y cambios sustanciales tanto en las estaciones transmisoras como en los equipos receptores de señales de televisión.

La introducción de las tecnologías digitales implica importantes ventajas en el tratamiento de las señales de información visual sobre todo en las áreas de calidad y análisis de la señal, con lo cual se ha desarrollado una nueva generación de sistemas de transmisión de televisión que proveen al operador una mejor utilización del ancho de banda y calidad más alta que la utilizada por los sistemas de televisión analógica a color como el PAL, NTSC y SECAM. Permite televisión interactiva, mejor calidad y definición de la imagen y sonido, recepción móvil y los mismos servicios de Internet. El mismo espectro radioeléctrico que ocupa la transmisión de un canal de TV actual, podría ser usado para transmitir entre 4 y 6 canales de televisión digital.

La televisión de alta definición se la conoce como HDTV por sus siglas en inglés High Definition TV y surge con la necesidad de dotar a la imagen de televisión de mayor resolución y definición que la usada convencionalmente. La

resolución del televisor, que es determinada por el número de pixels en la pantalla, controla la nitidez y el detalle de la imagen.

Los peores monitores de computadora tienen mejor resolución que el mejor televisor análogo, y los mejores monitores de computadora pueden desplegar hasta 10 veces más pixels que ese televisor. Con 10 veces más pixels en la pantalla, la imagen es más detallada y estable.

La ventaja de la transmisión de imágenes en formato digital es que la señal recibida es la misma que la transmitida, lo que no sucede en un sistema analógico en el cual la señal recibida tiene una calidad inferior a la original debido a la distorsión introducida por las diferentes etapas que esta señal atraviesa hasta llegar al receptor final.

El problema de la televisión digital es la elevada tasa de datos que necesita para ser transmitida en tiempo real. Una característica importante de la información de televisión es su alta redundancia. Esta redundancia se da entre los pixels de una imagen, llamada redundancia espacial, y entre imágenes consecutivas, denominada redundancia temporal. Se han desarrollado algoritmos que eliminan esa redundancia con el objeto de reducir drásticamente el ancho de banda requerido para la transmisión de una señal de televisión digital, obteniendo potentes sistemas de compresión de la señal como los MPEG. MPEG-2 reduce la cantidad de datos en una relación 55 a 1.

En un principio se aceptó que un sistema de televisión con calidad de imagen similar a la de una fotografía debía tener una resolución mayor a las 1000 líneas horizontales de la imagen de TV.

En diferentes países, en diferentes épocas y con el uso de diferentes técnicas, tanto analógicas como digitales, o una mezcla de ambas, han surgido diferentes propuestas que han influenciado en la HDTV, como la propuesta de Dumont en Estados Unidos, la Norma E de Francia, el sistema MUSE de Japón, el HD-MAC y el PAL- PLUS de Alemania y el sistema DIVINE de Suecia. Los cuales serán tratados con más detalle en los siguientes capítulos.

2.2.4.1 Proceso de Estandarización de la Televisión Digital

A finales de los años 80 se proyectaba un acuerdo global para lograr un solo estándar de televisión digital. Sin embargo esta idea se desvaneció al encontrarse con diferencias técnicas y políticas entre los diferentes países, especialmente entre Europa y América debido a la existencia de sistemas a 50 y 60Hz, además de la oposición de algunas empresas de radiodifusión. De todos modos, los rápidos avances en televisión han obligado a la creación de acuerdos generales para evitar las posibles incompatibilidades. Estados Unidos, Japón y otros países adoptaron el sistema de 1125 líneas y 60 cuadros. Muchos de los países que utilizan PAL y SECAM adoptaron un sistema con 1250 líneas y 50 cuadros.

2.2.4.2 Formato de Pantalla Ancha

Las primeras películas fueron filmadas en un formato 4:3. Un TV analógico tiene una relación de aspecto de 4:3, lo que significa que la pantalla tiene 4 unidades de ancho por 3 de alto. Luego las películas fueron producidas en otros formatos como el 16:9, o el sistema cinemascope de 2,21:1 para dar al espectador una mayor impresión de las escenas. Existen técnicas para adaptar la imagen en formato 16:9 al formato 4:3 usado en la televisión convencional. Las técnicas más usadas son: pan y scan y letterboxing.

Con el proceso denominado pan y scan o paneo y escaneo, se realiza un análisis técnico de cada escena controlado por una computadora programada para recorrer electrónicamente la ventana de 4:3 a lo largo del formato de pantalla ancha. De este modo el operador de la película decide que 4:3 = 12:9 del total de la pantalla de una imagen de 16:9. Un total del 25 % del área es cortada en televisores 4:3.

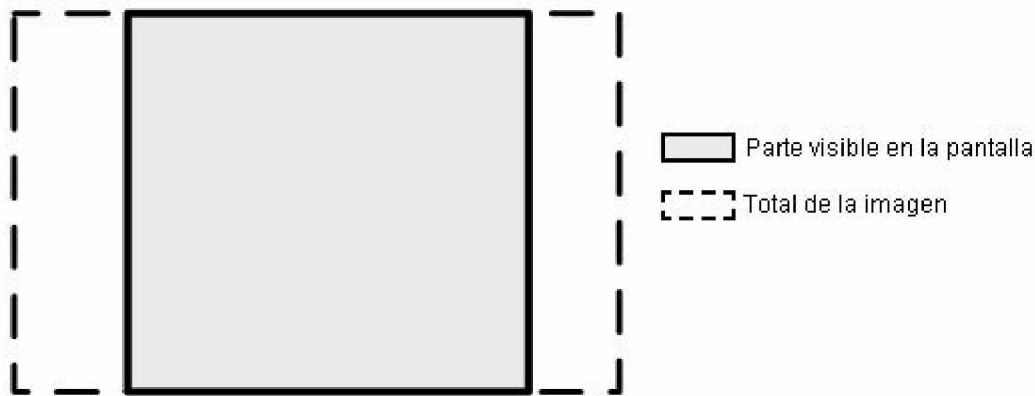


Figura 2.10 Sistema pan y scan

Si la imagen que se proyecta contiene información visual importante (como texto escrito extendiéndose a lo largo de la pantalla), el paneo y escaneo no resulta el método adecuado. Existe una segunda alternativa conocida como “letterboxing”, con la cual se ve la imagen entera dejando dos bandas negras arriba y debajo de la imagen.



Figura 2.11 Metodo letterboxing

Muchos usuarios prefieren el sistema letterboxing debido a que no se pierde información en comparación al paneo y escaneo. Sin embargo, hay quienes no gustan de las bandas negras, por lo que el letterboxing se usa en la mayoría de casos en que hay títulos al inicio y final del programa o film.

En la televisión digital la película es enviada en el formato original. Los vectores Pan y scan y letterboxing son enviados gracias al sistema MPEG-2 por el flujo de la señal. Los que tengan un receptor con formato 4:3, este mostrará la

película usando uno de estos sistemas de conversión a pantalla ancha. Si se usara un receptor digital, la conversión no sería necesaria, puesto que las pantallas son diseñadas con una proporción de encuadre 16:9, que es el formato de pantalla ancha.

En segmentos cortos de una producción existe otro modo de hacer la conversión. Algunas veces al principio y final de una película se da cierta compresión para que entren las letras. Este efecto es muy notorio cuando hay personas en la imagen y se los ve muy delgados y estirados. Este efecto de compresión es producido por el lente anamórfico que comprime la imagen a un formato 4:3. Esta es la razón por la que las nuevas producciones y filmaciones se están haciendo en formato 16:9, para tener compatibilidad con la nueva generación de estándares de televisión digital.

2.2.4.3 Televisión Digital en Europa

La alta definición ha sido estudiada en Europa desde principios de los años 80. Los trabajos de investigación fueron asignados al denominado Proyecto EUREKA-95, el cual ha definido un estándar para el continente. Con el proyecto EUREKA-95 se planteo la necesidad de participación de varios grupos tales como cadenas de TV convencional, cable, fabricantes de electrónica de consumo, etc, para poder afrontar los costos y llegar a un estándar concreto. Fue así como en septiembre de 1993 se reúnen en Bonn 85 fabricantes y operadores de 12 países y conforman el grupo denominado DVB Digital Video Broadcasting, organizado por la European Broadcasting Union (EBU) o La Unión Europea de Radiodifusión (UER).

En 1995 el proyecto DVB publicó los formatos estándares con los cuales define el nuevo sistema de transmisión digital, el cual constituye la base técnica para la televisión digital en Europa, Asia, Australia y algunas otras regiones del mundo que comenzaron en 1996. Las resoluciones han sido publicadas mediante ETSI o "European Telecommunications Standards Institute".

El estándar DVB cubre el diseño tanto del estándar de módems como del estándar de ancho de banda para transmisión de datos para funciones auxiliares como teletexto y acceso condicional. La base de compresión para todos los flujos de video y audio es el estándar MPEG-2, el cual es un sistema de algoritmos de compresión para audio y video basado en la DCT (Transformada de Coseno Discreto) y estimaciones de probabilidad.

Los estándares DVB funcionan en la recepción, básicamente con un decodificador conectado al equipo en el cual se presenta la imagen (televisor, PC, etc). Este decodificador no es mas que un receptor digital o IRD (Integrated Receiver Decoder), también llamado Set Top Box, descomprime las señales de video y audio digitales recibidas en formato MPEG, una vez han sido remoduladas y corregidas de posibles errores introducidos por el canal de transmisión y transformarlas en dos señales de audio y video analógicas, las cuales podrán ser visualizadas en un receptor de televisor estándar. El decodificador también debe disponer de un hardware adicional para posibilitar otro tipo de servicios como conexión a ordenadores personales, a la red telefónica, grabador de video, etc.

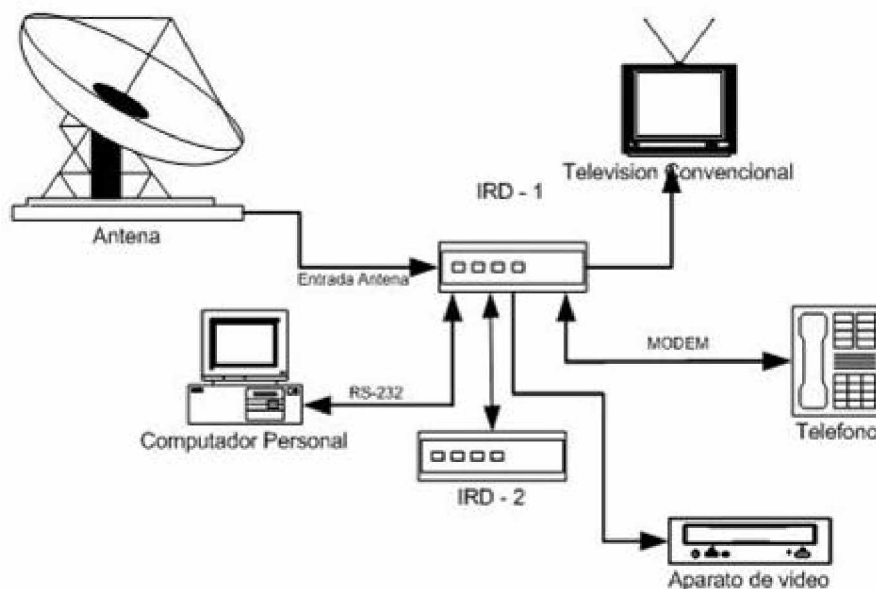


Figura 2.12 Ejemplo de dispositivo DVB

Del estándar DVB se han derivado estándares DVB diferentes para la televisión digital europea en difusión terrestre, por cable y por satélite. Estos son:

- **DVB – S:** Sistema de transmisión digital para televisión, sonido y datos por satélite. Los estándares por satélite disponen de diferentes velocidades, requerimientos de ancho de banda y capacidades de corrección de errores.
- **DVB – C:** Sistema de transmisión digital para televisión, sonido y datos por Cable. Los estándares para transmisión por cable disponen de diferentes velocidades, requerimientos de ancho de banda y niveles de inmunidad al ruido.
- **DVB –CS:** Sistema para transmisión de televisión, sonido y datos por Antena Colectiva (SMATV).
- **DVB –SI:** Sistema de transmisión digital para televisión, sonido y datos con Servicio de Especificaciones de servicio (SI). Contiene las especificaciones de la Guia Electrónica de Programación, sintonización, información de las emisiones que proporciona el operador, etc.
- **DVB-TXT:** Sistema de transmisión digital para televisión, sonido y datos, que contiene las especificaciones para la transmisión de teletexto.
- **DVB – CI:** Especificación común para acceso condicional y otras aplicaciones de decodificación.
- **DVB – T:** Sistema de transmisión digital para televisión, sonido y datos vía terrestre. Estructura de secuencias, codificaciones y modulación para las bandas de VHF/UHF.

2.2.4.4 Televisión Digital en Estados Unidos

En 1987 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) estableció un comité para recomendar un sistema de televisión avanzado para los Estados Unidos. Desde los años 90 al 92 el comité analizó cuatro sistemas totalmente digitales, uno analógico de alta definición y un sistema mejorado del NTSC, que

es el que está implantado ya en EEUU. Es así como surge la Gran Alianza (GA), encargada de definir y poner en marcha el sistema definitivo.

GA está formada por AT&T, General Instruments Corporation (GI), Massachussets Institute of Technology (MIT), Philips North America, Thomson Consumer Electronics y otros. El sistema GA está basado en el sistema de compresión MPEG-2, audio digital Dolby Ac-3. El sistema de transmisión HDTV es una técnica de banda lateral vestigial de octavo nivel que usa canales UHF. EL rotor de la antena colocada para recepción de señales HDTV se debe ajustar. En HDTV se tiene o no se tiene un cuadro, no puede haber una imagen nublada con la tecnología digital

El sistema también permite compatibilidad con los PC multimedia lo cual amplía sus campos de aplicación. El uso de MPEG-2 permite a un receptor HDTV interactuar con el computador directamente en aplicaciones multimedia. Por ejemplo, un show HDTV podría ser grabado en un computador multimedia, y aplicaciones de CD-ROM podrían ser tocadas en un sistema HDTV. Un TV digital, decodifica la señal MPEG-2 y la presenta como un monitor de computador lo hace, dándole alta resolución y estabilidad.

La televisión digital en Estados Unidos en su norma ATSC (Advanced Television Systems Committee) o HDTV se centra en la idea de un televisión "totalmente digital", es decir la señal es digital tanto en la transmisión, como en la recepción y al ser presentada en pantalla.

La FCC estableció que para el 2006 todas la estaciones de televisión en Estados Unidos deben transmitir en formato digital. A todas la estaciones se les asignó un canal adicional en la banda UHF para que empiecen las operaciones de televisión digital mientras mantienen las señales analógicas en el aire hasta que se realice completamente la conversión.

Los formatos usados para transmitir en DTV son:

TAMAÑO DE LA IMAGEN	RELACION DE ASPECTO	VELOCIDAD DE TRAMA
1920H x 1080V	16 : 9 pixels cuadrados	30 CPS entrelaz ; 30 y 24 CPS progres
1280H x 720V	16 : 9 pixels cuadrados	60,30,y 24 progresivo
704H x 480V	4 : 3 o 16 : 9	30 CPS entrelaz ; 60, 30 y 24 CPS progre
640H x 480V	4 : 3 pixels cuadrados	30 CPS entrelaz ; 60, 30 y 24 CPS progre

Tabla 2.1 Formatos de transmisión en HDTV

Los términos entrelazado o progresivo se refieren al sistema de exploración. En un formato entrelazado, la pantalla muestra cada línea par a una exploración de la pantalla, y luego continúa con las líneas impares en una segunda exploración. Son 30 cuadros mostrados por segundo, entonces la pantalla muestra una mitad del cuadro cada sesentavo de un segundo. En pantallas más pequeñas esto es menos visible, pero en las grandes se tiene un problema con el entrelazado llamado parpadeo.

El escaneo progresivo muestra la imagen completa, cada línea en una exploración, cada sesentavo de segundo. Esto proporciona una imagen mas regular, pero usa un poco más de ancho de banda.

2.2.5. Realidad de los estándares.

El desarrollo de los sistemas digitales aplicados a la televisión se sostiene básicamente en la búsqueda de mejores prestaciones, economía y ampliación de los servicios. Actualmente, el ATSC y DVB constituyen los sistemas mas importantes de DTV compitiendo por el mercado global.

Todo el énfasis del sistema ATSC es la alta calidad de la imagen en HDTV. Sin embargo, según varias estaciones de transmisión, el sistema de televisión digital estadounidense (ATSC), seleccionado por el gobierno estadounidense a través de la FCC, es un sistema que viene siendo rechazado en casi todo el mundo, por costoso e impráctico. Los canales deben hacer grandes inversiones en los nuevos equipos para la alta definición, la antena tradicional debe ser reemplazada por un transmisor digital de imágenes, se debe cambiar cámaras, equipos de grabación, iluminación y sistemas de post-producción. El usuario

común debe invertir en todo un equipo de recepción y presentación, esto es el televisor digital, la antena y o el set top box o decodificador.

El DVB ofrece una imagen de alta definición estándar, no tan buena como HDTV, pero de uso más flexible. Es más económica ya que permite aprovechar el televisor que el usuario ya tiene, agregando solo un set top box y una antena pequeña y barata. También ofrece la televisión móvil, una señal que se puede recibir en un auto, avión o incluso en una nueva generación de celulares o palms.

Los intereses económicos y la presión internacional relacionada a la televisión digital se basa en el espacio que queda libre del espectro radioeléctrico, el mismo que puede ser usado por nuevas tecnologías de telecomunicaciones.

2.3 LA TELEVISIÓN EN EL ECUADOR

En los años 70 los televisores en el Ecuador fueron acogidos por personas con suficiente capacidad de consumo, por lo que había menos de 100 000 aparatos de televisión en el país. El número de televisores se triplicó a principios de los ochenta. En 1992, las estadísticas internacionales calcularon alrededor de 940 000 televisores en el país.

A nivel popular la televisión se multiplicó por nueve en solo dos décadas. En 1999 el Instituto Español de Comercio Exterior (IECI) calculó que en el Ecuador se tenía 294 televisores por cada 1000 habitantes. Esta cifra indica que hay un televisor por cada 3.4 habitantes, es decir unos 3 529 411 receptores. Se debe tomar en cuenta que en los últimos años aumentó la fiebre consumista por causa de la dolarización¹. La estadística coloca al Ecuador como el segundo país de Latinoamérica (sobre Argentina, México o Chile) en el número de televisores por mil habitantes. Prácticamente hay un aparato de televisión por cada hogar.

A nivel latinoamericano la televisión ha alcanzado una gran expansión. En la actualidad existen más de 300 canales de televisión y una audiencia según número de receptores por hogares de más de doscientos millones de personas.

¹ Datos tomados en septiembre del 2000

Canales de Televisión en todo el país.

Provincias	Televisión Abierta		Total Abierta	Televisión por cable
	VHF	UHF		
Azuay	17	2	19	5
Bolívar	3	0	3	2
Cañar	5	3	8	5
Carchi	6	1	7	3
Chimborazo	12	2	14	3
Cotopaxi	3	1	4	4
El Oro	7	4	11	10
Esmeraldas	7	0	7	4
Francisco de Orellana	0	0	0	1
Galápagos	5	0	5	0
Guayas	17	16	33	5
Imbabura	9	0	9	5
Loja	15	1	16	5
Los Ríos	7	1	8	5
Manabí	11	4	15	6
Morona Santiago	13	0	13	5
Napo	9	3	12	2
Pastaza	7	1	8	1
Pichincha	14	13	27	3
Sucumbios	4	0	4	0
Tungurahua	6	4	10	5
Zamora Chinchipe	13	0	13	2
TOTAL	190	56	246	81

Tabla 2.2 Canales de Televisión en el Ecuador

En la Figura 2.13 se muestra el diagrama extremo a extremo de una red de Televisión por Cable como las que operan en el Ecuador.

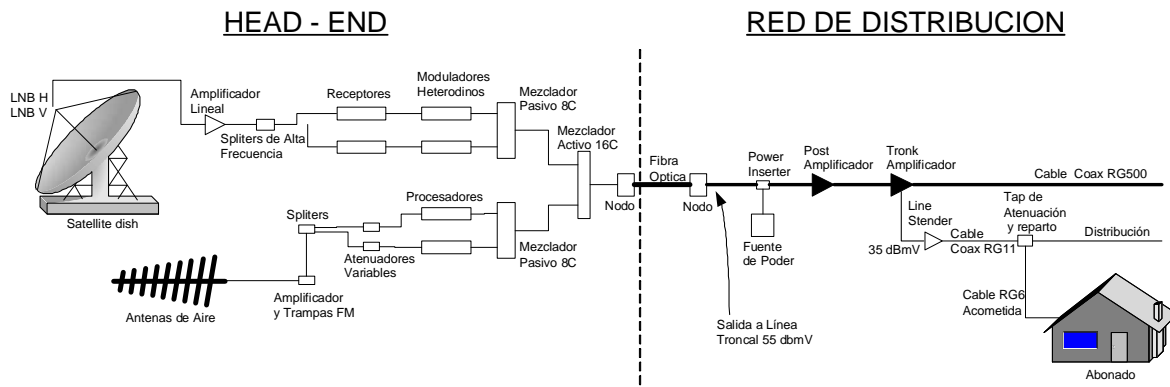


Figura 2.13 Diagrama de la red de Televisión por Cable

Estos sistemas de TV por cable son basados en arquitecturas híbridas de fibra – coaxial (HFC) y pueden operar en ambos sentidos para el envío de datos, como se puede observar en el gráfico, una red de este tipo es muy parecida en su configuración a la RTC, es decir, se podría hacer una analogía entre estas redes, donde el acceso de ultima milla esta conformado por el cable coaxial, terminado en un decodificador de video y los enlaces entre los nodos son de fibra óptica.

CAPITULO 3

TELEVISIÓN DIGITAL SOBRE ATM

3.1 ATM

Primero se hará una revisión breve sobre lo más importante de una Red ATM (Asynchronous Transfer Mode) por sus siglas en inglés, es decir Modo de Transferencia Asíncrono. Asíncrono debido a que no está sincronizada con respecto a ningún usuario y las posiciones en el Flujo son asignadas por Demanda, es decir tiene Tráfico en Ráfagas (burstiness), la tecnología ATM es una red con modo asíncrono en los Mux, pero es una red sincrónica ya que las Celdas se transportan sobre canales Sincrónicos. Es el resultado de las nuevas necesidades y los cambios en el negocio de las Telecomunicaciones y cambios en el tráfico de la red. Se monta sobre un anillo SDH (Synchronous Digital Hierarchy²) basada en las redes B-ISDN de Banda Ancha. La conmutación es más rápida y con muy bajos retardos ya que trabaja más a nivel de Hardware, permite velocidades binarias de más de 1,2 Gbps por la alta calidad de los vínculos. El flujo digital del ATM consiste en "paquetes", llamados celdas, la PDU es la Celda o Célula básica, son pequeñas y de longitud fija de 53 bytes de 8 bits, siendo el encabezamiento (header) de la misma de 5 bytes y la información útil de 48 bytes. Estas permiten transportar todo tipo de servicio (Voz, Video, Datos y sus combinaciones). ATM utiliza capas de adaptación para integrar servicios, soportando protocolos de acceso como X.25 y Frame Relay. Permite la reducción de funcionalidades en los Nodos y la delegación de funciones hacia los Extremos. Su protocolo está orientado a la Conexión y está normalizado por la UIT (I.340) y por el Forum ATM.

² Synchronous digital hierarchy: SDH y synchronous optical network SONET se refieren a un grupo de tasas de transmisión de fibra óptica que pueden transportar señales digitales con capacidades diferentes (Capítulo 1).

3.1.1 Celda ATM

- **Tamaño Fijo:** procesamiento sencillo
- **Tamaño Pequeño:** Menor retardo, memorias más pequeñas
- **Encabezamiento:** Información de enrutamiento y prioridad. Identificación de Celdas de un mismo camino.
- **Carga:** Video, Voz o Datos (Transparente de Extremo a Extremo)
- **O&M:** va en la carga

3.1.2 Trayectos y Canales

VC (Canal Virtual): FTE con 1 o más destinos

VP (Trayecto Virtual): VC con los mismos destinos, agrupa VC.

3.1.2.1 Identificadores

VPI: No se pueden repetir

VCI: Se pueden repetir

3.1.3 Capas y Subcapas ATM

3.1.3.1 Convergencia: Independiza la pila de protocolos que está debajo de ella de capas superiores. Identifica mensajes, recupera señal de reloj.

3.1.3.2 Segmentación y reensamble: Segmentar la información de las capas superiores. Permite manejar cuadros de longitud mayor que las celdas (ej.: LAN). Adapta la información a los 48 Bytes, de acuerdo a la clase de servicio del que se trate. Reensamblado.

3.1.3.3 ATM: Multiplexación. Armado de Celdas. Introducción y extracción del header. Control de congestiones y ruteos (flujos) en UNI.

3.1.3.4 Convergencia de Tx: Independiza la velocidad del flujo de celdas de la interfaz física. Convierte el flujo de celdas ATM en flujos de bits.

3.1.3.5 Medio Físico: Controla las funciones que dependen del medio físico, tipos de cable, conectores, etc. Funciones de bit.

También se debe abordar un tema muy importante como es la Televisión de Alta Definición.

3.2 TELEVISION DE ALTA DEFINICION.

Conocida por sus siglas en Inglés HDTV (HIGH DEFINITION TELEVISION) la Televisión de Alta Definición, es la manera de referirse a la nueva generación de televisores.

El requerimiento de dotar a la imagen de televisión de una mayor definición y resolución que la convencional utilizada actualmente, fue reconocido rápidamente por todos los expertos que intervinieron en la creación de los diferentes sistemas de TV. Se aceptó en principio que un sistema de TV con una calidad de imagen similar a la de una fotografía, debía tener una resolución mayor a las 1000 líneas horizontales de imagen de TV.

En diferentes países, en diferentes épocas y con el uso de diferentes técnicas, tanto analógicas como digitales, o una mezcla de ambas se han dado diferentes propuestas como es la de Dumont en USA, la Norma E de Francia, el sistema Muse de Japón, el HDMAC el PAL-PLUS de Alemania y el sistema DIVINE de Suecia. Todos estos han influenciado en el desarrollo de las HDTV

3.2.1 La Propuesta de Dumont

Esta propuesta de los Laboratorios Dumont tuvo lugar en 1940, cuando ni siquiera se había resuelto aún la implantación de la TV analógica monocromática convencional. Se basaba en un sistema de 1000 líneas y 30 cuadros y estaba demasiado adelantado a la técnica y la tecnología de la época. Las dificultades inherentes a semejante propuesta en el año 1940 fueron completamente insuperables, pero aún así existe el valor de la idea que demostraba la eventual necesidad de esta altísima definición de la imagen de TV. Por lo pronto fue la primera vez que alguien estableció científicamente la mágica cifra de las 1000 líneas, válida ahora.

3.2.2 Las normas francesas “E”

Independientemente de la propuesta americana, el destacado investigador francés, Profesor René Barthelemy postuló en 1945 el concepto de la imagen de alta definición con más de 1000 líneas de barrido horizontal y 25 cuadros, todo desde luego en el formato de 4:3 que era el único disponible en esta época. Este sistema analógico necesitaba un ancho de banda para su transmisión que surge del siguiente planteo:

$$F_{video} = a^2 x \frac{4}{3} x \frac{c}{2}$$

donde:

a = cantidad de líneas

c = cantidad de cuadros

Con a = 1000 y c= 25, se obtiene $1\ 000\ 000 \times 1.33 \times 25/2 = 16.625\text{MHz}$. Este tipo de ancho de banda de más de 16MHz, que aún hoy es prohibitivo ya que ocuparía el espacio asignado a 3 canales aproximadamente. Esto también demostró que aparentemente no existía una solución analógica simple para una imagen de TV de alta resolución de 1000 líneas.

El mismo Profesor Barthelemy tuvo que conformarse con una imagen de 819 líneas que fue finalmente aprobada como norma “E” por la CCIR (Comité Consultatif International des Radio-Communications). Esta norma especificaba un ancho de banda de 14MHz en la banda de TV de UHF (470 a 890MHz). Esta banda no estaba aún congestionada como hoy y se podía asignar algunos canales de la norma E. No obstante, esta norma no tubo una duración muy prolongada y fue reemplazada eventualmente en Francia y en Bélgica por la norma “F” que solo tenía un ancho de banda de 7MHz. Como la cantidad de líneas seguía en 819, se reducía el ancho de banda de vídeo de 10MHz a 5MHz con el resultado de un pixel rectangular en lugar de cuadrado.

En la Figura 3.1A vemos el aspecto que tiene una imagen con pixel cuadrado y en la Figura 3.1B vemos la imagen con el pixel rectangular debido a la reducción de la resolución en ambos casos se mantiene la misma resolución vertical que depende sólo de la cantidad de líneas en sentido vertical.

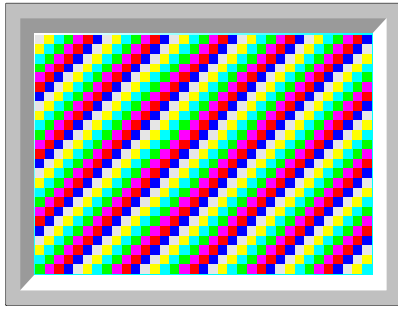


Figura. 3.1A Píxel cuadrado

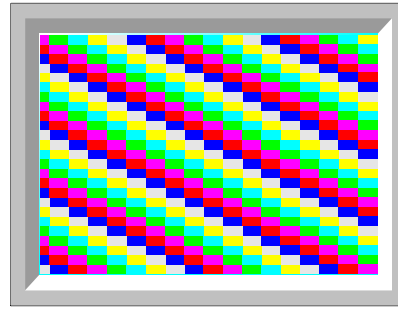


Figura. 3.1B Píxel rectangular

3.2.3 El sistema japonés MUSE

Otro sistema más reciente de HDTV analógica es el sistema MUSE, sigla que significa MULTIPLE SUB-NYQUIST SAMPLING ENCODING = codificación por muestreo múltiple en frecuencias menores a la de Nyquist, criterio que se mencionó en el Capítulo 1.

Este criterio está en uso en todos los procesos digitales de audio y vídeo. Por ejemplo, en el disco compacto CD se usa una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz para una frecuencia de audio máxima de 20 kHz.

Una desviación de los valores fijados por el Teorema de Nyquist puede dar lugar a la generación de señales espúreas en un proceso denominado ALIASING (aliasado) que a su vez produce “seudónimos” que pueden afectar la pureza y fidelidad de las señales deseadas.

A pesar de que el sistema MUSE fue creado originalmente para uso satelital y que por lo tanto usa ampliamente señales digitales, emplea para su difusión terrena técnicas analógicas.

Entre las características del MUSE figuran 800 líneas, 30 cuadros y una relación de aspecto de $16:9 = 1,777$. Se observa en principio una similitud con las desaparecidas normas “E” del año 1945, pero con importantes modificaciones, sobre todo del formato de pantalla ancha. El ancho de banda de la señal de vídeo del MUSE es de:

$$F_{video} = a^2 x \frac{16}{9} x \frac{c}{2}$$

$$800^2 x 1,777 x 30/2 = 17,066 \text{ MHz, aproximadamente}$$

El sistema MUSE estuvo en uso en el Japón, no solo para la recepción satelital, sino también para la recepción terrena.

Los televisores para MUSE incorporan sin embargo otras prestaciones para incrementar las posibilidades de uso de estos equipos que desde luego tienen un costo elevado por lo tanto deben ofrecer una variedad de funciones adicionales.



Figura 3.2 Televisor para MUSE

En la Figura 3.2 vemos el aspecto de un equipo de Toshiba de 36 pulgadas (91 cm) de diagonal nominal. En este televisor se usa un decodificador para MUSE tipo MD-2000 con circuitos integrados LSI y además un decodificador para las señales NTSC que se usan en la televisión convencional en el Japón. Características similares existen en el modelo TH28WV20 de Matsushita que entre otras prestaciones produce una conmutación completamente automática entre MUSE y NTSC. Este modelo se observa en la Figura 3.3.



Figura 3.3 TV con conmutación MUSE y NTSC

Existen también conversores MUSE-NTSC; uno de los cuales, el modelo M65641FP de Mitsubishi. Un modelo más reciente aun es el C32-HMV7 de Hitachi que está en la categoría de televisores Multimedia con la posibilidad de la visualización de programas en NTSC, MUSE y VGA para computadoras y videogames. Este modelo posee dos terminales de entrada RGB que permiten una reproducción alterna de dos computadoras con solo mover un interruptor. Se incorpora en este modelo de 32 pulgadas (81cm) también un conversor automático de señales de 525 y 1.125 líneas.

Si bien la imagen obtenida con el sistema MUSE es muy superior a la imagen que se logra en la televisión convencional en cuanto a su resolución, no se superan en él los problemas inherentes a todo sistema analógico de TV. Es decir, la relación señal-ruido que en cualquier equipo analógico es de 40dB o mayor. Esto solo admite señales de ruido cuya amplitud sea inferior al 1% de la amplitud de la señal principal. En este sentido existe una enorme ventaja en los equipos digitales, cuya relación señal-ruido (S/N) puede llegar a tan sólo 15dB. Esta cifra implica que la amplitud de la señal de ruido puede llegar al 17% de la amplitud de la señal principal.

La importancia de la reducción en las exigencias de la relación S/N en los equipos digitales surge en este caso de la posibilidad de reducción de potencia irradiada, o en un aumento en el área de cobertura de cada estación transmisora, con un alcance mayor de sus señales. Este criterio es aplicable tanto en señales terrenas como satelitales y es de vital importancia sobre todo en estas últimas.

3.2.4 El sistema HD-MAC y similares

Las siglas HD-MAC significan HIGH DEFINITION MULTIPLEX OF ANALOGUE COMPONENTS, es decir sistema de alta definición con multiplexación de componentes analógicos. Se trata de una propuesta que forma parte, junto con otras variantes de MAC, de un proyecto común de la televisión europea. Este proyecto se inició en 1986 con la intención de crear un sistema de TV de alta definición con 1250 líneas y 50 cuadros con la intervención de 80 empresas provenientes de 13 países. Se consideró en primer término una

aplicación para la TV satelital, pero se incluyeron muy pronto también aplicaciones de TV terrena de cable y de circuito abierto.

La base del sistema HD-MAC es un tratamiento digital de la señal, incluida la compresión de señales, pero una transmisión con técnicas analógicas. Se consideraba que este enfoque pudiese brindar a los televidentes un sistema más económico que los eventuales sistemas digitales. Que de cualquier manera necesitarían un ancho de banda mayor o un grado de compresión mayor. Ambos factores inciden en definitiva en el costo. En todos los casos, se preveía el uso de televisores con tubos de imagen de pantalla ancha.

Las diferentes variantes estudiadas dieron buenos resultados y se presentó, ya en 1993 durante la Exposición de la IFA (Internationale Funkausstellung), en Berlín, los primeros equipos comerciales de HD-MAC, con tubos del formato 16:9, varios años antes que el resto del mundo.

Uno de los más importantes fabricantes de estos tubos de pantalla ancha es Thomson con sedes en varios países europeos y americanos. Esta marca tenía incluidos ya, en su catálogo de 1993, unos cinco tipos diferentes de tubos de imagen con pantalla de 16:9 y abarcaban tamaños de 66, 76 y 86 cm de diagonal nominal.

Se han introducido en el sistema HD-MAC diversas modificaciones en el transcurso de los años recientes, pero a este sistema le sucede algo similar que al sistema japonés MUSE: al ser analógico no resiste a la comparación con sistemas totalmente digitales.

La mayoría de los observadores considera que también en Europa se impondrá un sistema totalmente digital. Para expresarlo de otra forma, se considera que el mercado de la TV en Europa, del cual dependen unas 360.000 personas en el sector electrónico del consumidor solamente y casi 1500.000 personas en toda la industria electrónica, se divide en tres partes: ayer, hoy y mañana. El “ayer” es el mercado analógico del PAL y SECAM, el “hoy” es un mercado intermedio de HD-MAC y PAL-PLUS y el “mañana” es un sistema

totalmente digital, aún no comercializado totalmente, especialmente en el mercado de Latinoamérica. Existen compañías de Canales de Televisión que ya ofrecen difusión totalmente digital.

3.2.5 El sistema PAL-PLUS

Si bien el sistema PAL ya posee como 36 años de uso y bajo un punto de vista puramente técnico puede considerarse “de ayer”, al igual que el NTSC o el SECAM, aún existen muchos factores que nos indican proceder con cautela en todas las innovaciones, especialmente en el continente europeo que se caracteriza por un sentimiento tradicional mucho mas intenso que en los países del continente americano. Por ello no es extraño que se encontrara una forma muy ingeniosa para “modernizar” el sistema analógico PAL, a pesar de su indudable antigüedad. El nombre de la versión modernizada del PAL, es el sistema PAL-PLUS que sigue siendo analógico pero permite producir una imagen de definición mejorada de formato 16:9, pero es compatible con el PAL convencional. Este es un enfoque muy distinto al enfoque americano que en forma más contundente abandona todo sistema analógico y establece un sistema completamente digital. El sistema PAL-PLUS es un sistema intermedio elegido por algunos países europeos.

Para efectuar este análisis debemos efectuar en primer término un pequeño cálculo que permite evaluar algunos de los parámetros del PAL. El PAL-B (y también el PAL-N) tiene 625 líneas horizontales y un régimen de exploración horizontal y vertical de 15.625Hz y 50Hz, respectivamente. De esta cantidad total se pierden en el intervalo del borrado vertical unas 49 líneas que son invisibles debido a la señal de borrado. Las 625 líneas originales, menos las 49 líneas perdidas dejan una nueva cantidad de $625 - 49 = 576$ líneas. Por otra parte debemos tomar en cuenta que la imagen del PAL-PLUS tiene el formato de 16:9, lo que implica que la cantidad de líneas visibles en una pantalla de 4:3 será solo de 432 líneas. En una pantalla de 16:9 esta cantidad de líneas es usada en forma proporcional para crear la imagen alargada, ancha, típica del formato de pantalla ancha. En la Figura 3.4 vemos este aspecto. La diferencia de $576 - 432 = 144$ líneas es usada como señal auxiliar, llamada “helper” (ayudante).

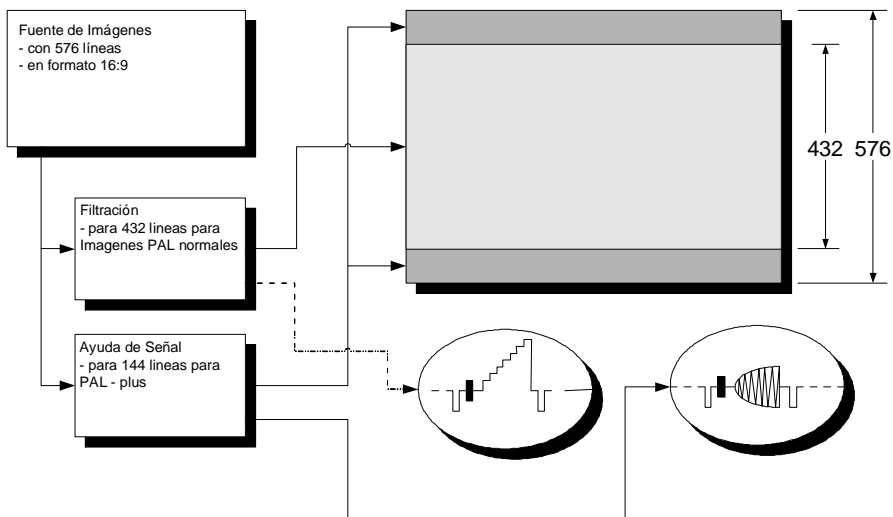


Figura 3.4 Aspecto en una pantalla 16:9

Estas 144 líneas son utilizadas en el televisor de 16:9 para implementar la información de pantalla ancha. En la Figura 3.5 vemos este proceso en diferentes etapas y alternativas, cuyo significado será analizado a continuación.

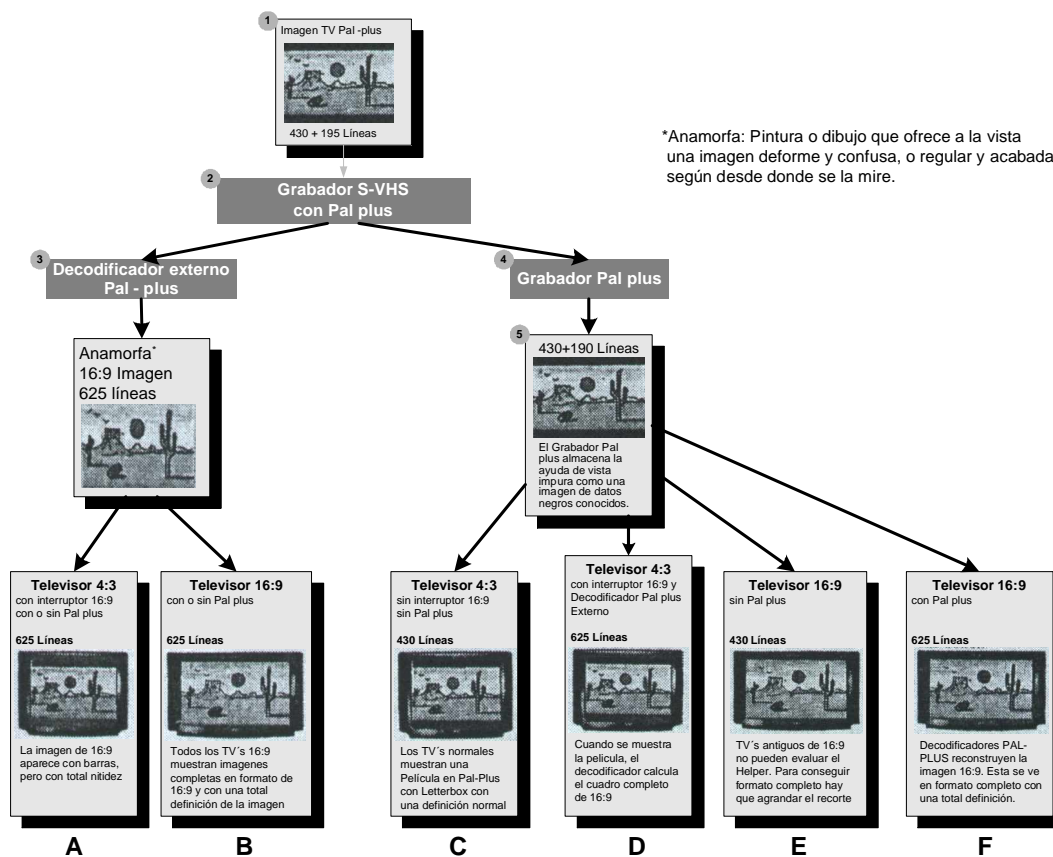


Figura 3.5 Aspecto de la imagen PAL-PLUS

En el cuadro (1) de la Figura 3.5 vemos el aspecto de la imagen de PAL-PLUS con sus barras inferior y superior que solo visualizan la imagen de 432 líneas del formato 16:9. El resto de las líneas tiene una información codificada que es invisible a la vista debido a las barras negras. En la Figura 3.4 vemos dos oscilogramas que permiten ver la información contenida en las líneas visibles y la de las líneas invisibles. Esta imagen no sólo se visualiza de acuerdo al cuadro (1), sino que también puede ser grabada de esta manera, por ejemplo en un vídeo grabador del tipo S-VHS con codificador PAL-PLUS. La señal así obtenida se produce en el bloque (2) de la Figura 3.5 y puede ser aplicada ahora a un decodificador externo de PAL-PLUS (3). Este equipo permite la grabación de una imagen anamorfa de 625 líneas en formato 16:9. La imagen será visible de acuerdo al receptor usado en el formato 4:3 o 16:9. En (A) se observa la imagen obtenida en un televisor 4:3 con o sin PAL-PLUS con conmutación del formato. En este caso la imagen aparece con total nitidez, de acuerdo a su definición de 625 líneas, pero las imágenes del tipo 16:9 tendrán las dos barras horizontales, una arriba y otra abajo. En un televisor del formato 16:9 con o sin PAL-PLUS, la imagen será de este formato, 16:9 y tendrá una completa definición de 625 líneas, como vemos en (B).

La otra forma de reproducción de esta imagen grabada es por medio de un grabador PAL-PLUS (bloque 4), que brinda una imagen de acuerdo al bloque 5. Esta imagen consiste de 430 líneas para el formato 16:9, mientras que la 144 líneas "helper" son grabadas en forma separada. El resultado es una variedad de opciones, de acuerdo al televisor usado en la reproducción. En (C) vemos un televisor de 4:3 sin PAL-PLUS y sin conmutación de 16:9. En este caso se observará una imagen con definición normal, pero las películas, de PAL-PLUS se verán con las barran negras arriba y abajo. En (D) vemos un televisor de 4:3 sin PAL-PLUS y con conmutación 16:9 externa. El resultado es una imagen de 625 líneas (definición mejorada) y una imagen completa de 16:9. En (E) vemos un televisor de 16:9 antiguo, sin PAL-PLUS. En este caso la imagen tendrá 432 líneas, pero las señales adicionales de PAL-PLUS no podrán tener efecto. Finalmente en (F) vemos un televisor 16:9 con PAL-PLUS. En este caso se reconstruye la imagen completa de 16:9 con la máxima definición del sistema de

625 líneas. Se observa que la compatibilidad entre “PAL convencional” y ”PAL-PLUS” es completa.

El PAL-PLUS está actualmente en uso en Alemania, pero se los considera sólo como una solución intermedia, a la espera de la presentación de un sistema completamente digital. En la Figura 3.6 vemos el aspecto de un televisor PAL-PLUS de la marca JVC, que ya para el año 1995, este equipo tenía el formato 16:9 y tiene el decodificador de PAL-PLUS incorporado.



Figura 3.6 Televisor PAL-PLUS

3.2.6 El sistema digital DIVINE

Las siglas DIVINE significan DIGITAL VIDEO NARROW–BAND EMISSION = emisión de banda angosta de vídeo digital (se debe aclarar que la palabra DIVINE en inglés significa divino, pero no es el caso), el origen de este sistema totalmente digital es Suecia. Al tratarse del primer sistema totalmente digital, exhibido ya en 1993 dentro de la exposición de la IFA de Berlín (Alemania), conviene incluirlo en los antecedentes del actual sistema digital aprobado en los Estados Unidos.

La creación del sistema DIVINE fue impulsada en primer término para uso de canales UHF europeos con su ancho de banda de 8MHz. En este sentido se hizo la primera presentación en una Asamblea de IBC (International Broadcasting Convention) en Amsterdam (Holanda) en el año 1992. En esta oportunidad se presentaron los conceptos básicos del sistema, que son los siguientes.

La codificación de la señal de vídeo en el sistema DIVINE se basa en que se necesitan cerca de 900 Megabits por segundo en una señal digital de vídeo de alta definición. Para hacer caber esta señal en un canal de 8MHz, es necesario introducir varias medidas, siendo la más importante la reducción de los datos digitales de 900 Megabit por segundo (MB/seg) a 16 o 34 MB/seg. Esta compresión es muy drástica e involucra eventualmente una reducción de calidad de la imagen, que a su vez debe ser compensada adecuadamente. Para poder efectuar esta compensación es necesario estudiar cuidadosamente todas las características de la imagen. Se llega así a la conclusión de que en una imagen normal de televisión se presentan muchos datos redundantes que pueden ser tratados en forma especial por medio de algoritmos matemáticos que posibilitan un tratamiento digital más eficiente.

Se utiliza en este proceso de compresión de señales, tres métodos básicos:

- 1.)Una codificación híbrida de transformada discreta de coseno,
- 2.)Un método de predicción del contenido de cada cuadro y
- 3.)El uso de vectores de movimiento que reflejan este aspecto móvil.

En la Figura 3.7 vemos el aspecto de un esquema en bloques que describe este proceso. El bloque (1), marcado DCT representa la transformada discreta del coseno donde se efectúa la lectura del contenido de cada pixel en un régimen especial, relacionado con esta función matemática que sigue operativas similares a las series de Fourier. En este paso se produce una división de los valores propios de cada elemento de imagen o pixel, en coordenadas espaciales y coordenadas de frecuencia. Al producir ahora la cuantización de estas coordenadas en el bloque (2), se logra ya una reducción del contenido digital de la imagen. Se procede a continuación en el bloque (3) a una codificación de longitud variable del tipo Huffman. Este tipo de codificación es usado también en otros medios de comunicación, como por ejemplo el Fax. En este método se relacionan dos aspectos: la cantidad real en bits (B) y la probabilidad de su ocurrencia (P), expresada en porcentajes. Se presenta una expresión matemática de la siguiente manera:

$$B = \text{entero}(-\log_2 P)$$

Se aplica el resultado de este cálculo a la cantidad de bits por ASCII (ver Anexo A) y se reduce el valor de 7 u 8 bits del ASCII al valor que surge de la expresión matemática indicada.

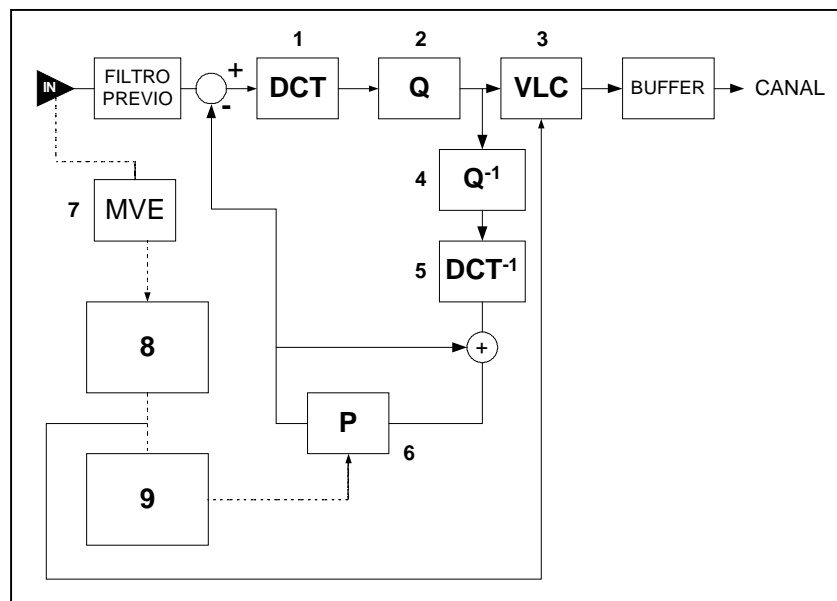
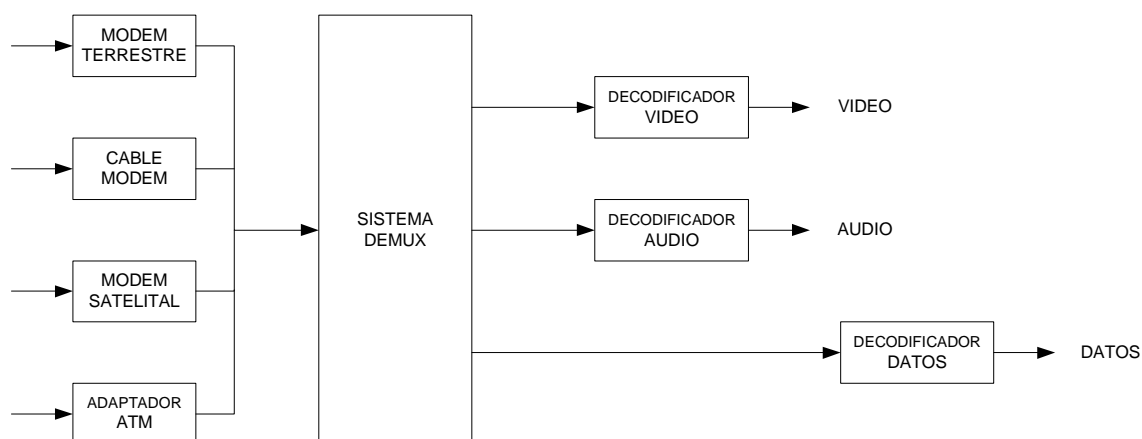


Figura 3.7 Diagrama de bloques del sistema DIVINE

En la Figura 3.7 vemos que los datos obtenidos en los bloques (1) y (2) son ahora invertidos en su polaridad en los bloques (4) y (5) y sumados a la señal original en una etapa sumadora. La salida de este sumador es aplicada a la etapa (6) que se ocupa de la predicción de los cambios del contenido de la imagen e introduce el resultado de esta predicción de nuevo al circuito.

El tercer sector se concentra en el bloque (7) y se ocupa de la estimación de los vectores de movimiento. Estos vectores son procesados en los bloques (8) y (9) y agregados al bloque (3) para su codificación final. Una etapa de buffer de separación establece el interfaz con el canal de codificación de la señal. En este método totalmente digital se usa la codificación de los cambios de la imagen y no de toda la imagen completa. Este método reduce desde luego considerablemente la cantidad de los bits necesarios que componen la señal digital de la HDTV.

Los métodos propuestos para el sistema DIVINE son similares a los usados en el sistema aprobado por los Estados Unidos en 1995.



BANDA BASE - UNIDAD 2.0 - DECODIFICADOR

Figura 3.8 Aspecto de un esquema de varias fuentes

En la exposición de la IFA de 1995 se dieron a conocer datos adicionales del sistema DIVINE, especialmente aquellos destinados a servicios complementarios. En la Figura 3.8 vemos el aspecto de un esquema que implementa la decodificación para audio, video y datos provenientes de varias fuentes. Se contemplan las siguientes: servicios terrestres servidos por módem, servicios de cable acoplados por módem y servicios satelitales acoplados por módem, otra posibilidad de entrada es un adaptador para el modo de transferencia asíncrona (ATM) de datos. En esta variante del sistema DIVINE, llamada HD-DIVINE, se sugiere el uso de los sistemas MPEG para los codificadores y decodificadores. Se trató del MPEG-1 para audio y del MPEG-2 para video en aquella época.

3.3 LA COMPRESIÓN DE SEÑALES

Las soluciones digitales de los servicios de televisión indefectiblemente han tenido que recurrir a una codificación especial, íntimamente relacionada con la compresión digital de señales.

3.3.1 Bases teóricas

Los fundamentos fisiológicos y las bases técnicas para una compresión de señales están muy ligados y ambos aspectos deben ser tratados en conjunto. En

efecto, las limitaciones fisiológicas de los sentidos humanos, sobre todo de la visión y de la audición, ambos esenciales para la percepción humana de señales de audio y video, son conocidas y son ellas las que permiten aprovechar en forma eficaz las señales relacionadas con la emisión y recepción de mensajes vocales y visuales del ser humano.

3.3.1.1 Compresión de audio

En la Figura 3.9 observamos el rango de frecuencias que abarca la audición humana, que es de 20 a 20000Hz. Pero dentro de esta banda de unas diez octavas existen marcadas diferencias en la capacidad auditiva con respecto a diferentes valores de frecuencia. Se observa una máxima sensibilidad alrededor de los 3000 hertz y una mínima sensibilidad en los extremos de la banda. En el extremo de bajas frecuencias de 20 a 150Hz y en el extremo opuesto de las frecuencias altas, superiores a los 10000Hz, la sensibilidad decae en forma muy pronunciada. Los límites pueden variar también por factores de edad, sexo y entrenamiento de las personas, pero aún así, la tendencia general es la señalada.

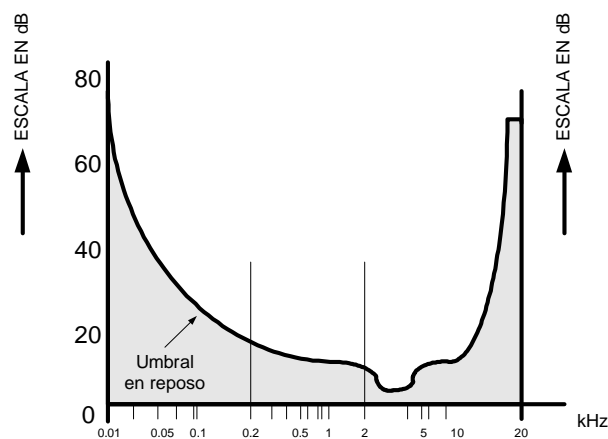


Figura 3.9 Rango de frecuencias de 20Hz a 20kHz

A estos factores de limitación por motivos fisiológicos, se agregan otros, relacionados con la presencia simultánea de varias frecuencias. Un sonido fuerte de una frecuencia generalmente enmascara la presencia de otro sonido más débil de otra frecuencia.

Esto se debe a que el umbral de sensibilidad auditiva es adaptable y regula el umbral de acuerdo a la frecuencia y amplitud de los sonidos percibidos. El conjunto de estos factores fue el motivo de llamar a estos métodos de compresión, PLATAFORMAS PERCEPTUALES.

Existen varios sistemas de compresión de audio que aprovechan en forma muy ingeniosa estas características de audición humana, como por ejemplo el sistema PASC del DCC (Digital Compact Cassette) con un factor de compresión de 4 a 1 y el sistema ATRAC del MD (Mini Disc) con un factor de compresión de 5 a 1. Observe que PASC es la sigla por PRECISION ADAPTIVE SUBBAND CODING mientras que ATRAC significa ADAPTIVE TRANSFORM ACOUSTIC CODING. En ambos términos la palabra mágica es ADAPTIVE (adaptación), lo que indica que en este aspecto la técnica trata de emular el comportamiento fisiológico de audición humana, con las ventajas que ello implica.

En los sistemas que se utilizan en el DVD (Digital Video Disc o Digital Versátil Disc) y en la HDTV estos conceptos se amplían aun más y se crean los sistemas digitales DOLBY AC-3 y MPEG-1 que permiten un factor de compresión de audio aun mayor.

En general, todas las plataformas vocales aprovechan las características fisiológicas de la audición humana, tanto en telefonía, radio y TV, como en otras mas recientes como el CD y el DVD. En la tabla 3.1 vemos algunos valores de plataformas vocales en uso para el año 2004

MEDIO	RANGO DE FRECUENCIA
TELEFONO	300 a 3000Hz
RADIO AM	50 a 5000Hz
RADIO FM	20 a 15000Hz
TV y CINTA MAGNETICA VHS	20 a 10000Hz
CD y DVD	20 a 20000Hz

Tabla 3.1. El Rango De Frecuencia De Varias Plataformas Vocales

3.3.1.2 Compresión de video

En video se usan las características de la visión como parámetros para la cantidad de información que debemos incluir en el ancho de banda de las señales de video de luminancia y crominancia que representan la imagen a transmitir.

Se ha comprobado que para la visión de detalles de una imagen, se afecta principalmente a la señal de luminancia al estar relacionada principalmente con variaciones de blanco y negro y tonos de grises. La visión cromática sólo requiere superficies mayores y por lo tanto su resolución es inherentemente menor.

En la indicación de los respectivos espectros de frecuencia asignados a luminancia (blanco y negro) y crominancia intervienen datos como cantidad de líneas, cantidad de cuadros, frecuencia de video (luminancia y crominancia) y pixels que con la aparición de señales digitales de video, son acrónimos para picture elements (elementos de imagen).

Todos estos parámetros operan en conjunto o por separado, siempre implican equivalencias preestablecidas. En algunos casos es necesario tomar en cuenta también la relación de aspecto, ya que ahora no existe sólo la tradicional relación 4:3=1.33, sino también el 16:9 = 1.78 para los televisores comunes.

La frecuencia de video surge de la expresión:

$$F_{video} = a^2 \cdot R_a \cdot c \cdot 1/2$$

Donde:

a = cantidad de líneas.

c = cantidad de cuadros

R_a = relación de aspecto

A su vez la cantidad de pixels por cuadro surge de la expresión:

$$P = a^2 \cdot R_a$$

Además existe una expresión que permite hallar la cantidad de líneas a partir del máximo valor de la frecuencia de video asignado o existente en un sistema.

$$a = F_{video} \cdot 83$$

El número 83 es un factor de proporcionalidad.

Con todas estas expresiones se puede analizar ahora el rendimiento de varias fuentes y describir su desempeño en una Tabla.

El mínimo aceptable para una señal de video es de unos 2.5MHz situación existente en la cinta magnética grabada en el sistema VHS. Este valor responde a

una resolución de unas 210 líneas. En la Televisión convencional podemos aceptar una frecuencia máxima de video de 4.2 a 5.2MHz, de acuerdo a la asignación de frecuencias de los canales. Estos valores se presentan en todos los sistemas existentes (NTSC, PAL, SECAM) en forma muy parecida, sobre todo en el modo de transmisión terrena.

La sensibilidad del ojo humano frente a las señales de crominancia es mucho menor y se ubica en los valores de 0.5 a 0.6MHz de ancho de banda. En los videograbadores de fidelidad mejorada, como los sistemas S-VHS y Hi 8 existen valores mejores en lo referente a la señal de luminancia. En la Figura 3.10 A vemos la distribución espectral del S-VHS y en la Figura 3.10 B vemos la correspondiente al Hi 8. En la tabla 3.2 hemos resumido los valores de las plataformas de video más frecuentes, basados en los términos de las expresiones mencionadas anteriormente.

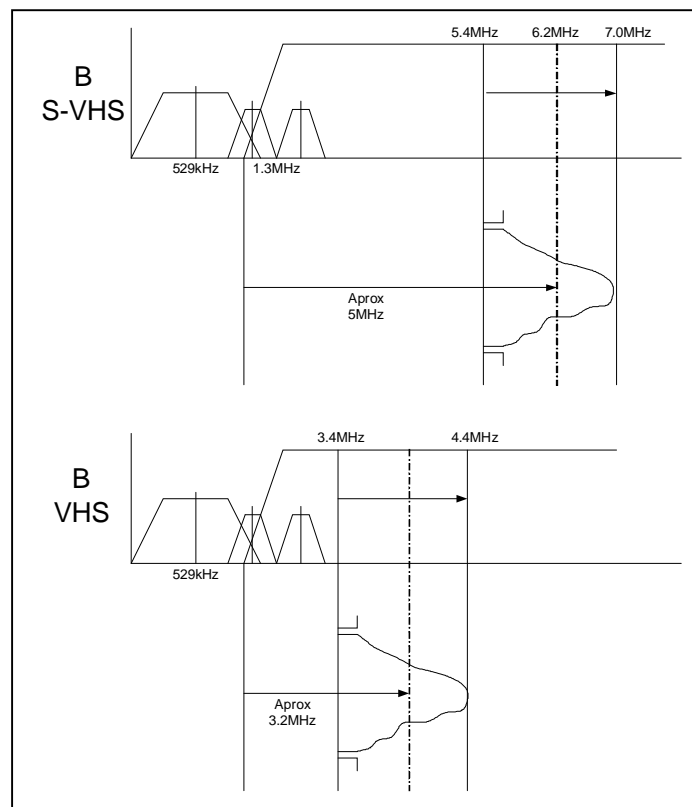


Figura 3.10A Distribución S-VHS

Figura 3.10B Distribución VHS

PLATAFORMA	LUMINANCIA	CROMINANCIA	LINEAS HOR	PIXELS
TV-COLOR	4.2 A 5.2MHz	0.5 A 0.6MHz	370	184000 aprox
S-VHS	5MHz	0.6MHz	415	184000 aprox
Hi 8	5.4MHz	0.6MHz	448	184000 aprox
LD (Disco láser)	5.5MHz	0.6MHz	457	184000 aprox
IDTV	8MHz	1MHz	664	184000 aprox
HDTV y DVD	10MHz	1MHz	1000	184000 aprox

Tabla 3.2. La Definición En Varias Plataformas Visuales

Todos los valores de la tabla 3.2 son aproximados y se indican de manera informativa y de comparación relativa. En cuanto a las plataformas analógicas se acostumbra usar los valores de frecuencias y líneas, mientras que en las plataformas digitales de DVD y de HDTV, se utiliza comúnmente el término pixel.

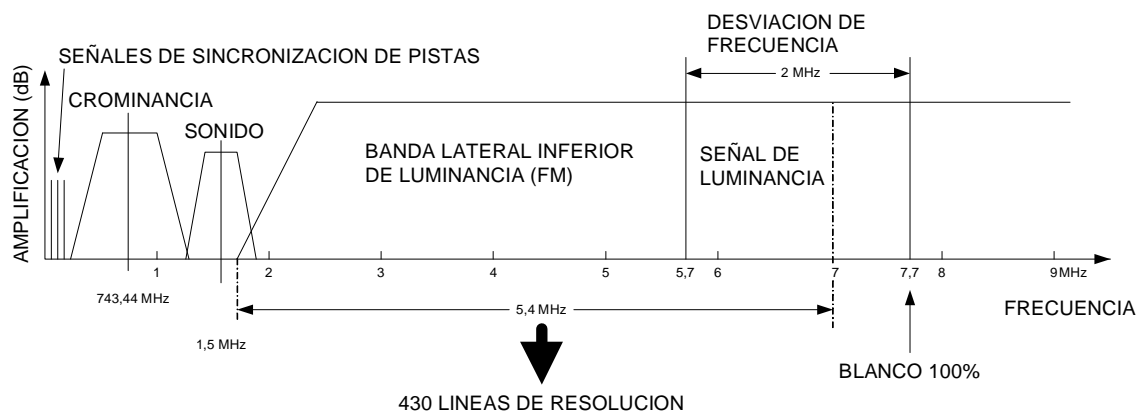


Figura 3.11 Señal de video compuesta

Los valores señalados para los medios digitales obligan entonces a reducir la cantidad de bits involucrados por medio de la compresión de señales. El valor de esta reducción es de unas 40 veces se ilustra en la Figura 3.12.

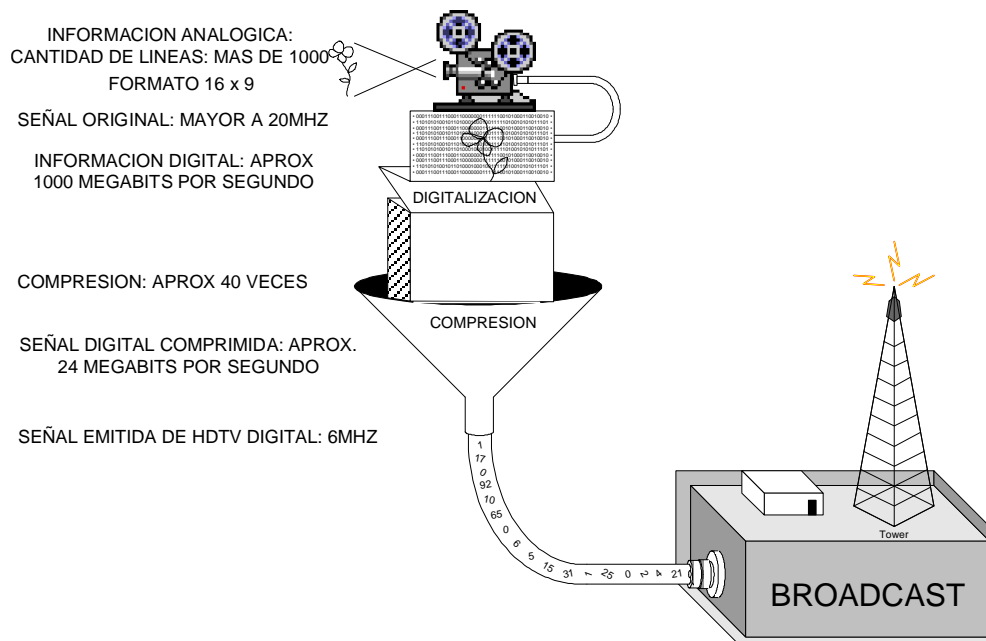


Figura 3.12 Reducción de bits en compresores digitales

Para llegar a este tipo de compresión de señal debemos analizar diferentes factores que nos obligan a adoptar este grado de definición en primer término. La información de video de un sistema digital de HDTV de mas de 1000 líneas verticales en un formato 16:9, requiere cerca de 1000 Megabit por segundo, es decir, 1 Gigabit por segundo, y en consecuencia ocupa un ancho de banda de más de 20MHz. Para reducir esta señal debemos introducir una reducción de datos digitales que permitan llegar a un flujo de datos de 24 Megabits por segundo. Este es el valor necesario para permitir esta señal en un canal de sólo 6MHz de ancho de banda. Estos son valores aprobados por el ATSC (Advanced Televisión System Committee) en los Estados Unidos.

Para lograr este tipo de compresión se depende principalmente de tres factores: la estimación del movimiento (es decir, la diferencia entre una imagen y la siguiente), la transformada discreta de coseno (DCT) como instrumento matemático para realizar los cálculos complejos pertinentes, con una codificación ponderada y la codificación de longitud variable (VLC).

Estos factores se logran en los sistemas de codificación del MPEG (Motion Picture Expert Group) de donde su acrónimo MPEG. Las primeras variantes usadas fueron el MPEG-1 y el MPEG-2, que fueron propuestos a partir de 1994

para la normalización de todos los sistemas dedicados a la compresión de señales digitales de televisión de los cuales hablaremos más adelante.

3.3.2 Bloques circuitales de los sistemas MPEG

Existen varios sistemas de codificación de señales, como el MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, y otros, pero en principio sus métodos se basan en propuestas similares. Para ilustrar este concepto podemos analizar una imagen en “reposo” o imagen detenida que sólo posee relaciones y dimensiones espaciales. Al estar detenida en el tiempo, no posee relaciones o dimensiones temporales.

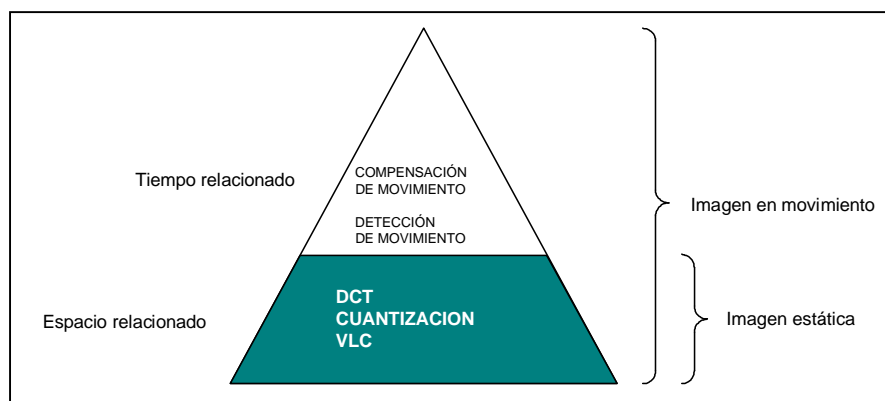


Figura 3.13 Parámetros especiales de una imagen

En la Figura 3.13 vemos un triángulo en cuya parte inferior se observan los parámetros espaciales de la imagen, representados por tres términos: la transformada discreta del coseno, la cuantización y la codificación de longitud variable. La conjugación de estos tres términos permite llegar a una compresión de imágenes detenidas. Se observa que se trata esencialmente de procesos matemáticos complejos.

Para expresar el movimiento de la imagen, debemos agregar una variante más, el tiempo. En la Figura 3.13 se observa en la parte superior este aspecto que comprende la detección del movimiento y su compensación como componentes temporales. Sólo la conjunción de las relaciones espaciales y temporales permite llegar a la compresión de señales representativas de imágenes en movimiento.

Debido a la gran cantidad de datos espaciales resulta necesario introducir un paso adicional que transforma las coordenadas espaciales en coordenadas de frecuencia. Este paso corresponde a una función matemática conocida como transformada discreta del coseno (DCT) y se ilustra en la Figura 3.14. Sin entrar por ahora en detalles relacionados con este proceso matemático, vemos en el rincón superior de la Figura 3.14 la imagen de una locomotora que es explorada en sentido horizontal y vertical para brindar un cuadro de 16 valores en su primer paso. Al aplicar la función matemática DCT, este cuadro se transforma en otro mas simple que se observa a la derecha de la figura y en el cual notamos que los cambios grandes de valores tiene lugar solo en los cuatro pixels del comienzo del cuadro, los demás pixels conservan valores casi constantes y por lo tanto cambian poco o nada. El proceso matemático de la DCT permitió transformar las coordenadas espaciales en coordenadas de frecuencia de menor variación intrínseca. No obstante, el volumen de datos que originalmente era de 128 bits, sigue en el mismo valor antes y después de la DCT.

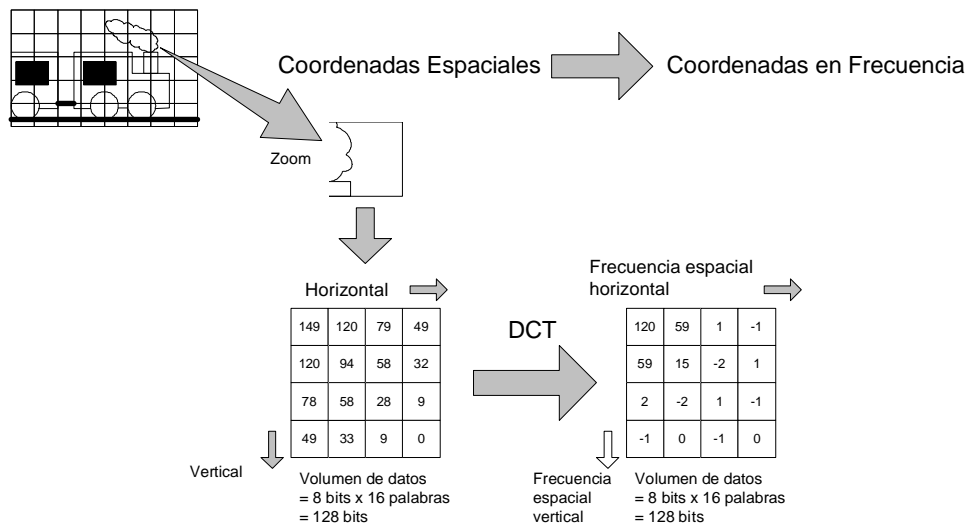


Figura 3.14 Transformada DCT

Para lograr una reducción real de los datos es necesario, aplicar un paso de cuantización como vemos en la Figura 3.15. Se observa que este proceso reduce los bits originales a 64 bits, sólo por el hecho de la cuantización. Este proceso

involucra el uso de una matriz de cuantización que se puede regular, y determina la calidad de la imagen final. Su resultado depende del tipo de matriz que se usa. Para lograr un proceso simple, es posible usar pasos uniformes para la cuantificación. Sin embargo existe una relación inversa entre las frecuencias espaciales y los pasos de la cuantización. Una frecuencia alta requiere pasos pequeños. Además, las frecuencias espaciales se comportan en forma similar al ojo humano y responden mejor a movimientos lentos que a movimientos rápidos. Por este motivo, al caer el valor de la frecuencia espacial, la tasa de compresión se reduce.

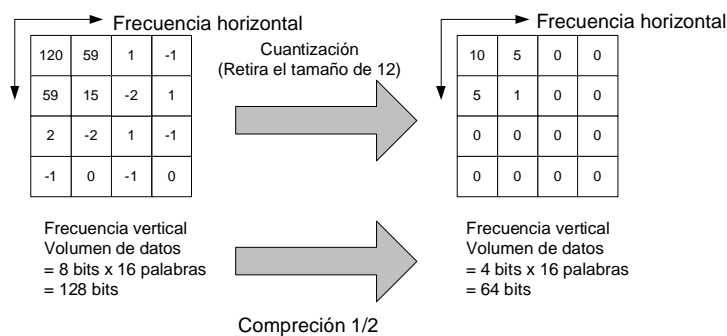


Figura 3.15 Cuantización

En la Figura 3.16 se observa este aspecto, al notar que los valores de la matriz de cuantización son más bajos en la zona de las frecuencias bajas y tensión continua, y mas altos en el extremo opuesto de las frecuencias altas. El bloque de valores obtenidos después de la aplicación de la DCT debe ser explorado para su transporte en forma de flujo digital serie. Esta exploración se efectúa en un esquema de zig-zag, como vemos en la Figura 3.17.

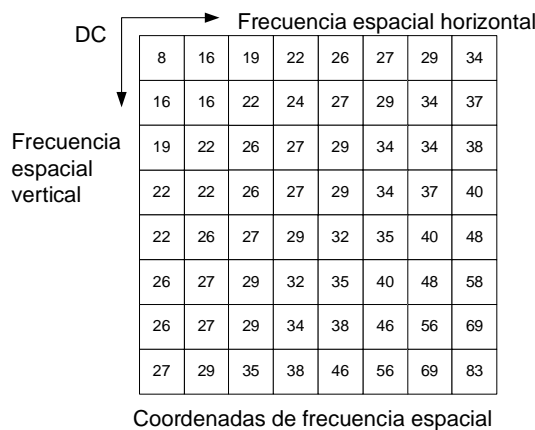


Figura 3.16 Coordenadas de Frecuencia espacial

La exploración y lectura en zig-zag se caracteriza por producir frecuentemente cadenas de ceros. Si se aplica en este caso una codificación dependiente de la longitud, como la conocida codificación de longitud variable VLC (Variable Length Coding), el resultado puede simplificarse con cierta facilidad. Los 16 valores originales del cuadro de 64 bits, pueden transformarse e identificarse con el uso de solo 6 valores binarios, con un total de 16 bits. Al transformarse 64 bits en 16 bits equivalentes, se logra una compresión de 4 veces ($64:4 = 16$). Uno de los códigos usados para esta operación es el código Huffman que tiene también amplia aplicación en equipos de Fax y otros. Todos estos pasos ilustrados en las Figuras 3.14 al 3.17 se refieren a las imágenes fijas, es decir, en reposo.

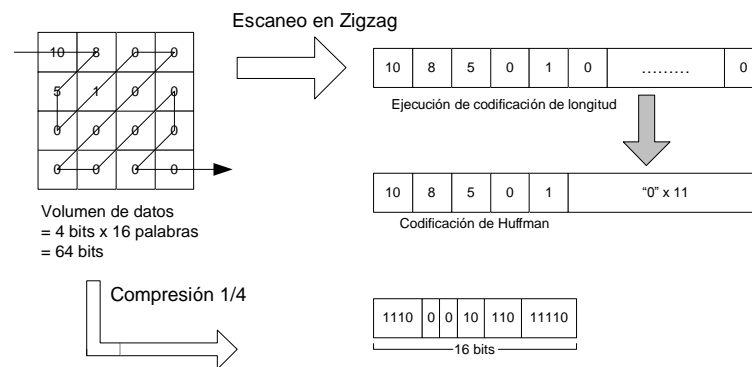


Figura 3.17 Exploración y Lectura en zig-zag y Compresión

Para introducir la compresión de señales en movimiento, es necesario agregar los pasos propios del movimiento, tanto de la detección del mismo, como de su compensación y lectura. En la Figura 3.18 vemos los bloques circuitales involucrados en este paso.

Si se considera una imagen en movimiento en forma similar a la que se usa en cinematografía: una sucesión de imágenes fijas, donde cada imagen siguiente tiene sólo pequeñas diferencias con respecto a la imagen anterior. Por lo tanto, no es necesario repetir cada una de las imágenes en forma total y por el contrario, sólo se registra las diferencias existentes en cada imagen con respecto a la primera imagen fija y detallada. Esto implica la creación de varios tipos de imagen

que por lo tanto son subdivididas en tres categorías: imágenes “I”, imágenes “B” e imágenes “P”.

Las imágenes “I” son del tipo de intracodificación. Se codifican cuadro por cuadro y por lo tanto son las que mayor cantidad de datos representan. Estas imágenes “I” se usan cada 15 páginas aproximadamente y su propósito es evitar la acumulación de errores predecibles. Este tipo de imagen “I” posee a su vez el grado de compresión más reducido. En la segunda categoría entran las imágenes “B” que resultan del cómputo y la codificación entre las imágenes “I” de referencia y las imágenes “P”. Se utilizan además para lograr la predicción de las diferencias que se observan al recrear los datos de imágenes “I” y “P” previas. En este tipo de imagen se logra una compresión mayor que la de las imágenes “I”.

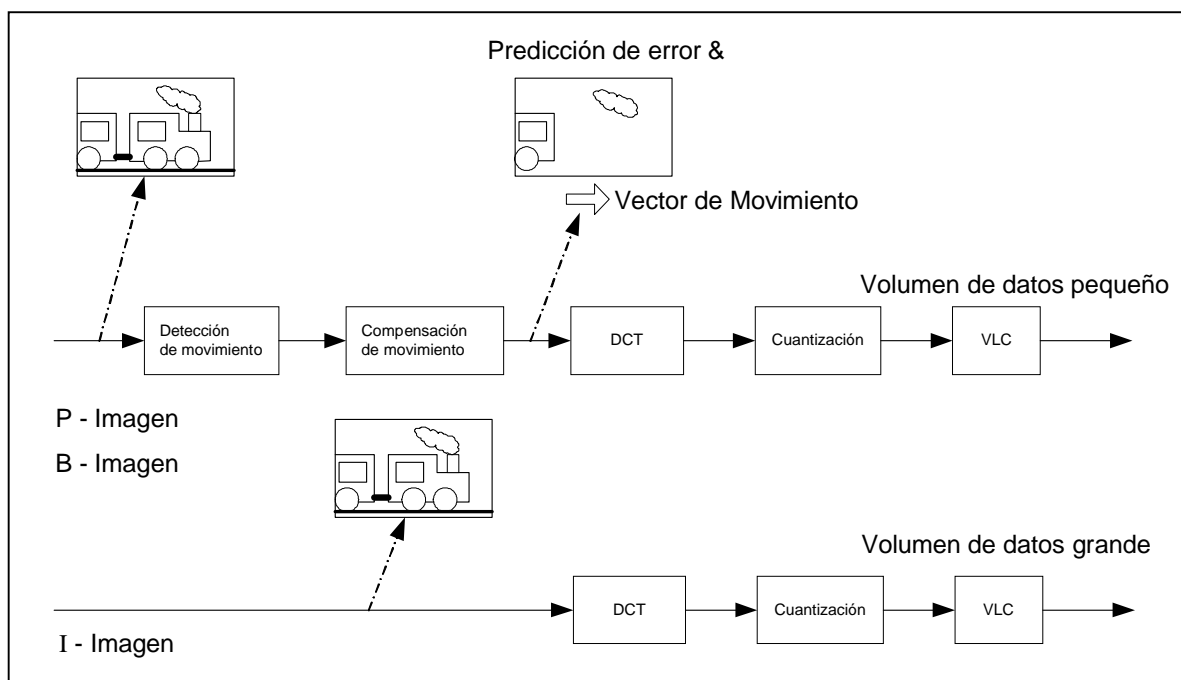


Figura 3.18 Bloques circuitales para compresión de señales en movimiento

El mayor grado de compresión surge sin embargo de las imágenes bidireccionales de la categoría “B”. En esta categoría se codifican los datos de las diferencias entre la imagen “B” actual y las imágenes “I” o “P” previamente procesadas. La compresión del volumen total de datos guarda entonces una relación de 6:3:1 para las categorías “I”; “P”; “B”. Por cada imagen “I” existen tres imágenes “P” y seis imágenes “B”. La Figura 3.18 indica que la compensación del

movimiento se basa en la predicción de errores y la creación de un vector de movimiento que es sometido a la evaluación matemática de la DCT vista anteriormente. A ello se suma el proceso de cuantificación y el paso del VLC.

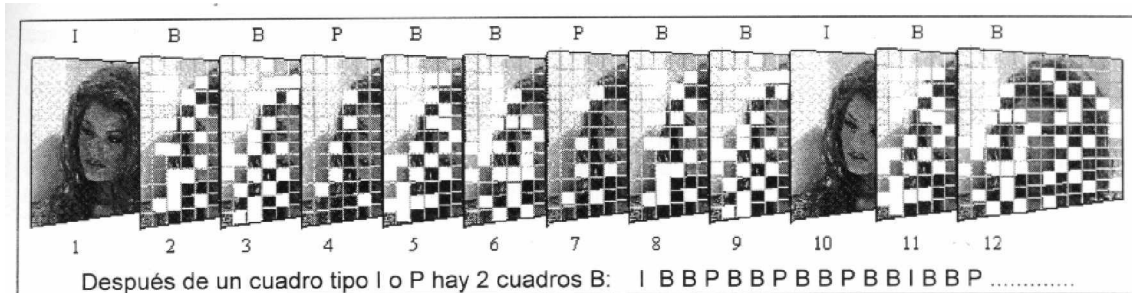


Figura 3.19 Relación de 6:3:1 para imágenes "I"; "P"; "B"

En este proceso del MPEG existe la posibilidad que se produzcan errores en algunas de las imágenes "I", "P", o "B". La estructura propia de estas imágenes puede entonces producir una propagación de estos errores de la siguiente manera. Si el error ocurre en un dato de cuadro "I" puede propagarse durante varios cuadros. En forma similar un error en el cuadro P afectará los cuadros "P" y "B" relacionados, mientras que un error de un cuadro "B" quedará aislado. De esto, resulta conveniente desarrollar técnicas de "ocultación" (concealment) para prevenir esta propagación de errores y en consecuencia mejorar la calidad de imagen.

Existen dos enfoques que se usaron para la ocultación de errores en los cuadros "I": el reemplazo temporal y la interpolación espacial. El reemplazo temporal permite lograr datos de imagen de alta resolución como sustitutos de los datos perdidos, pero en áreas de movimiento puede existir una diferencia significativa entre un cuadro intracodificado corriente y otro previamente decodificado. En este caso, el reemplazo temporal producirá grandes distorsiones, salvo que se pueda aplicar al decodificador algún procesamiento basado en el movimiento. Este tipo de proceso sin embargo no está disponible, en forma permanente ya que implica una tarea compleja bajo el punto de vista computacional. A diferencia, un enfoque de interpolación sintetiza los datos perdidos a partir de bloques adyacentes en el mismo cuadro. En la interpolación espacial se aprovecha la redundancia en los Intra-frames, si bien puede quedar un efecto de borrosidad debido a la falta de coeficientes DCT de orden elevado en las áreas activas.

Para dar solución a este tipo de problemas fue desarrollada una técnica de ocultación adaptable de errores. En este esquema, es necesario usar el reemplazo temporal o la interpolación espacial, ya que se basan en medidas de la actividad de la imagen que se pueden obtener fácilmente a partir de macrobloques vecinos, que toman en cuenta el movimiento local y los detalles espaciales de la imagen. Si el movimiento local es menor que el detalle espacial, los bloques corruptos pertenecen a una clase en la cual se aplica el reemplazo temporal. Cuando por otra parte el movimiento local es mayor que el detalle espacial local, los bloques corruptos pertenecen a una clase que será ocultada por medio de la interpolación espacial.

El proceso de ocultación general consiste entonces de dos etapas. Primero se aplica el reemplazo temporal a todos los bloques corruptos de esta clase en el cuadro completo. Después de este paso de reemplazo temporal, es más probable que los bloques dañados pero no ocultados, estén rodeados de bloques de imagen válidos. En este caso se somete a un paso de interpolación espacial. El resultado será una imagen menos borrosa o con áreas borrosas muy reducidas. Se logra así un buen compromiso entre distorsión y borrosidad. El algoritmo necesario usa algunas medidas simples que se logran en el decodificador y permiten una adaptación entre modos de ocultación espaciales y temporales. Se observa que este mismo método puede usarse también para los bloques de cuadros "P" y "B", con sólo modificaciones ligeras.

Varios otros métodos fueron desarrollados también para mejorar aun más la exactitud de la ocultación. El primero es un algoritmo de ocultación espacial que usa interpolación direccional. Este algoritmo utiliza información espacial correlacionada con los bordes a partir de un ambiente de pixels que rodean el espacio determinado y ejecuta la interpolación direccional o multi-direccional para restaurar el bloque faltante.

El segundo método está basado en vectores de imagen "I". La información del movimiento es muy útil para ocultar pérdidas en las imágenes "P" y "B", pero no se encuentra disponible para imágenes "I". Si se puede disponer de vectores de movimiento para todas las imágenes MPEG, incluidas imágenes "I", como

ayuda para la ocultación de errores, sería posible un funcionamiento adecuado de ocultación de errores sin la complejidad del proceso espacial adaptable.

En consecuencia se adopta una extensión de la sintaxis en la cual los vectores del movimiento pueden transmitirse en una imagen "I" como redundancia para los fines de la ocultación de errores.

Un tercer algoritmo es la versión de refuerzo de un algoritmo adaptativo espacio-temporal. La idea básica de este algoritmo es el uso de un promedio ponderado de información espacial y temporal en lugar de esta información sola para ocultar bloques faltantes. La estimación del reemplazo temporal es aún más reforzado por el uso de vectores de movimiento de sub-macrobloques. En lugar de aplicar un solo vector estimado sobre un macrobloque completo, para crear un reemplazo temporal que puede producir efectos perniciosos, cada una de las regiones del sub-macrobloque (por ejemplo regiones de pixels de 2x2 o de 4x4), es sometido a un reemplazo temporal, con sus propios vectores de movimiento estimados. Los vectores de movimiento asociados con cada una de las regiones del sub-macrobloque es obtenido por medio de una interpolación suave del campo del vector de movimiento, lo que resulta en un valor estimado de reemplazo temporal que es continuo en los bordes del macrobloque y se ajusta correctamente con los macrobloques vecinos.

Los procesos de compresión de señales de audio y video siguen diferentes pasos, como los que corresponden a las normas MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 y de muchas otras que ahora se puede utilizar. Pero de una manera general siguen el curso de acción mencionado.

3.3.3 Análisis matemático del proceso de compresión

Para poder efectuar este análisis debemos recurrir en primer término a una exposición ordenada de los posibles algoritmos de codificación de video. En los mismos se destacan los siguientes parámetros. Todos los sistemas de TV se basan en una transmisión secuencial de cuadros. En las mismas se observa que

todas las secuencias de video contienen una significativa cantidad de redundancia estadística y subjetiva, tanto dentro de cada cuadro como también entre cuadros.

El rendimiento y la calidad de las técnicas de compresión de video dependen de la cantidad de redundancia contenida en la imagen, así como de la Técnica de Compresión particular utilizada en cada caso. Para lograr resultados optimizados en los esquemas de compresión prácticos se busca el compromiso entre una alta compresión con suficiente calidad y una complejidad de implementación no exagerada o inaccesible para los fines prácticos.

De esta manera se produce una primera gran división, al separar los algoritmos en dos clases: Los algoritmos sin pérdidas y aquellos con pérdidas. Los algoritmos sin pérdidas reducen los datos de la imagen o de la señal de video destinada al almacenamiento o a la transmisión pero mantienen la calidad de la imagen. En este caso la calidad de la imagen decodificada debe ser idéntica a la calidad de la imagen previa a la codificación. Este proceso es reversible. Los algoritmos con pérdidas por otra parte buscan obtener una tasa de bits determinada para el almacenamiento o la transmisión.

Este proceso es no reversible. En la Figura 3.20 podemos observar algunas de las técnicas usadas para lograr ambos tipos de compresión de señal.

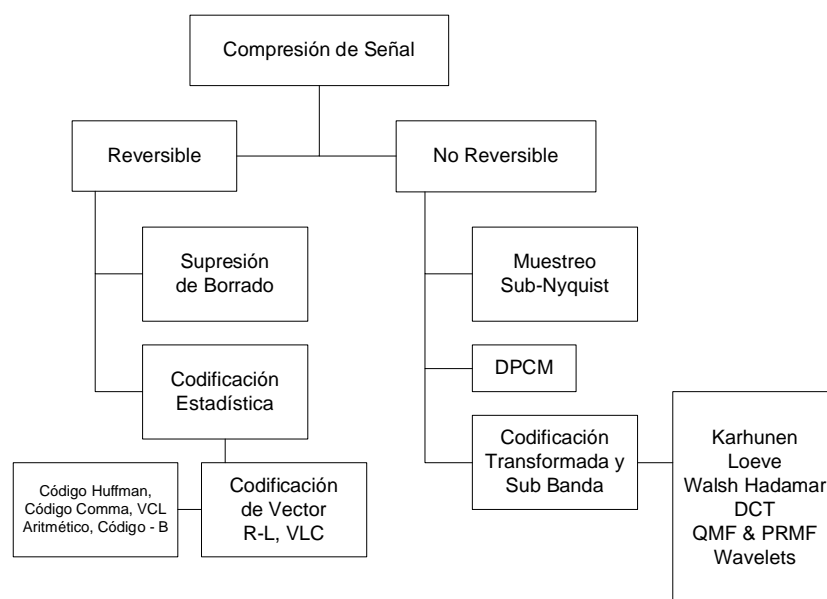


Figura 3.20 Tipos de compresión de señal

Al analizar cuidadosamente todas estas técnicas, tanto del tipo reversible como no reversible, observamos que las técnicas normalizadas para la codificación de video y de imágenes son estadísticas por naturaleza.

También resulta evidente que las secuencias de video usualmente contienen redundancias estadísticas tanto en el dominio espacial como en el temporal. La propiedad estadística básica sobre la que se basan las técnicas de compresión es la correlación entre elementos, incluida la correlación del movimiento traslatorio entre cuadros consecutivos.

En algunas circunstancias, por ejemplo en cambios de video, la correlación temporal entre cuadros próximos es pequeña o aún mínima. En este caso las técnicas de codificación intra-frame son apropiadas para explorar la correlación espacial del dato.

En casos donde la correlación entre cuadros próximos es alta, por ejemplo los cuadros con contenido similar o idéntico, es deseable utilizar técnicas de codificación inter-frame utilizando una predicción temporal. Para reducir entonces la dimensión de la señal de video se recurre al submuestreo. El concepto de submuestreo consiste en reducir la dimensión de la señal de video en la entrada tanto en la dirección horizontal como vertical. Esto reduce el número de pixels que deben ser codificados.

En algunas aplicaciones la señal de video también es sometida a submuestreo en la dirección temporal, para reducir la tasa de cuadros. En este caso se produce en el receptor una interpolación de las imágenes decodificadas. En muchos de los esquemas de codificación, primero se dividen las imágenes en las componentes YUV y después las señales de crominancia son submuestreadas respecto a la señal de luminancia.

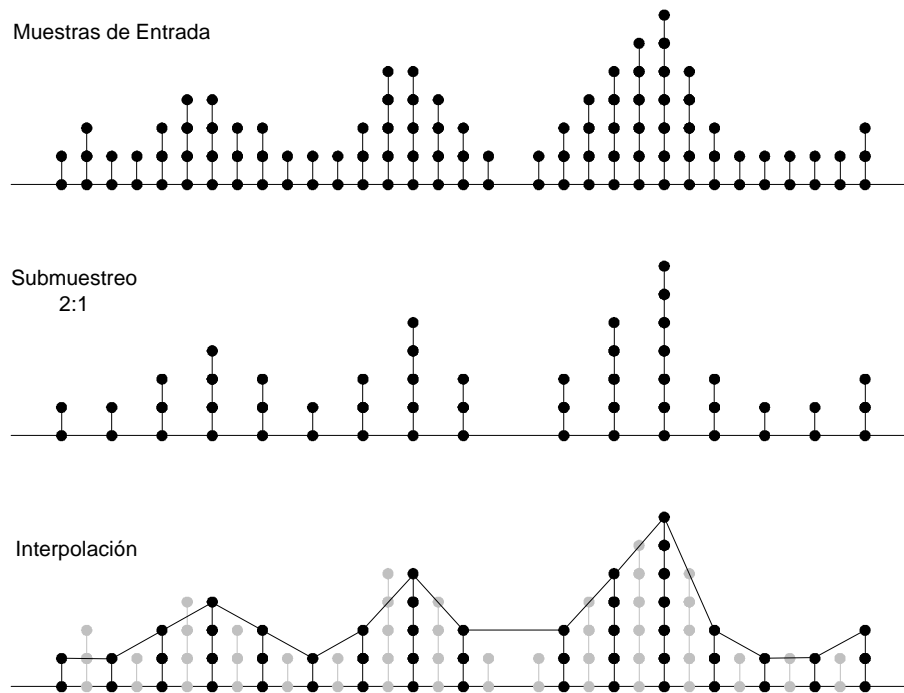


Figura 3.21 Ejemplo de muestreo e interpolación

En la Figura 3.21 vemos un ejemplo típico de submuestreo e interpolación. El tipo de codificación reversible puede llamarse también Codificación de Entropía. En este método usualmente los cuadros son cuantizados usando 8 o 10 bits por componente de color. Sin embargo, no todos los valores de color ocurren con igual probabilidad dentro de las escenas de video.

Esto es aprovechado para asignar a los valores que poseen menor probabilidad, palabras de código más largas y viceversa, reduciendo así el número promedio de bits por palabra. Uno de los códigos usado en este caso es el de Huffman, que se puede combinar adicionalmente con códigos del tipo de Longitud Variable, conocidos también como Run-Length o VLC (Variable Length Code).

En este tipo de código se asocia a una palabra de código un par de valores de entrada que representan por ejemplo el número de pixels consecutivos a lo largo de una línea (run) con los mismos valores de color (length). Estos dos valores se codifican con una sola palabra.

En la siguiente expresión se puede determinar la cantidad mínima de datos necesarios y suficientes para describir una imagen sin pérdida visible de información,

$$I(X_k) = -\log_2 P_k \text{ bits}$$

donde

$I(X_k)$ = Medida de la información recibida

P_k = Probabilidad de ocurrencia del evento

Como la información está relacionada a la incerteza del mensaje y una descripción parcial de la fuente está dada por el promedio del contenido de Información, podemos expresar

$$H(X) = E[I(X)] = \sum_{k=1}^k P_k \log_2 P_k \text{ bits / simbolo}$$

La entropía nos indica entonces a que tasa promedio mínima podemos transmitir una información dada, por ejemplo si tenemos una secuencia de 65 caracteres con las siguientes letras y la frecuencia en la cual aparecen:

La entropía será de $H(X) = 2.219$ bits/símbolo, es decir el mensaje podría ser codificado con $2.219 \times 65 = 144.235$ bits.

Usando el código Huffman, asignado:

$$E=1, I=0110, N=000, P=010, S=0111, T=001,$$

el mensaje se codificaría con 146 bits, en lugar de usar 3 bits por carácter para 65 caracteres igual a 195 bits.

Los valores obtenidos por este método de la entropía, pueden ser reducidos aun más por el código VLC. En este caso se reemplaza una corrida consecutiva del mismo símbolo por una copia de este símbolo y un conteo que indica la cantidad del mismo. Este método requiere sin embargo un elemento adicional que codifica las cadenas con poca repetición. De otra manera podrían crecer estas cadenas cortas con exceso.

Este problema se evita codificando símbolos simples o corridas cortas sin cambio y usando un carácter de escape para indicar una corrida.

Por ejemplo, codificamos la cadena siguiente:

abccccccdddeeeeeefggggggg#hhhhhhhhhh

Para codificar una corrida, la misma debe tener como mínimo 4 caracteres por lo tanto sólo las cadenas de 5 o más caracteres serán codificadas. El resultado de este proceso del VLC es:

ab#c07ddd#e08f#g07##01#h11

La cadena que tenía 40 caracteres antes del VLC, ahora tiene sólo 26 caracteres. El siguiente paso del proceso es la Codificación Predictiva. En este tipo de codificación la redundancia en la señal de video es determinada desde los pixels vecinos, dentro del cuadro o entre cuadros.

Una predicción aproximada del pixel a ser codificado es hecha desde la información codificada previamente que ha sido transmitida. Esta información se cuantiza y codifica por la entropía y se establece la diferencia entre el píxel de predicción y el actual. Este método se conoce como DPCM (Differential Prediction Code Modulation). Los métodos predictivos pueden ser combinados con los métodos del VLC.

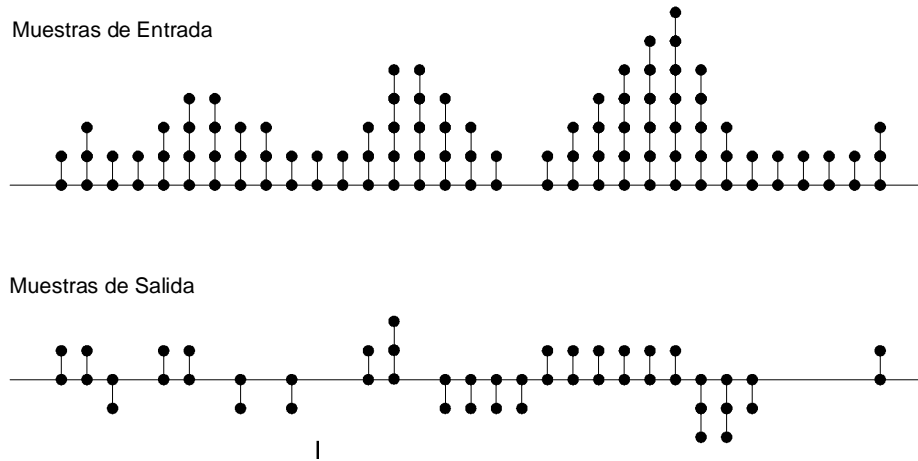
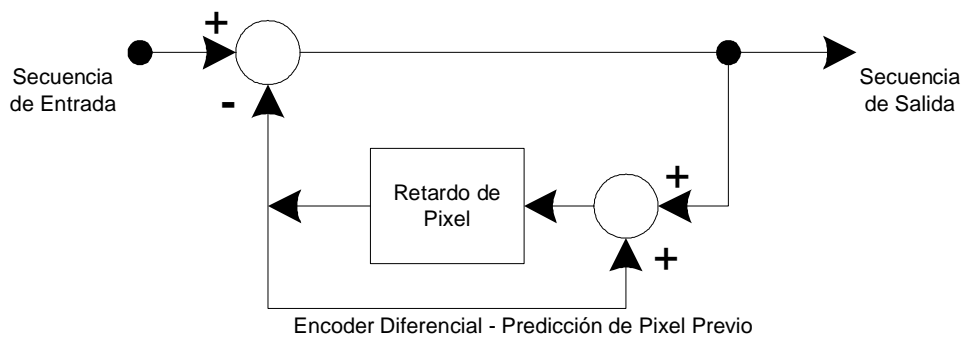


Figura 3.22 Esquema del DPCM

En la Figura 3.22 observamos un esquema del DPCM. En el DPCM se usa la cuantización del error de predicción del pixel para limitar el rango dinámico. En la Figura 3.23 vemos una ilustración de este concepto. Para completar el proceso de la compresión de la señal, es necesario tomar en cuenta también la predicción compensada del movimiento, para lograr la reducción de las redundancias temporales entre cuadros.

Este tipo de compensación es usado en varias normas oficiales, tales como H.261, CCIR723, MPEG-1, MPEG-2 y MPEG-4. Como sabemos, los métodos del MPEG son usados en la ATSC (Advanced Television System Committe) y el DVD (Digital Versatil Disc o Digital Video Disc).

El concepto de compensación de movimiento está basado sobre la estimación del movimiento entre cuadros, que puede ser descrito por un limitado número de parámetros. No se codifica en este caso el vector de movimiento para un pixel simple, sino para un grupo, conformándose un vector para bloques disjuntos de la imagen, por ejemplo de 16x16. Se basa este proceso en el análisis de dos cuadros consecutivos, el Cuadro Actual (N) y el Cuadro Previo (N-1).

Se establece un bloque de muestreo en el cuadro (N) y se compara la posición relativa de este bloque en el cuadro (N-1). Al existir un movimiento entre los cuadros (N) y (N-1), el bloque de referencia se encuentra desplazado en el cuadro (N-1) con respecto al cuadro (N).

Se usa entonces una técnica de comparación de bloques (Block Matching) que resulta en una estimación del movimiento y da lugar a un vector de movimiento (mv) para cada bloque en el cuadro actual N que debe ser codificado.

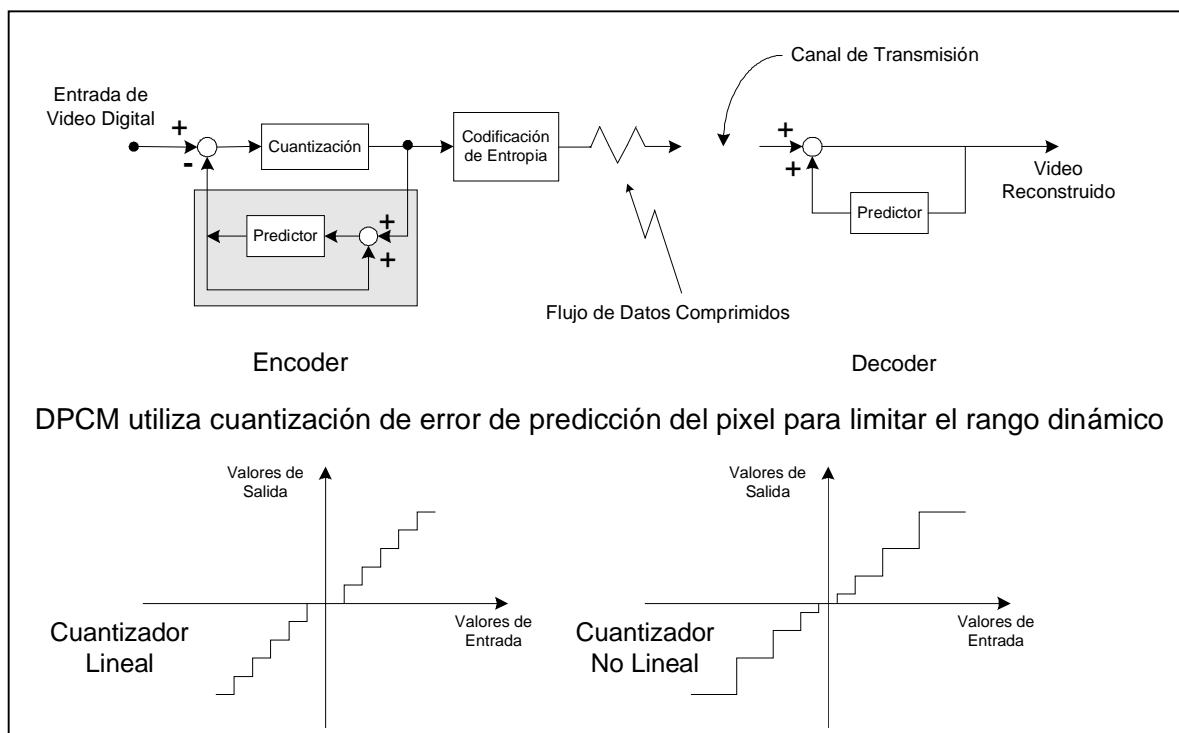


Figura 3.23 Cuantización del error de predicción de pixel

El vector apunta a un bloque de referencia en el cuadro previo (N-1). El error es calculado restando cada pixel en el bloque de su contrapartida en el bloque de referencia del cuadro previo. Para lograr un computo más accesible y procesable por los circuitos integrados que actúan de procesadores en los equipos reales, resulta conveniente introducir una operación matemática en todo el esquema matemático, es decir la Codificación en el Dominio Transformado. El propósito de la Codificación en el dominio de la frecuencia es decorrelacionar el contenido de la imagen y codificar los coeficientes de la Transformada en vez de los pixels originales.

Para este fin se divide la imagen en bloques disjuntos de b pixels ($N \times N$ pixels). La transformación puede ser representada por una operación matricial usando una matriz Transformada A ($N \times N$) para obtener ($N \times N$) coeficientes c .

$$c = A b A^T \text{ donde } A^T = \text{Transpuesta de } A$$

La transformación puede invertirse para obtener los b pixels.

$$b = A^T c A$$

Por razones de aplicación práctica, se elige la Transformada Discreta del Coseno (DCT) que permite una introducción práctica de sus algoritmos en el Hardware afectado. En la DCT un bloque de N muestras de video es transformado para dar N coeficientes. Aclaremos que este paso no introduce de por sí ninguna compresión de señales, pero permite una utilización mas racional de los datos disponibles.

Entre las técnicas de Transformadas, la DCT se considera la más eficiente entre las que se pueden implementar.

Cada coeficiente representa la amplitud de un patrón específico dentro del bloque. El bloque de imagen original es expresado como una serie de 2-D en términos de este patrón ortogonal. El proceso es similar a la serie de Fourier FFT 2-D (f_x, f_y), excepto que los coeficientes de la DCT son reales.

La ventaja operativa de este proceso consiste en una simplificación del cálculo debido a que la distribución de muestras de amplitud en el dominio de la señal de video es generalmente uniforme, mientras que la transformada concentra la energía en coeficientes que representan las frecuencias espaciales más bajas

Se ilustra este aspecto en la Figura 3.24.

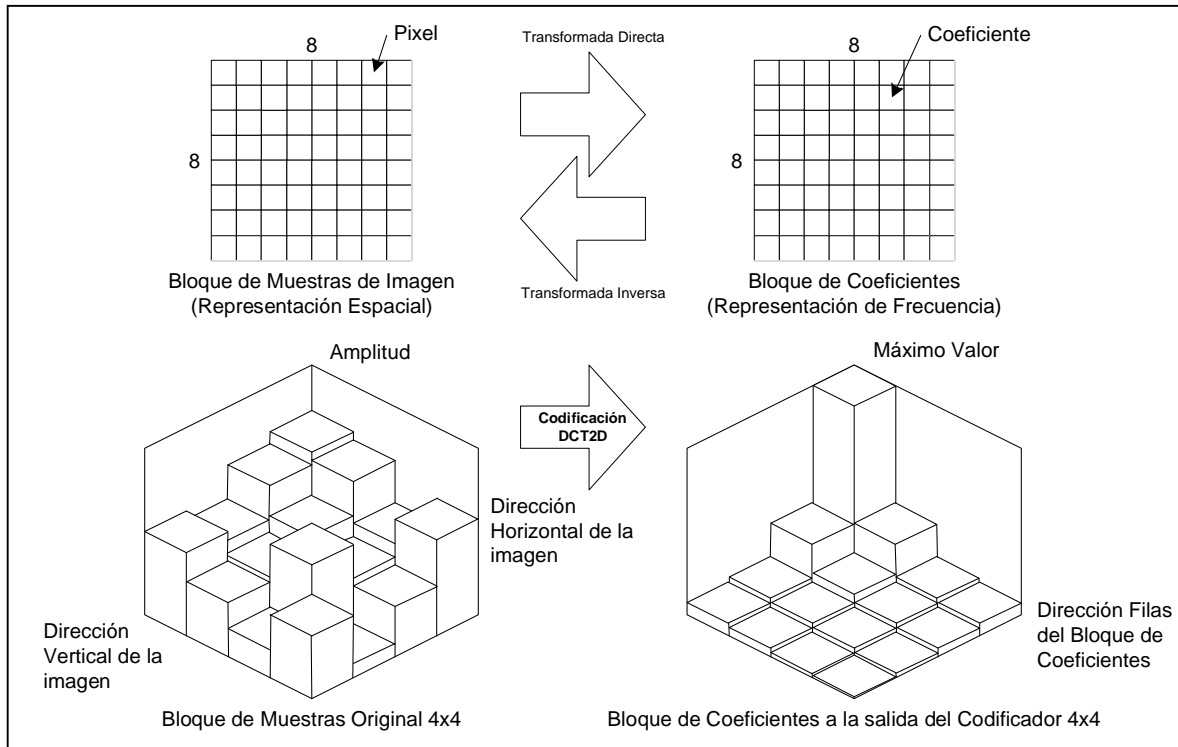


Figura 3.24 Transformada discreta del coseno DCT

Se observa en esta figura que la DCT provee la misma información que el bloque original, pero en una manera que puede ser comprimida más fácilmente. Componentes de baja frecuencia ocurren a menudo con grandes amplitudes y los de alta frecuencia ocurren con baja probabilidad. A continuación vemos la representación matemática de la DCT que confirma lo dicho anteriormente en el sentido de que la DCT por si misma no logra ninguna reducción del dato. Si el pixel está representado por 8 bits, el coeficiente correspondiente puede necesitar típicamente 11 12 bits, debido a la precisión numérica necesaria. Pero un gran número de coeficientes serán cero o de muy bajo valor.

$$Z_{(k,l)} = \frac{1}{4} C_k C_l \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 z_{(i,j)} \cos \frac{\pi(2i+1)k}{16} \cos \frac{\pi(2j+1)l}{16}$$

$$z_{(i,j)} = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 C_k C_l Z_{(k,l)} \cos \frac{\pi(2i+1)k}{16} \cos \frac{\pi(2j+1)l}{16}$$

Donde: $C_k = \frac{1}{\sqrt{2}}$ para $k=0$ y $C_k = 1$;

$C_l = \frac{1}{\sqrt{2}}$ para $l=0$ y $C_l = 1$

Para reducir aún más los coeficientes se utiliza la Cuantización y Codificación de longitud Variable. La cuantización reduce la tasa de bits, redefiniendo el rango dinámico (o número de bits) permitido a cada coeficiente de la DCT. Cada coeficiente es ponderado según su posición a través de una matriz de ponderación.

Es importante aclarar el papel que le cabe a esta ponderación de los componentes de la señal de video. Los componentes de frecuencias altas reflejan siempre detalles de la imagen. A menor superficie del detalle, mayor es la frecuencia que lo representa.

Los componentes de mayor peso son aquellos que se representan por medio de frecuencias muy bajas y sobre todo los que corresponden a tensiones continuas debido a que estos componentes de la señal de video corresponden al brillo promedio de la imagen. Una alteración o representación errónea de estos valores afecta a la fidelidad de la imagen en el mayor grado posible. Una reproducción deficiente de las componentes de frecuencias altas sólo altera el detalle visible, pero no afecta en forma demasiado importante el aspecto general de la imagen.

De ahí surge la necesidad de la “ponderación” de las componentes de la señal de video. Todo ello causa que el coeficiente de “Continua” de un bloque transformado, requiera la más alta precisión y por los motivos expuestos debe ser cuantizado y codificado diferentemente al resto de los coeficientes. Cualquier error de cuantización en este bloque dará como resultado un efecto de “mosaico” u otros defectos muy visibles.

Además de este criterio. Los parámetros de cuantización son variados en concordancia con la ocupación del buffer de transmisión. Haciendo una cuantización más gruesa, se baja la tasa de bits a costa de una menor resolución. Este efecto es muchas veces visible en la transmisión de las señales comprimidas, las que se deterioran en momentos determinados por el exceso de resolución exigido.

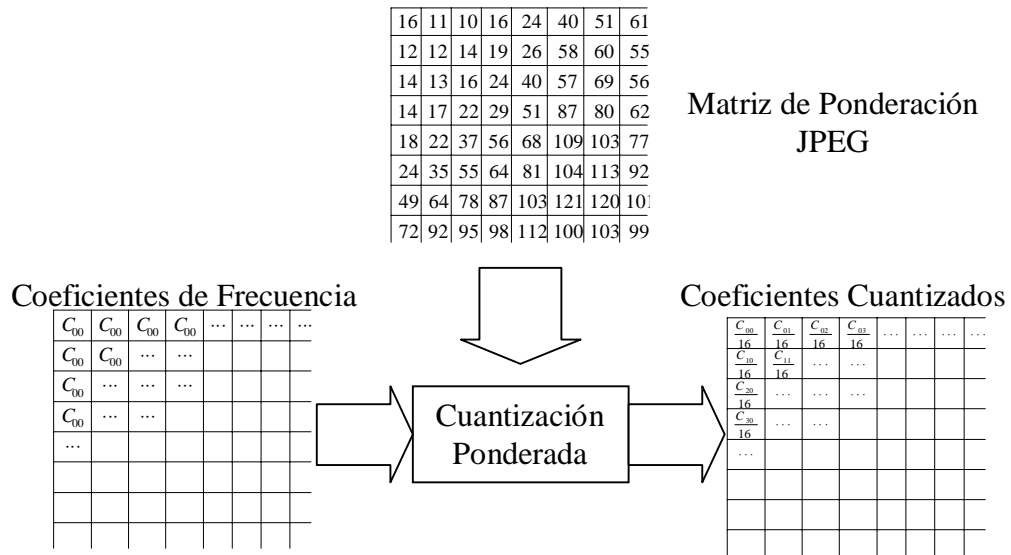


Figura 3.25 Ponderación

En la Figura 3.25 vemos el esquema usado para la ponderación. Se observa en este esquema como una distribución original aleatoria en un cuadro del JPEG (Joint Photographic Expert Group), norma usada en la transmisión de imágenes fijas, se somete al proceso de la ponderación para lograr los coeficientes mucho más reducidos y simples de coeficientes de frecuencia y de cuantización después de este proceso.

Después de descartar los coeficientes de más alta frecuencia, se cuantizan y codifican los restantes por entropía. Para lograr una forma de lectura más eficiente y ordenada, se procede a un orden decreciente que se obtiene por medio de una lectura en zig-zag, como vemos en la Figura 3.26.

Para obtener el máximo rendimiento del método DCT, se lo combina con el DPCM que se nombro anteriormente. Se aprovechan en este caso, en forma muy eficiente, las redundancias temporales y espaciales en las escenas de video. Primero se reduce la correlación temporal, usando predicción compensada en movimiento, para aplicar luego DCT a la DPCM del error de predicción. Finalmente los coeficientes DCT son cuantizados y codificados por entropía. En la Figura 3.27 vemos un esquema de esta codificación híbrida DCT/DPCM.

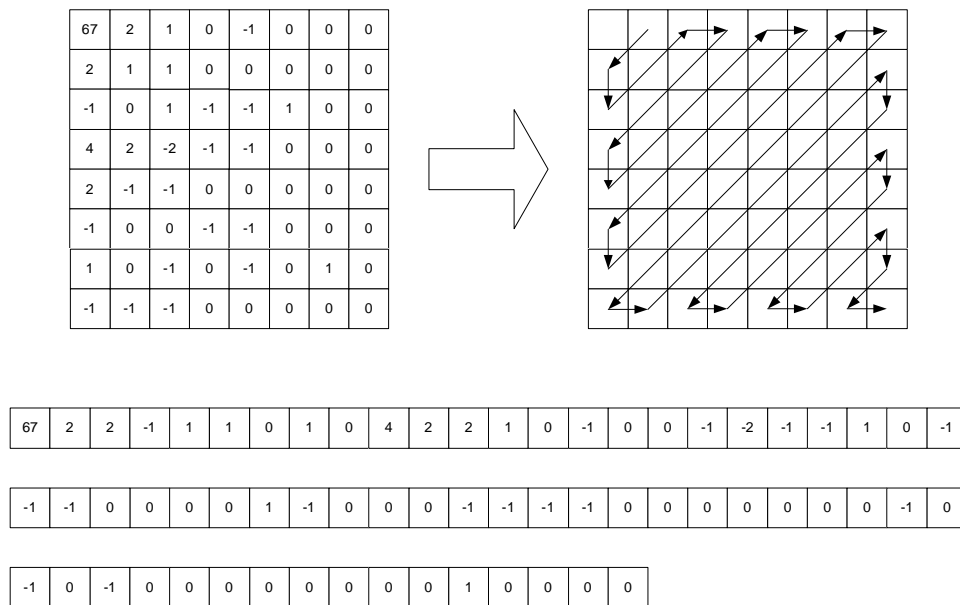


Figura 3.26 Lectura en zig-zag

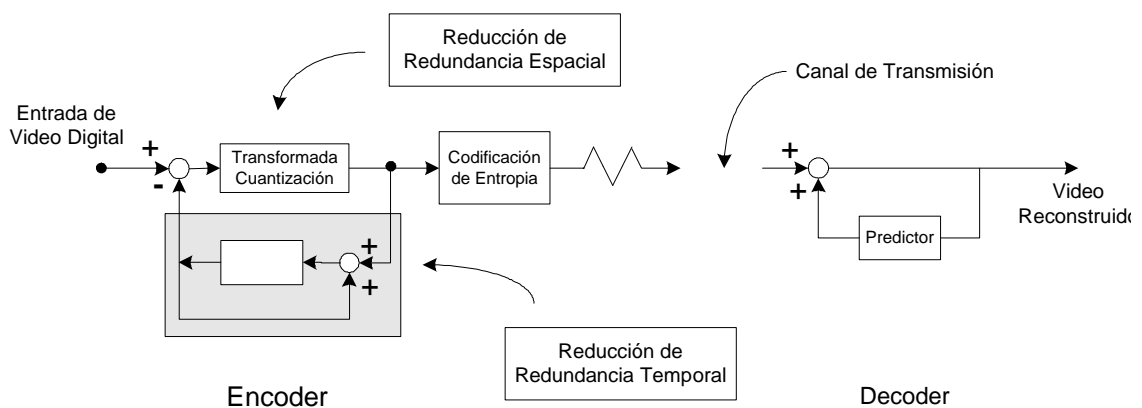


Figura 3.27 Codificación Híbrida DCT/DPCM

3.4 MPEG Estándares.

A principios de los años 80, en el área del multimedia, la migración de lo analógico hacia el mundo digital empezó a ganar terreno. Con la llegada del formato del disco compacto para audio digital, se produjo la transición de lo analógico es decir de discos de vinil y cintas de casetes hacia pequeños discos con música codificada en forma de datos binarios. Aunque el enfoque del formato

del disco compacto no fue la compresión, este prometía entregar música de alta fidelidad mientras ofrecía mayor resistencia a daños como rasguños en el disco. El siguiente paso fue el video digital o audio y video digital juntos; esto demanda notables avances en la compresión. En 1984, la Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telecomunicaciones (ITU-T Conocida formalmente como el Comité Consultativo Internacional de Telefonía y Telegrafía CCITT por sus siglas en inglés) empezó a trabajar en el estándar de codificación para video para la telefonía visual, conocida formalmente como estándar H.261 e informalmente como estándar $p \times 64$, donde $p = 1, \dots, 30$ (aunque empieza afuera de $n \times 384$ kbit/seg para video donde $n = 1, \dots, 5$). El estándar H.261 estaba en fase de maduración para 1988 mientras tomaban espacio otros adelantos para el video digital en el disco compacto, amenazando al estándar en 1989. Aunque esta área estaba fuera del alcance de la ITU-T, estaba sin el carácter de la Organización Internacional de Estándares (ISO), la cual respondió formando en 1988 un grupo llamado Moving Picture Experts Group (MPEG). El grupo MPEG fue creado para desarrollar técnicas de codificación de video y audio para lograr una buena calidad con una tasa total de bit de cerca de 1.4 Mbit/seg y un sistema de retroalimentación de la codificación de video y audio, con el disco compacto como punto de aplicación. La función del MPEG fue un código estándar práctico, oportuno, abierto, e interoperable que provea funcionalidad con el avance de la tecnología, bajo costo en la implementación y un potencial desempeño para mejoras incluso después de que el estándar haya sido completado.

Para Septiembre de 1990, el comité MPEG avanzó en el estándar que fue generado originalmente con la maduración de la fase del proyecto comité CD (committee draft), es decir mejorándolo debido a que se encontró problemas para conseguir los objetivos donde solo los cambios tecnológicos lo permitirían. Al mismo tiempo, una gran cantidad de requerimientos aparecen para un estándar para la TV digital demandando alta calidad, y eficiencia en la codificación del video entrelazado; así, comenzó una nueva fase de trabajo, la segunda fase del estándar, MPEG-2. El MPEG original, fue llamado MPEG-1, y fue aprobado oficialmente como un estándar internacional (IS) en Noviembre de 1992, y la segunda parte del trabajo alcanzo la fase de CD en Noviembre de 1993. En 1993, MPEG también empezó una tercera fase llamada MPEG-4; el objetivo original del

MPEG-4 fue un código de video con una tasa de bit muy baja y fue modificado para codificar objetos audiovisuales en Julio de 1994. El estándar MPEG-2 fue aprobado en Noviembre de 1994, dos años después que el MPEG-1. Muy recientemente, algunas nuevas partes han sido adheridos al MPEG-2. Mientras que el MPEG-4 fue subdividido en dos partes, la parte básica (versión 1) y algunas extensiones (versión 2 y consiguientes). Incluso antes de que el estándar MPEG-4 alcance el estado de CD, un nuevo tema para el futuro del MPEG fue encontrado; el enfoque del siguiente estándar MPEG era ser un interfase de descripción de contenido multimedia, diferente de la codificación tradicional del multimedia. Este estándar, ahora llamado MPEG-7, fue iniciado a finales de 1996. Al mismo tiempo el MPEG-4 versión 1 (estándar básico) estaba listo para pasar al estado CD y camino a ser aprobado como IS, el MPEG-4 versión 2 (extensión) está actualmente en el estado de CD. El trabajo del MPEG-7 después de estar en fase de desarrollo para Octubre del 2000 ya se encontraba en estado CD y para Septiembre del 2002 se aprobó por la organización internacional de estandarización ISO.

En Octubre de 1996, en reconocimiento de los logros del MPEG en el área de la estandarización de la compresión de video, se presentó al MPEG con el premio Emmy para los estándares MPEG-1 y MPEG-2. Este gesto simbólico también representa el incremento en importancia de la tecnología MPEG para los medios de consumo y para la sociedad en general. Cada estándar MPEG comienza por la identificación del alcance emitiendo un llamado a las propuestas entrando así a dos fases siguientes. La primera fase es una fase competitiva que involucra pruebas y evaluaciones de las propuestas candidatas para seleccionar unas pocas y mejores propuestas, las cuales serán usadas como principio para la segunda fase. La segunda fase involucra un desarrollo conjunto de los componentes mediante un interactivo refinamiento del modelo de experimentación (descripción de la codificación). Todo esto acompañado por la definición de un grupo de experimentos centrales. La tabla 1 muestra algunos estándares MPEG y sus etapas.

Estándar	Inicio	Pruebas y evaluación	Comité draft (CD)/ final CD (FCD)	Estándar Internacional (IS)
MPEG-1	May 1988	Octubre 1989	Septiembre 1990	Noviembre 1992
MPEG-2	Diciembre 1990	Noviembre 1991	Noviembre 1993	Noviembre 1994
MPEG-4 Versión 1	Julio 1993	Octubre 1995	Octubre 1997 / Marzo 1998	Mayo 1999
MPEG-4 Versión 2			Marzo 1999 / julio 1999	Febrero 2000
MPEG-7	Noviembre 1996	Febrero 1999	Octubre 2000 / Marzo 2001	Septiembre 2001

Tabla 3.3 Etapas de desarrollo de los estándares MPEG

Los códigos estándares MPEG no estandarizan los métodos de codificación o los detalles de los codificadores. Estos estándares solamente estandarizan la forma de representar los datos de entrada en el decodificador y una lista de reglas para interpretar dichos datos. El formato para representar los datos se refiere a la sintaxis y puede usarse para estructurar varias formas de tramas validas llamadas tramas de bit. Las reglas para interpretar los datos (tramas de bit) son llamadas *semántica de decodificación*, y el orden en la que se decodifica la semántica se refiere al *proceso de decodificación*. Así se puede decir que los estándares MPEG especifican un proceso de decodificación; sin embargo, esto es diferente de especificar la implementación del decodificador. Dado audio o video para ser comprimido, un codificador debe seguir una orden de pasos llamado proceso de codificación; este proceso de codificación es, sin embargo, no estandarizado y varia típicamente ya que los codificadores son de diferente complejidad y pueden ser usados en diferentes aplicaciones. También, debido a que el codificador no está estandarizado, continuas mejoras en la calidad continúan siendo posibles mientras se optimiza el codificador incluso después de que el estándar haya sido completado. La única constante es que a la salida del proceso de codificación el resultado será una trama de bits sintácticamente correcta que podrá ser interpretada de acuerdo a la semántica del decodificador mediante un maleable estándar de decodificación.

3.4.1 MPEG-1

El MPEG-1 es un estándar para almacenar y recuperar figuras en movimiento y audio en un medio de almacenamiento digital. La idea original del

estándar MPEG-1 era la de un video de buena calidad y audio alrededor de 1.4 Mbit/seg para aplicaciones en el Disco Compacto. Basados en la idea inicial de la aplicación, un número de requerimientos principales se derivaron y se enlistan a continuación:

Codificar video con buena calidad de 1 a 1.5 Mbit/seg y audio con buena calidad de 128 a 256 kbit/seg

Acceso aleatorio a un cuadro en un tiempo limite, por ej., puntos de acceso frecuente para cada medio segundo

Capacidad de adelantar y retroceder rápidamente, habilitando búsqueda y adelantado y/o retrocediendo mientras se mira la imagen varias veces en velocidad normal

Un sistema de sincronización para la retroalimentación, y de acceso para los datos audiovisuales

El estándar debe ser implementable en decodificadores prácticos en tiempo real con un costo razonable tanto en hardware como en software.

Además de los requerimientos anteriores, otros requerimientos también se presentaron, por ejemplo la resolución de la cantidad de figuras que soporta, la robustez ante errores, un compromiso entre calidad de codificación y retardo de codificación (150mseg a 1seg), y la posibilidad de codificar en tiempo real con un costo razonable. Para MPEG, el trabajo de desarrollar el MPEG-1 fue organizado en un número de subgrupos, y durante el período de un año desde la prueba hasta la evaluación, llego al estado estable de CD antes de empezar a ser aprobado como estándar 2 años después de la fase de CD.

El estándar MPEG-1 es llamado formalmente como ISO 11172 y consiste de las siguientes partes:

11172-1: Sistema

11172-2: Video

11172-3: Audio

11172-4: Conformidad

11172-5: Software

Los tres principales componentes (Sistemas, Video y Audio) del estándar MPEG-1 se describen a continuación.

3.4.1.1 Sistema MPEG-1

La parte de sistema del estándar MPEG-1 especifica la capa del sistema de codificación para la combinación de datos codificados de video y audio. Esto provee la capacidad de combinar con tramas de datos privados definidos por usuario así como tramas que probablemente serán definidas en el futuro. Para ser mas específicos, el Sistema MPEG-1 estándar define una estructura de paquetes para la multiplexación de audio y video codificado en una trama y manteniéndola sincronizada. Este soporta multiplexación de múltiples tramas de audio y video codificado, donde cada trama se refiere a una trama elemental. La sintaxis del sistema incluye campos de datos que permiten sincronización de tramas elementales y ayuda analizando las tramas multiplexadas después del acceso aleatorio, administración de los buffers de decodificador, e identificación del reloj del código del programa. Así el Sistema MPEG-1 especifica la sintaxis para permitir la generación de sistemas de tramas de bits y la semántica para decodificar estas tramas de bits.

El Reloj del Sistema de tiempo (STC System Time Clock) es la referencia de tiempo básico; este opera a 90 kHz y puede o no estar en fase cerrada para muestras de reloj individuales de audio o video. Esto produce una representación en tiempo de 33 bits y es incrementado a 90 kHz. En el Sistema MPEG-1, el mecanismo para generar la información de temporización para la decodificación de datos es entregada por los campos del Sistema de Referencia de Reloj (SCR System Clock Reference), que indican el tiempo y aparecen intermitentemente en la trama de bits, espaciados por no más de 700 mseg. La presentación en retroalimentación o la información de sincronización para la reproducción es suministrada por la Presentación de Muestras de Tiempo PTSs (Presentation Time Stamps) que representan el tiempo pensado para la representación de las imágenes de video decodificadas o muestras de audio. Los PTSs de audio o video son muestras de una base de tiempo común; los PTSs son muestras para asegurar 90 kHz.

Para asegurar la garantía de comportamiento del buffer del decodificador, el Sistema MPEG especifica el concepto de un Systems Target Decoder STD (Sistema de Decodificador Designado) y del Decoding Time Stamp DTS (Muestra de Cronometro Descifrado). La diferencia entre el DTS y el PTS es solo para el caso de imágenes que requieran de un retardo de reordenamiento adicional durante el proceso de decodificación. Este concepto básico de cronometro (timing) y la terminología empleada en el Sistema MPEG-1 son también comunes para los Sistemas MPEG-2.

3.4.1.2 Video MPEG-1

El estándar de Video MPEG-1 fue originalmente dirigido a la codificación de video para un SIF (Source Intermediate Format) Formato de resolución de Fuente Intermedia (352 x 240 a 30 cuadros/seg no interlazados o 352 x 288 a 25 cuadros/seg no interlazados) a una tasa de bits de 1.2 Mbit/seg. Sin embargo, anticipándose a otras aplicaciones, la sintaxis del video MPEG-1 fue hecha flexible para soportar imágenes de tamaños por encima de los 4096 x 4096, muchas tasas de cuadros (23.97, 24, 25, 29.97, 50, 59.94, 60 cuadros/seg [frames/sec]), y mayores tasas de bit. En adición, el esquema de codificación de video MPEG-1 fue diseñado para soportar interactividad como ejemplo adelanto y retroceso rápido y acceso aleatorio.

El estándar de Video MPEG-1 especifica la sintaxis de las tramas de bit de video y el correspondiente proceso de decodificación. La sintaxis de Video MPEG-1 soporta tres tipos de cuadros o imágenes codificadas, imágenes (I-) intra, codificadas separadamente de ellas mismas; imágenes (P-) predictivas, codificadas con respecto a la inmediata anterior I- o P-imagen; e imagen (B-) predictiva bidireccional, codificada con respecto a la imagen inmediata anterior I- o P- o bien la imagen inmediata posterior P- o I-. En términos de orden de codificación, las P-imágenes son causales, considerando que las B-imágenes son no causales y utilizan dos imágenes de alrededor codificadas causalmente por predicción. En términos de la eficiencia en la compresión, las I-imágenes son las más pesadas, las P-imágenes son menos pesadas que las I-imágenes, y las B-

imágenes son las más livianas. Sin embargo, debido a que las B-imágenes son no causales estas necesitan de un retardo adicional (reordenamiento).

La Figura 3.28 muestra un ejemplo de la estructura de las imágenes en la codificación de video en MPEG-1 que utiliza un par de B-imágenes entre dos imágenes (I- o P-) de referencia. En la codificación de video MPEG-1, una secuencia de entrada de video es dividida en unidades de grupos de imágenes (GOPs groups of pictures), donde cada GOP empieza comúnmente con una I-imagen y el resto de GOP contienen arreglos de P-imágenes y B-imágenes. Un servidor GOP como una unidad de acceso básico, con servicio de I-imágenes como punto de entrada para facilitar el acceso aleatorio. Para propósitos de codificación, cada imagen es dividida después en una o mas slices (rodajas). Los slices son entidades decodificables independientemente que ofrecen un mecanismo de resincronización y así se limita la propagación de errores. Cada rodaja está compuesta de un número de macrobloques; cada macrobloque es básicamente 16 x 16 bloques de luminancia (o alternativamente 8 x 8 bloques) con sus correspondientes bloques de crominancia.

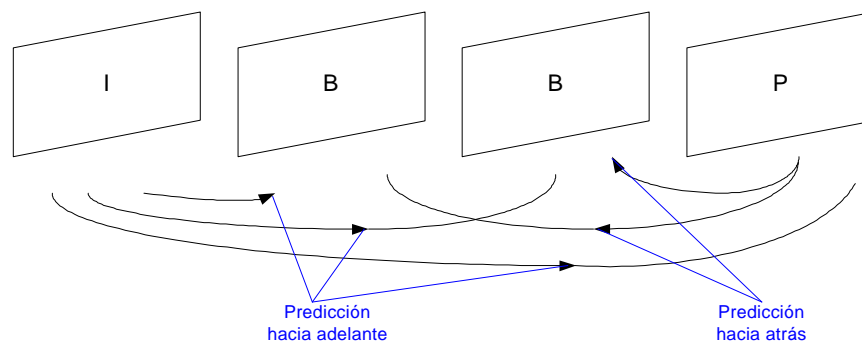


Figura 3.28 Ejemplo de la estructura de las I-, P-, y B-imágenes en la codificación MPEG-1

La codificación de Video MPEG-1 puede explorar las dos redundancias tanto espacial como temporal en las escenas de vídeo. La redundancia espacial es explotada utilizando bloques de codificación de la transformada discreta del coseno de bloques de 8 x 8, resultando en bloques de 8 x 8 de coeficientes DCT, los cuales reciben la cuantización, escaneo en zigzag y codificación de longitud variable. Una matriz de cuantización no lineal puede usarse para pesar los coeficientes DCT antes de la cuantización, permitiendo una cuantización sensitiva del peso en donde ésta sensibilidad permita descartar la información irrelevante

fácilmente, incrementando así la eficiencia de la codificación. El escaneo en zigzag permite escanear bruscamente los coeficientes DCT en el orden de incremento de frecuencia para calcular los coeficientes de cero corridos, que a lo largo con el índice de la amplitud del siguiente coeficiente no estacionario durante la corrida, permite la codificación eficiente de longitud variable. La redundancia temporal se aprovecha utilizando compensación de bloques de movimiento para compensar los entrecuadros de movimiento de los objetos en la escena; esto resulta en una reducción significativa de errores de predicción de entrecuadros.

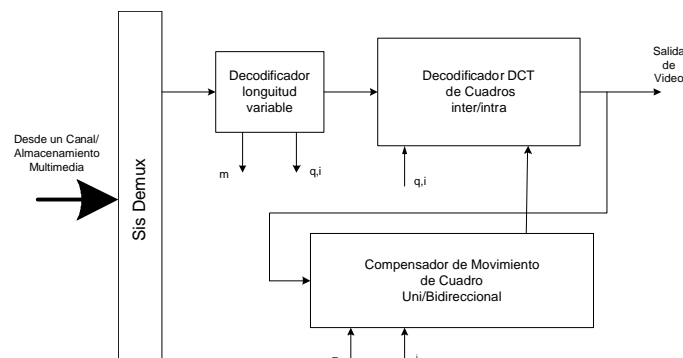


Figura 3.29 Sistema demultiplexor y decodificador de video MPEG

La Figura 3.29 muestra un diagrama de bloques simplificado de un decodificador de video MPEG-1 que recibe las tramas de bits para ser decodificadas por el Sistema demultiplexador MPEG-1. El decodificador de video MPEG-1 consiste en un decodificador de longitud variable, un decodificador DCT inter/intra, y un compensador de movimiento uni/bidireccional. Después de la multiplexación, las tramas de bits de video MPEG-1 son alimentadas al decodificador de longitud variable para decodificar los vectores de movimiento (m), la información de la cuantización (q), decisión inter/intra (i) y los datos que consisten en los índices de los coeficientes de cuantización DCT. El decodificador DCT inter/intra utiliza los índices de los coeficientes del decodificador DCT, la información cuantizada y la decisión inter/intra para descuantizar los índices para el rendimiento de los bloques de coeficientes DCT y luego la transformada inversa a los bloques para recobrar los bloques de pixels decodificados. Si el modo de la codificación es inter (basado en la decisión inter/intra), el compensador de movimiento uni/bidireccional utiliza los vectores de movimiento para generar bloques de predicción de compensación de movimiento que son entonces

adheridos otra vez a la salida del correspondiente bloque decodificado de predicción de error mediante el decodificador DCT inter/intra para generar los bloques decodificados. Si el modo de la codificación es intra, se necesita predicción de compensación de movimiento para ser adherido a la salida del decodificador DCT inter/intra. Las imágenes decodificadas resultantes son la salida en la línea etiquetada como salida de video.

3.4.1.3 Audio MPEG-1

El estándar de Audio MPEG-1 especifica la sintaxis de las tramas de bit de audio y el correspondiente proceso de decodificación. Audio MPEG-1 es un estándar genérico que no necesita asumir ninguna naturaleza especial de la fuente de audio, al contrario de algunos modelos de codificadores de tracto vocal que trabajan bien, solo con la voz. La codificación de Audio explota las limitaciones de percepción del sistema de audición humano, y así la mayoría de compresiones vienen de retirar las partes irrelevantes a la percepción de la señal de audio. La codificación de Audio MPEG-1 soporta varios modos de compresión con características de interactividad como adelanto rápido, retardo y acceso aleatorio.

El estándar de Audio MPEG-1 consiste de tres capas – I, II y III. Estas capas también representan un incremento en la complejidad, retardo y eficiencia en la codificación. En términos de los métodos de codificación, estas capas están relacionadas, ya que las capas altas incluyen la construcción de bloques utilizados por las capas inferiores. Ejemplos de tasas soportadas por el Audio MPEG-1 son 32, 44.2 y 48 khz. Muchas tasas de bit hechas para ser usadas en el rango de 32 a 224 kbit/seg por canal. En adición, la capa III soporta codificación de tasa de bit variable. Una buena calidad se consigue con la capa I con una tasa por encima de los 128 kbit/seg, con la capa II alrededor de 128 kbit/seg, y con la capa III a los 64 kbit/seg. El Audio MPEG-1 tiene tres modos: mono, estéreo, dual mono con dos canales separados, y estéreo compartido. El modo de estéreo compartido explota la redundancia intercanales.

Un banco de filtros polifásicos es común para todas las capas de la codificación de Audio MPEG-1. Este banco de filtros subdivide la señal de audio en 32 subbandas de frecuencia de igual ancho. Los filtros son relativamente simples y proveen de una buena resolución en tiempo con una resolución en frecuencia razonable. Para lograr estas características, se deben hacer algunas excepciones. Primero, los anchos iguales de las subbandas no reflejan precisamente la conducta dependiente de la frecuencia del sistema de audición humana. Segundo, el banco de filtros y su inverso no son transformaciones sin pérdidas. Tercero, las bandas de los filtros adyacentes se solapan significativamente. Sin embargo estas excepciones no imponen ninguna limitación notable y es posible una muy buena calidad de audio. En el algoritmo de la capa I los códigos de audio están en cuadros de 384 muestras agrupando 12 muestras por cada una de las 32 subbandas. El algoritmo de capa II es un perfeccionamiento directo de la capa I; los códigos de datos están en grandes grupos (1152 muestras por canal de audio) e imponen algunas restricciones en posibles asignaciones de bit para valores de subbandas medias y altas. El codificador de la capa II consigue una mejor calidad mediante la redistribución de bits para representar mejor los valores cuantizados de las subcapas. El algoritmo de la capa III es aún más sofisticado y utiliza una codificación de audio espectral con percepción de entropía³ y una codificación óptima en el dominio de la frecuencia. Aunque está basado en el mismo banco de filtros utilizado en la capa I y II, se compensa de algunas deficiencias mediante el procesamiento a la salida de los filtros con la DCT modificada.

3.4.2 MPEG-2

El MPEG-2, es el estándar para la televisión digital. Más específicamente, el punto principal del estándar MPEG-2 fue la resolución de video para TV y cinco canales de audio de muy buena calidad de alrededor de 4 a 15 Mbit/seg para aplicaciones como difusión digital de TV y el disco digital versátil (Digital versatile disk). El estándar también fue extendido para algunas otras aplicaciones incluyendo la TV digital por cable o TV por satélite, video sobre el Modo de

³ Entropía: Función termodinámica que es una medida de la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema. "Medida de desorden de un sistema"

Transferencia Asíncrono (ATM), redes y TV de alta definición (HDTV) (de 15 a 30 Mbit/seg). Basado en los puntos de las aplicaciones, un número de requerimientos primarios se derivaron y se enlistan como sigue.

Codificación de video interlazado con una muy buena calidad y resolución de 4 a 15 Mbit/seg y audio multicanal de alta calidad

Acceso aleatorio o conmutación de canales sin límite de tiempo, permitiendo puntos de acceso frecuentes cada medio segundo

Capacidad de adelanto y retroceso rápido activando búsqueda y corrida (play) en tiempo real hacia delante y hacia atrás

Soporte de codificación escalable para permitir capas simultáneas para lograr trabajar con compatibilidad con el MPEG-1 y anteriores

Un sistema de retroalimentación de sincronización y sintonización o acceso a datos audiovisuales

Por lo menos un subconjunto de estándares definidos para ser implementados en prácticos decodificadores de tiempo real con un costo razonable de hardware.

Además de los requerimientos anteriores, un número de requerimientos nuevos se generaron, como el soporte de un número de resolución de imágenes y formatos (tanto interlazados como no interlazados), un número de estructuras de muestra para crominancia, robustez ante errores, codificación sin pérdida de calidad con un compromiso (trade-off) con la codificación de retardos y la posibilidad de codificadores de tiempo real, con un razonable costo para el menor subconjunto de estándares definidos.

El desarrollo del MPEG-2 fue dirigido con los mismos subgrupos que el MPEG, que fueron creados originalmente para el MPEG-1, y alrededor de un período de 2 años desde las pruebas a la evaluación, se puso en el estado estable de CD antes de ser aprobado finalmente como estándar un año más tarde.

El estándar MPEG-2 es conocido formalmente como ISO 13818 y consiste de las siguientes partes:

- 13818-1: Sistema
- 13818-2: Video
- 13818-3: Audio
- 13818-4: Conformidad
- 13818-5: Software
- 13818-6: Almacenamiento digital multimedia – ordenamiento y control (DSM-CC) por sus siglas en ingles
- 13818-7: Codificación avanzada de audio (AAC) [formalmente conocido como codificación de no-retorno compatible (NBC)]
- 13818-8: video de 10-bit (este ítem de trabajo fue retirado!)
- 13818-9: Interfase de tiempo real
- 13818-10: Conformidad de DSM-CC

A continuación se describe cada uno de los cuatro principales componentes (Sistema, Video, Audio y DSM-CC) del estándar MPEG-2.

3.4.2.1 Sistema MPEG-2

Ya que el estándar MPEG-1 fue pensado para la codificación audiovisual para aplicaciones de almacenamiento digital multimedia DSM (digital storage media) y los DSM típicamente tienen tasas de error muy bajas o despreciables, el Sistema MPEG-1 estándar fue pensado para software orientado al procesamiento de paquetes grandes de longitud variable donde se prefiere minimizar el encabezamiento del software.

El estándar MPEG-2 por otro lado, es más genérico y pensado para una variedad de aplicaciones de codificación audiovisual. El Sistema MPEG-2 fue asignado para mejorar los resaltos de errores y con la habilidad para correr múltiples programas simultáneamente sin la necesidad de que estos tengan una base de tiempo común. En adición, el Sistema MPEG-2 fue creado con el requerimiento de soportar redes ATM. Además, los problemas generados en el Sistema MPEG-1 también fueron resueltos de una manera compatible.

Las especificaciones del Sistema MPEG-2 definen dos tipos de tramas: las tramas de programa y las tramas de transporte. Las tramas de programa son similares a las tramas del Sistema MPEG-1 pero utilizan una sintaxis modificada y nuevas funciones para soportar funcionalidades avanzadas. Además provee compatibilidad con las tramas del sistema MPEG-1. Los requerimientos de programa del MPEG-2 para los decodificadores de tramas son similares a los decodificadores de tramas del sistema MPEG-1, y los programas de decodificador de tramas pueden ser compatibles con los decodificadores de trama del sistema MPEG-1, capaz de decodificar tramas del sistema MPEG-1. Al igual que los decodificadores del Sistema MPEG-1, los programas decodificadores de trama, utilizan típicamente paquetes grandes y de longitud variable. Tales paquetes son buenos para el software basado en el procesamiento en ambientes libres de error, al igual que cuando los datos comprimidos se guardan en un disco. Los tamaños de los paquetes son usualmente del rango de 1 a 2kbytes, tamaños escogido para igualar los tamaños de los discos (típicamente de 2kbytes); sin embargo, también soporta paquetes de tamaño de 64 kbytes. Las tramas de programa incluyen características no soportadas por el Sistema MPEG-1 como son los ganchos para scrambling de datos; asignación de diferentes prioridades para los paquetes; información para ayudar a alinear paquetes de tramas elementales; muestra de copyright; indicación de adelanto rápido, retroceso rápido, y otros modos de acceso para dispositivos de almacenamiento; un campo opcional para pruebas de desempeño de redes; y, numeración opcional de secuencia de paquetes.

El segundo tipo de trama soportada por el Sistema MPEG-2 es la trama de transporte, que se diferencia significativamente del Sistema MPEG-1 tanto como las tramas de programa. Las tramas de transporte ofrecen la robustez necesaria para canales ruidosos así como también la habilidad de incluir múltiples programas en una sola trama. Las tramas de transporte utilizan arreglos de paquetes largos de tamaños de 188 bytes, con una nueva sintaxis de encabezamiento. Por consiguiente es más satisfactorio para el procesamiento en el hardware y para esquemas de corrección de errores. Así, las tramas de transporte satisfacen la entrega de video y audio comprimido, mediante canales propensos a error como son el cable coaxial, redes de televisión y transponders de satélites. Además, múltiples programas con bases de tiempo independientes

pueden ser multiplexados en una trama de transporte. En efecto, las tramas de transporte son diseñadas para soportar muchas funciones como la multiplexación asincrónica de programas, acceso rápido hacia programas deseados al cambiar el canal, multiplexación de programas con relojes no relacionados al reloj de transporte y la correcta sincronización de tramas elementales para retroalimentación, permitiendo el control de los buffers del decodificador durante la inicialización y retroalimentación de programas de tasa de bit constante y variable, para ser descritos por si mismos y para tolerar errores del canal.

La estructura de datos básica de paquetes que es común para la organización de las tramas de programa y de transporte de datos es la PES (Packetized Elementary Stream). Paquetes PES son generados mediante la paquetización de tramas continuas de datos comprimidos generados por codificadores de video y audio (ej. Tramas elementales). Una trama de programa es simplemente generada, atando paquetes PES con otros paquetes que contienen los datos necesarios para generar una sola trama de bits. Una trama de transporte consiste en paquetes de arreglos de longitud de 4 bytes de cabecera seguidos por 184 bytes de datos, donde los datos son obtenidos cortando los datos en paquetes PES.

Como se mencionó brevemente en el Sistema MPEG-1, la información a cerca de la temporización del sistema es llevada por el campo SCR (System Clock Reference) en la trama de bit y es utilizado para sincronizar el decodificador STC (System Time Clock). La presentación de la salida del decodificador es controlada mediante los PTS (Presentation Time Stamps), que también son llevados por la trama de bits.

3.4.2.2 Video MPEG-2

El estándar de video MPEG-2 fue originalmente pensado para codificar video basado en el estándar ITU-R 601 4:2:0 (720X480 a 30 cuadros/seg interlazados o a 720x576 a 25 cuadros/seg interlazados) a tazas de bit alrededor de 4 a 15 Mbit/seg. Sin embargo, anticipándose a otras aplicaciones, la sintaxis de video del MPEG-2 fue hecha mas flexible para soportar mayores tamaños de imágenes por

encima de 16,384 x 16,384, con tasas de cuadros (23.97, 24, 25, 29.97, 50, 59.94, 60 cuadros/seg), tres formatos de crominancia (4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4) y altas tasas de bit. En adición, el esquema de codificación de Video MPEG-2 está diseñado para ser una agrupación de todas las funcionalidades del MPEG-1, soportando conmutación de canales y todas las otras formas de interactividad como son el acceso aleatorio, adelanto rápido y retroceso rápido.

A diferencia del MPEG-1, MPEG-2 no estandarizó el proceso de codificación de video o el codificador. Solamente estandarizó la sintaxis de tramas de bit y el proceso de decodificación.

La codificación de Video MPEG-2 puede ser vista como una extensión de la codificación de Video MPEG-1 para poder codificar eficientemente video interlazado. La codificación de Video MPEG-2 está así basada en la codificación DCT de bloques de movimiento compensados del MPEG-1. Así como con el Video MPEG-1, la codificación está realizada en imágenes, donde una imagen puede ser un cuadro o un campo, ya que con el video interlazado cada cuadro consiste de dos campos separados en el tiempo.

Una secuencia de entrada se divide en grupos de imágenes asumiendo la codificación del cuadro. Un cuadro puede ser codificado como una imagen intra (I-), imagen predictiva (P-) o una imagen bidireccional predictiva (B-). Así, un grupo de imágenes pueden contener un arreglo de I-, P- y B- imágenes codificadas.

Cada imagen es particionada después en slices, cada slice en una secuencia de macrobloques y cada macrobloque en cuatro bloques de luminancia y sus correspondientes bloques de crominancia.

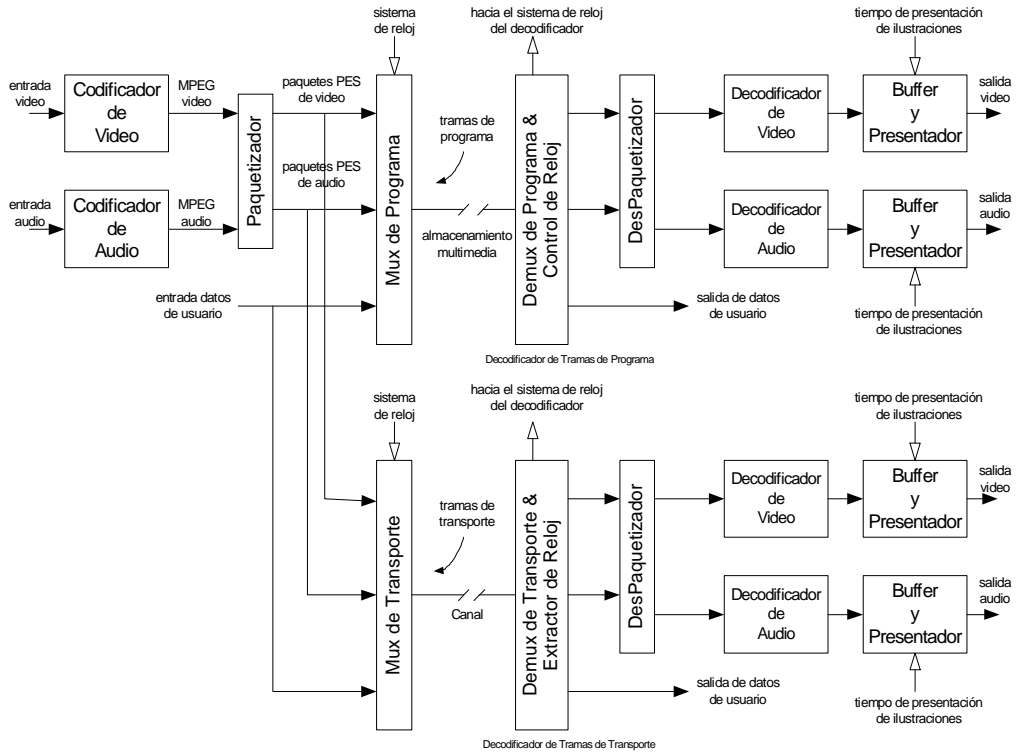


Figura 3.30 Sistema MPEG-2

En la Figura 3.30 se observa dos tipos de Sistemas MPEG-2, los que utilizan multiplexación de tramas de programa y los que utilizan multiplexación de tramas de transporte. Un sistema MPEG-2 es capaz de combinar múltiples fuentes de datos de usuario a lo largo del video y audio MPEG codificado.

Las tramas de audio y video son paquetizadas para formar paquetes PES de audio y video, los cuales son enviados o bien al multiplexor de programa o al multiplexor de transporte, resultando en tramas de transporte o de programa según el caso. Como se mencionó anteriormente, las tramas de programa son pensadas para ambientes libres de errores como son los DSMs considerando que las tramas de transporte son pensadas para ambientes ruidosos como son los canales de difusión terrestre.

Las tramas de Transporte son decodificadas mediante el demultiplexor de transporte (el cual incluye un mecanismo de extracción de reloj), despaquetizados por el despaquetizador y enviados a los decodificadores de audio y video para la decodificación. Las señales decodificadas son enviadas respectivamente a sus

buffer y unidades de presentación y sus salida hacia el dispositivo de despliegue o pantalla y a los parlantes en el tiempo apropiado. De manera similar, si se utiliza tramas de Programa, también son decodificadas mediante Tramas de Programa.

El codificador de video MPEG-2 consiste de varios componentes como es el codificador DCT inter/intra cuadro/campo, un estimador y compensador de movimiento de cuadro/campo y un codificador de longitud variable. Se mencionó que el Video MPEG-2 está optimizado para la codificación de video interlazado; esto se debe a que tanto la codificación DCT y la estimación de movimiento y compensación utilizado por el codificador de video necesitan ser adaptables para cuadro/campo. El codificador DCT de cuadro/campo explota la redundancia espacial y el compensador de movimiento de cuadro/campo explota la redundancia temporal en la señal de video interlazada. Las tramas de bits de video codificado son enviadas al sistema multiplexor, Sis Mux, en el cual a su salida se tiene o tramas de programa o tramas de transporte.

La Figura 3.31 muestra un diagrama de bloques simple de un decodificador de video MPEG-2 que recibe tramas de bits para ser decodificadas por el Sistema Demux MPEG-2. El decodificador de video MPEG-2 consiste en un decodificador de longitud variable, un decodificador inter/intra cuadro/campo DCT y un compensador de movimiento cuadro/campo uni/bidireccional. Después de la demultiplexación, las tramas de bits de video MPEG-2 son enviadas hacia el decodificador de longitud variable para decodificar los vectores de movimiento (m), la información de cuantización (q), la decisión inter/intra (i), decisión cuadro/campo (f) y los datos que consisten en los índices de los coeficientes de cuantización DCT. El decodificador DCT inter/intra cuadro/campo utiliza los índices de coeficientes decodificados DCT, la información de cuantización, la decisión inter/intra y la información de cuadro/campo para desmembrar los índices para el rendimiento de los bloques de coeficientes DCT y la transformada inversa de los bloques para recuperar los bloques de píxeles decodificados (como en el caso del video MPEG-1 excepto por la adaptación de cuadro/campo). El compensador de movimiento uni/bidireccional de cuadro/campo, si el modo de codificación es inter (basado en la decisión inter/intra), utiliza los vectores de movimiento y la información marco/campo para generar la predicción por bloques

de compensación de movimiento (así como en el caso del video MPEG-1, excepto por la adaptación cuadro/campo), los cuales son adheridos de vuelta a las correspondientes salidas de bloques decodificados de predicción de error por el decodificador inter/intra cuadro/campo DCT para generar los bloques decodificados. Si el modo de codificación es intra, no se necesita predicción de compensación de movimiento para adherirla a la salida del decodificador inter/intra cuadro/campo DCT. Las imágenes decodificadas resultantes son la salida de las líneas etiquetadas como salida de video.

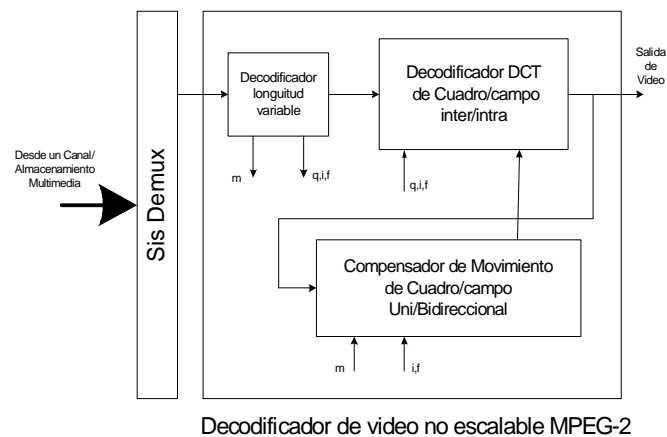


Figura 3.31 Decodificador de vídeo MPEG-2

En términos de interoperabilidad con el Video MPEG-1, el estándar de Video MPEG-2, fue necesario para satisfacer dos elementos claves: compatibilidad para adelanto y retardo. Debido a que el Video MPEG-2 es un súper conjunto sintáctico del Video MPEG-1, es capaz de trabajar con los requerimientos de compatibilidad de adelanto, es decir que el decodificador de video MPEG-2 debe ser capaz de decodificar las tramas de bit de video MPEG-1. El requerimiento de compatibilidad de retardo (backward) se refiere, sin embargo, a que el súper conjunto de tramas de bits de MPEG-2 deben ser decodificables por los decodificadores existentes de MPEG-1; esto se logra mediante la escalabilidad. Escalabilidad es la propiedad que permite a decodificadores de complejidad variada, ser capaces de decodificar video de resolución o calidad diferentes, correspondientes a la misma trama de bits, con sus capacidades. Actualmente mediante el uso de las B-imágenes, siendo estas no causales, sin retroalimentación en el lazo de codificación inter cuadro y pudiendo así ser retiradas, algún grado de escalabilidad temporal es posible. Sin embargo, la codificación no escalable significa que no se ha

incorporado un mecanismo especial en el proceso de codificación para lograr escalabilidad y solamente se espera para ser decodificada una total resolución espacial y temporal al momento codificada. En la Figura 3.32 se examina la estructura del diagrama escalable generalizado que permite una codificación escalable. Mas allá de varios tipos de escalabilidad que soporta el Video MPEG-2, la estructura generalizada de código básicamente permite solo escalabilidad de resolución temporal y espacial.

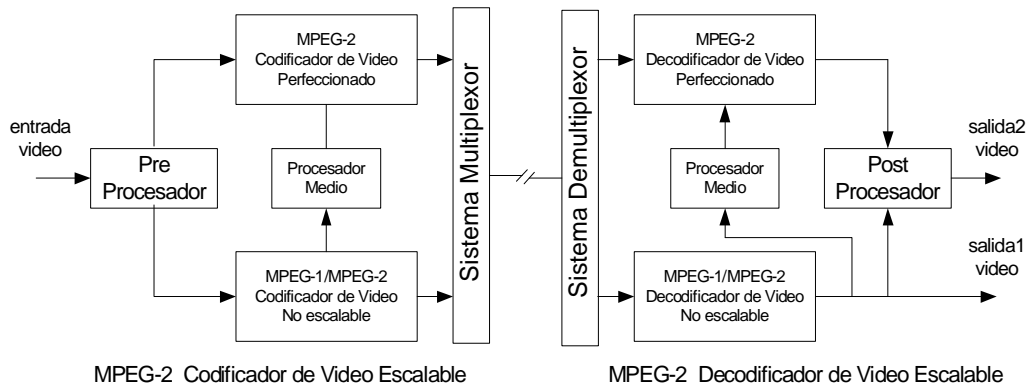


Figura 3.32 Diagrama generalizado para codificación MPEG-2 de video escalable

El diagrama generalizado soporta dos capas de escalabilidad, la capa inferior, se refiere a la capa base y la capa alta que proporciona un perfeccionamiento de la capa base. La entrada de video pasa a través de un preprocesador y resultan dos señales de video, una que es la entrada al Codificador de Video No Escalable MPEG-1/MPEG-2 y la otra entrada del Codificador de Video Perfeccionado MPEG-2. Dependiendo del tipo específico de escalabilidad, algunos procesamientos de decodificación de video de Codificadores de Video No Escalable MPEG-1/MPEG-2 pueden ser necesitados por el procesador intermedio antes de ser usados para predicción en el Codificador de Video Perfeccionado MPEG-2. Las dos tramas de bits de video codificado, de cada codificador son multiplexadas en el Sis Mux (con el audio y datos de usuario codificados). Al final del Decodificador, el Sis Demux MPEG-2 realiza la operación inversa de extraer de una sola trama de bits dos subtramas, una correspondiente a la capa inferior y la otra correspondiente a la capa superior. Así, la capa inferior es obligatoria, pero la capa superior es opcional. Para el caso de que el Decodificador de Video No escalable MPEG-1/MPEG-2 sea utilizado, una señal de video básica puede ser decodificada. Si un Decodificador de Video

Perfeccionado MPEG-2 es utilizado, una señal de video mejorada puede también ser decodificada. Mas allá, dependiendo del tipo de escalabilidad, las dos señales decodificadas podrán sufrir otros procesos en un procesador posterior.

Dos mejoras para el Video MPEG-2 fueron hechas antes de la culminación del estándar original. La primera mejora, motivada por la necesidad de aplicaciones profesionales, probando y verificando el desempeño de un formato de alta crominancia espacial (o espacio temporal) llamado formato 4:2:2. Aunque las herramientas para este tipo de codificación de señal fue incluida en el estándar original, nuevos problemas como la calidad después de múltiples generaciones de codificación realizadas y la necesidad de verificación se presentaron. La segunda mejora para el Video MPEG-2 fue motivada por su potencial para la aplicación en video juegos, educación y entretenimiento, involucrando desarrollo, pruebas y la verificación de una solución para una codificación eficiente de señales con múltiples puntos de vista incluyéndose al final el caso del video estereoscopio (dos vistas ligeramente diferentes de una escena). Sin sorprender que esto involucre la explotación de la correlación entre vistas diferentes de una escena a lo cual la solución desarrollada directamente por MPEG-2 fue una extensión de las técnicas de codificación escalable de video discutidas anteriormente.

3.4.2.3 Audio MPEG-2

Sistemas de audio digital multicanal utilizan una combinación de canales p frontales y q posteriores, por ejemplo, tres canales frontales (izquierda, centro, derecha) y dos canales posteriores (surround⁴ izquierdo y surround derecho), para crear experiencias subreales y envolventes como las de un teatro. Además, sistemas multicanal pueden ser utilizados para proveer programas multilingües, aumento de audio por reconocimiento de daño, mejoramiento de audio para daños auditivos, etc. El estándar de Audio MPEG-2 incluye estas aplicaciones. Este consiste en dos partes; la parte 3 permite codificación de señales de audio multicanal de manera compatible adelante-atrás con MPEG-1 y la parte 7 que no.

⁴ Surround: Palabra de origen inglés que significa rodear, envolver

Aquí la compatibilidad hacia delante significa que el decodificador de audio multicanal MPEG-2 debe ser capaz de decodificar señales de audio mono o estereo MPEG-1 y la compatibilidad hacia atrás significa que los cinco canales originales del MPEG-2 pueden ser tomados y mezclados significativamente para hacer posible la entrega de un sonido correcto y estereo cuando sean tocados por un decodificador de audio MPEG-1. Considerando que la compatibilidad hacia delante no es muy difícil de lograr, mientras que la compatibilidad hacia atrás es un poco difícil y requiere de algunos compromisos en la eficiencia de la codificación. El requerimiento de compatibilidad hacia atrás fue considerado importante al tiempo de permitir la migración del MPEG-1 estereo hacia el multicanal MPEG-2.

En la Figura 3.33 se ilustra la estructura del diagrama generalizado de la codificación de Audio Multicanal MPEG-2. El Audio Multicanal consiste en cinco señales, izquierda (L) por su sigla en ingles, centro (C), derecha (R) por su sigla en ingles, sorround izquierda (Ls) y sorround derecha (Rs), las cuales se muestran aplicando una conversión mediante el uso de una matriz de operación obteniendo cinco señales convertidas. Dos de las señales son codificadas por un codificador de audio MPEG-1 para proporcionar compatibilidad con el estándar MPEG-1, y las restantes tres señales son codificadas por una extensión del codificador de audio MPEG-2. Las tramas de bits resultantes de los dos codificadores son multiplexadas en un Mux para almacenamiento o transmisión.

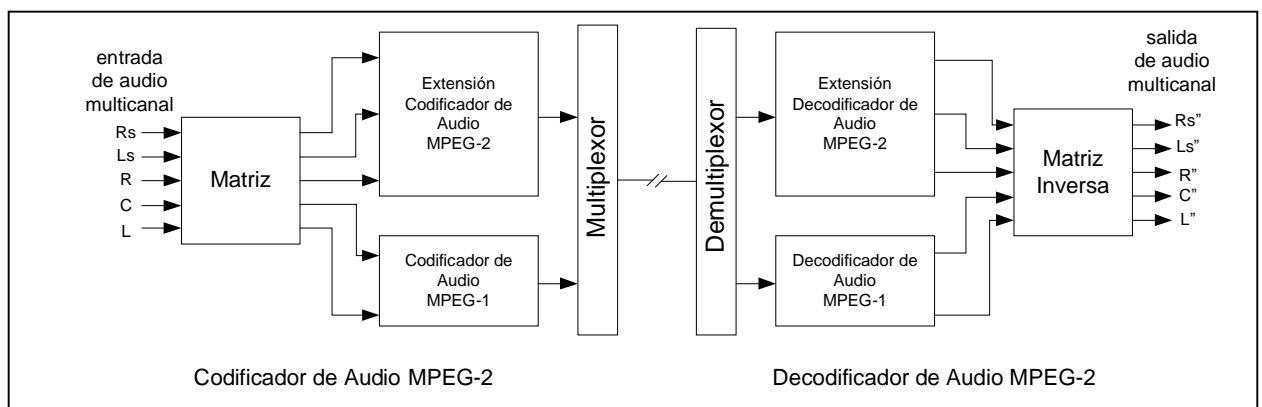


Figura 3.33 Diagrama generalizado para codificación de audio multicanal MPEG-2 compatible hacia atrás

Ya que es posible tener Audio MPEG-2 codificado sin el Video MPEG-2 codificado, se muestra un multiplexor generalizado. Sin embargo, en un sistema audiovisual MPEG, el Sistema Mux MPEG-2 y el Sistema Demux utilizan mux y demux específicos. En el decodificador, un decodificador de audio MPEG-1 decodifica la entrada de tramas de bits entregadas por el Sistema Demux y produce dos señales de audio decodificadas; las otras tres señales de audio son decodificadas mediante una extensión de decodificador de audio MPEG-2. Las señales de audio decodificadas son transformadas de vuelta al dominio original mediante el uso de una Matriz Inversa y representan valores aproximados indicados mediante L", C", R", Ls", Rs".

Las pruebas fueron dirigidas a comparar el desempeño del codificador de Audio MPEG-2 que mantiene compatibilidad con el MPEG-1 con aquellos que no tienen compatibilidad hacia atrás. Y se encontró que para la misma tasa de bit, el requerimiento de compatibilidad impone notables pérdidas de calidad. De donde se encontró la necesidad de incluir la solución de no compatibilidad hacia atrás NBC (non-backward compatible) como una parte adicional (parte 7) del MPEG-2, inicialmente llamada MPEG-2 NBC. El trabajo MPEG-2 NBC fue renombrado como codificación de audio avanzada MPEG-2 (AAC advanced audio coding), y algunas optimizaciones fueron realizadas actualmente dentro del contexto del MPEG-4. El Audio AAC soporta tasas de muestreo, ancho de banda de audio y configuración de canales de compatibilidad hacia atrás de Audio MPEG-2 pero pueden operar a tasas de bit tan bajas como 32 kbit/seg o producir una muy alta calidad a tasas de bit mas o menos como las necesarias para el Audio MPEG-2 con compatibilidad hacia atrás. Ya que el esfuerzo del AAC fue realizado para aplicaciones que no necesitan compatibilidad con el audio MPEG-1 estereo, este se maneja para lograr un muy alto desempeño.

En la Figura 3.34 se muestra el diagrama de un modelo simple de referencia de la configuración de audio AAC. El audio multicanal, sufre una transformación de la función de tiempo a frecuencia trazada, de la cual la salida esta sujeta a varias operaciones como la codificación común de canales, cuantización, codificación y asignación de bits. Un modelo psicoacústico (psychoacoustical) es empleado en el codificador y en las operaciones de control de mapeo y

asignación de bit. La salida de la codificación de la unión de canales, cuantización y asignación de unidades de bits es la entrada para el generador de tramas de bits que genera las tramas de bits para almacenamiento o transmisión. En el decodificador, se realiza una operación inversa llamada despaquetización de las tramas de bit, seguida de la descuantización, la decodificación y la decodificación de la unión. Finalmente, se realiza la transformación inversa para pasar la señal del dominio en frecuencia a la representación en el dominio del tiempo, obteniéndose una salida de audio multicanal reconstruida.

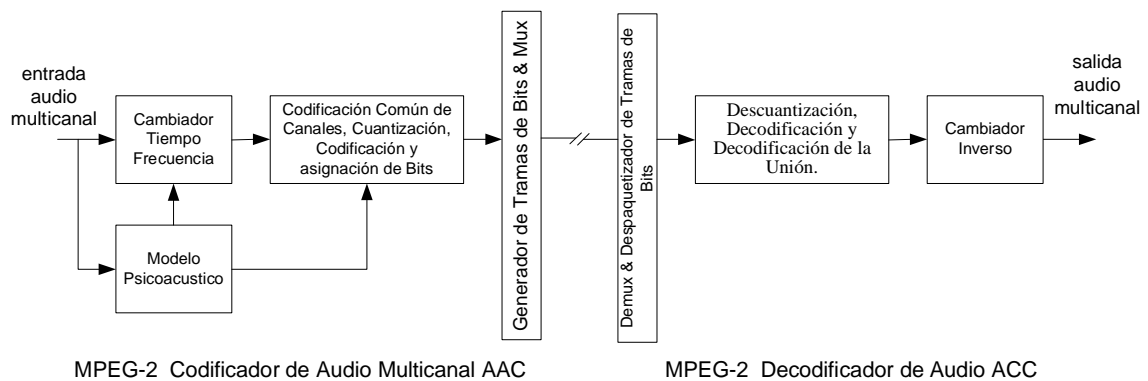


Figura 3.34 Diagrama generalizado de codificación MPEG-2 de audio avanzado (AAC) multicanal

3.4.2.4 DSM-CC MPEG-2

Las tramas de bits MPEG-2 codificadas suelen ser almacenadas comúnmente en una variedad de medios de almacenamiento digital DSM (Digital Storage Media) como es el CD-ROM, cintas magnéticas, disquetes, Digital Versatile Disks (DVDs) y otros. Esto representa un problema para los usuarios que tratan de acceder a los datos codificados MPEG-2 ya que cada DSM puede tener su propio lenguaje de control, forzando al usuario a saber varios lenguajes de programación. Por otra parte, el DSM puede ser local para el usuario o estar en una posición remota. Cuando éste es remoto, es necesario un mecanismo común para acceder al medio de almacenamiento digital mediante la red, para el caso de no ser así, el usuario debe indicar el tipo de DSM que tiene el terminal, lo que puede no ser posible o puede desconocer. El DSM-CC MPEG-2 es un sistema de comandos de control genéricos, independientes del tipo de DSM que pueda tener los dos problemas mencionados anteriormente. Estos comandos de control están definidos como protocolos específicos de aplicación que permiten un

sistema de funciones básicas y específicas para las tramas de bit MPEG. Los comandos de control resultantes no dependen del tipo de DSM o de si el DSM es local o remoto, de los protocolos de transmisión de la red o del sistema operativo con el que hacen interfase. Las funciones de los comandos de control pueden ser realizadas en los sistemas de tramas de bits MPEG-1, en las tramas de programa o transporte del MPEG-2. Ejemplos de algunas funciones necesarias son: conexión, retroceso, almacenamiento, edición y remultiplexación. Un sistema básico de comandos de control que permiten estas funcionalidades está incluido como anexo informativo en el Sistema MPEG-2 que es la parte 2 del MPEG-2. Capacidades avanzadas del DSM-CC están asignadas en el MPEG-2 DSM-CC que es la parte 6 del MPEG-2.

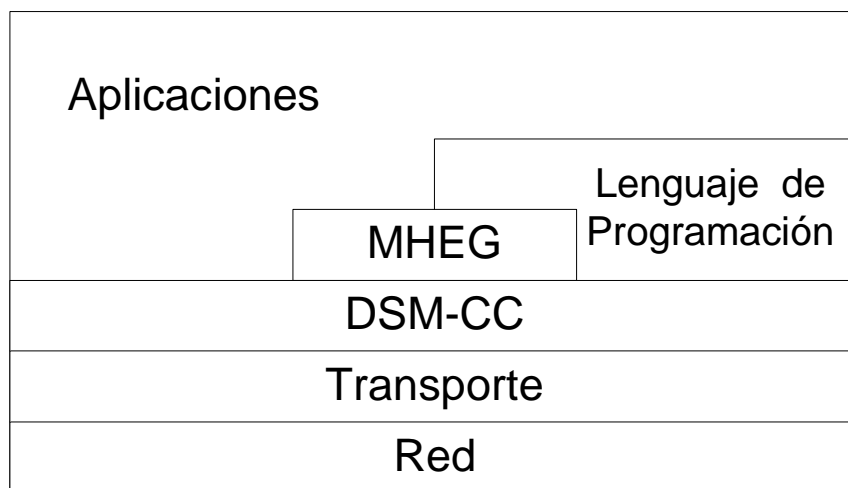


Figura 3.35 Muestra céntrica DSM-CC del MHEG, lenguaje de programación y red

Los comandos de control DSM pueden ser generalmente divididos en dos categorías. La primera categoría consiste en un sistema de operaciones muy básicas como la selección de las tramas, tocar (play) y comandos de almacenamiento. La selección de trama activa el requerimiento de una trama de bits específica y un modo de operación específica en la trama de bits. Play habilita el playback (retroalimentación) de las tramas de bits seleccionadas a una velocidad específica, la dirección de tocar (play) (para adaptarse a un número de modos de trabajo como puede ser el adelanto rápido y el retroceso rápido), u otras funciones como puede ser pausa, detalle, cámara lenta o pare. El Almacenamiento habilita el grabado de tramas de bits en un DSM. La segunda categoría consiste en un sistema de operaciones más avanzadas como son el

modo multiusuario, reservación de sesión, información de capacidad del servidor, información de directorio y edición de tramas de bits. En el modo multiusuario, más de un usuario está permitido acceder al mismo servidor dentro de una sesión. Con la reservación de sesión, un usuario puede solicitar al servidor por una sesión en un tiempo tardío. La información de capacidad del servidor permite al usuario ser notificado de las capacidades del servidor como puede ser la retroalimentación (playback), adelanto rápido, retroceso rápido, cámara lenta, almacenamiento, demultiplexación y remultiplexación. La información de Directorio permite al usuario acceder a información acerca de la estructura del directorio y de atributos específicos de las tramas de bits como es el tipo, IDs, tamaño, tasa de bit, puntos de acceso para acceso aleatorio, descripción del programa y otros; típicamente, no toda esta información podrá estar disponible a través del API (application programming interface). La edición de las tramas de bits permite la creación de nuevas tramas de bits mediante la inserción o borrado de porciones de tramas de bits dentro de otras.

En la Figura 3.35 se ilustra una relación simplificada del DSM-CC con el MHEG (Multimedia and Hypermedia Experts Group standard), el lenguaje de programación y el DSM-CC. El estándar MHEG es básicamente un intercambio de formatos para objetos multimedia entre aplicaciones. El MHEG especifica un sistema de clases que pueden ser utilizadas para especificar objetos que contengan información monomedia, relación entre objetos, gestión dinámica entre objetos e información para optimizar el mantenimiento de objetos en tiempo real. Las clases MHEG incluyen la clase de contenido, la clase de composición, clase de enlace, clase de acción, clase de script, clase de descripción, clase recipiente y clase de resultado. Más aún, el estándar MHEG no define un API para el mantenimiento de objetos ni define métodos en estas clases y aún que soporta scripting (lenguaje de programación) mediante la clase script, éste no estandariza ningún lenguaje de programación específico. Las aplicaciones pueden acceder al DSM-CC directamente o a través de una capa MHEG; es más, los lenguajes de programación podrían ser soportados a través de una capa MHEG. Los protocolos DSM-CC también forman una capa superior que las capas de protocolos de transporte. Ejemplos de protocolos de transporte son los TCP

(Transfer Control Protocol), el UDP (User Datagram Protocol), las tramas de programa del MPEG-2 y las tramas de transporte del MPEG-2.

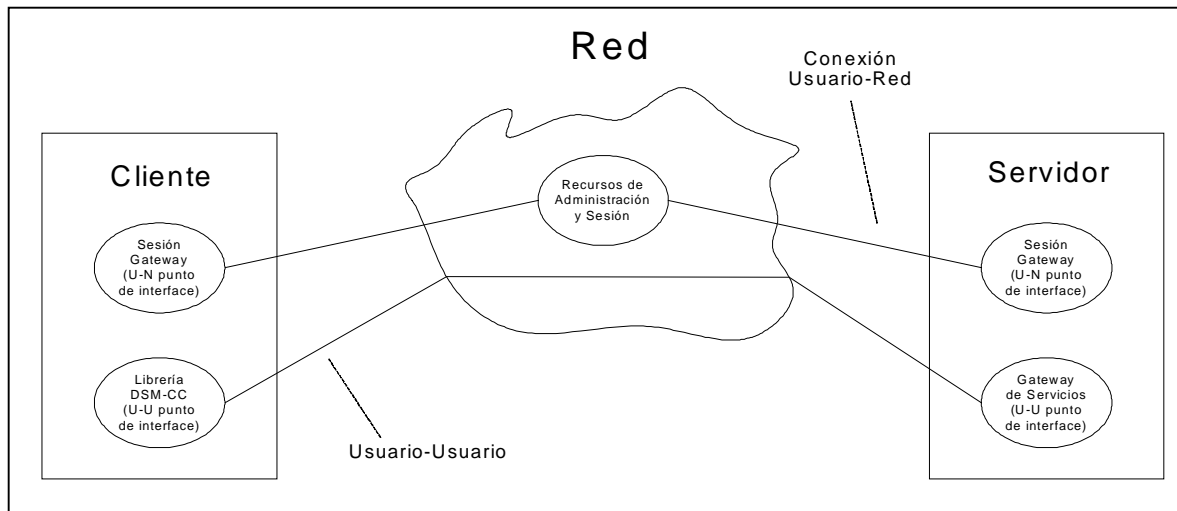


Figura 3.36 Interacción DSM-CC usuario-red / red-usuario

El DSM-CC suministra el acceso para aplicaciones generales, aplicaciones MHEG y lenguajes de programación muy primitivos para establecer o borrar conexiones de red utilizando primitivos user-network (U-N) y comunicación entre el cliente y un servidor a través de una red utilizando primitivos user-user (U-U). Las operaciones U-U pueden utilizar un protocolo de Proceso Remoto RPC (Remote Procedure Call). Las operaciones U-U y U-N pueden emplear el envío de mensajes en forma de intercambio de secuencia de códigos. En la Figura 3.36 se muestra los escenarios de la interacción U-N y U-U. Un cliente puede conectarse a un servidor directamente mediante la red o a través de un administrador de fuentes localizado dentro de la red.

La configuración inicial de un cliente se espera comúnmente que incluya una sesión con un gateway, que es el punto de interfase entre la red y el cliente y las rutinas de librería del DSM-CC, que es el punto de interfase usuario-usuario. Una configuración inicial (setup) consiste comúnmente de una sesión para gateway, que es un punto de interfase usuario-red y servicio de gateway, que es un punto de interfase usuario-usuario. Dependiendo de los requerimientos de la aplicación las conexiones de usuario-usuario y de usuario-red se pueden establecer. Finalmente el DSM-CC puede ser llevado como una trama dentro de

un sistema MPEG-1, una trama de transporte MPEG-2 o una trama de programa MPEG-2. Como una alternativa, el DSM-CC también puede ser llevado sobre otras redes de transporte como una TCP o UDP.

3.4.3 MPEG-4

MPEG-4 es el estándar para aplicaciones multimedia. Como se mencionó antes, la función original del MPEG-4 fue la codificación de video para una muy baja tasa de bits y fue modificado en una codificación genérica de objetos audiovisuales para aplicaciones multimedia. Para ser un poco más concretos, aquí se muestra algunos ejemplos de áreas de aplicación para lo que está hecho el estándar MPEG-4.

Internet e Internet Video

Video Inalámbrico

Compras en casa Interactivas

Video e-mail y películas en casa

Juegos de Realidad Virtual, simulaciones y entrenamientos

Bases de datos de objetos multimedia

Debido a que estas áreas de aplicación tienen varios requerimientos más allá de lo soportado por los estándares previos, el estándar MPEG-4 incluye las siguientes funcionalidades.

Interactividad Content-based (Basado en Complacencia) entrega la habilidad de interactuar con objetos importantes de una escena. El estándar MPEG-4 extiende los tipos de interacción típicos disponibles de objetos sintéticos a objetos naturales y también los objetos híbridos para habilitar nuevas aplicaciones audiovisuales. Este también soporta escalabilidad temporal y espacial de objetos multimedia.

Accesibilidad Universal esto significa la habilidad para acceder a datos audiovisuales sobre diversos rangos de almacenamiento y transmisión de multimedia. Debido al incremento de la tendencia hacia las comunicaciones móviles, es importante que el acceso este disponible

para aplicaciones mediante redes inalámbricas; Así el MPEG-4 provee herramientas para codificación robusta en ambientes apegados a errores para tasas bajas de bits. El MPEG-4 está también desarrollado con herramientas para permitir buena escalabilidad de granularidad multimedia para aplicaciones de Internet.

Compresión Mejorada permite un incremento de la eficiencia de transmisión o un decremento de cantidad de espacio de almacenamiento requerido. Debido a que los objetos son orientados hacia lo natural, el MPEG-4 permite una gran flexibilidad de adaptación de los grados de compresión para el ancho de banda del canal o para la capacidad de almacenamiento multimedia. Las herramientas de codificación MPEG-4, aunque genéricas, son aún capaces de proveer compresión en “estado de arte”⁵ (state-of-the-art), debido a la optimización de la codificación MPEG-4 que fue hecha a tasas de bit bajas con una baja pero buena resolución.

Como se menciona, el estándar MPEG-4 está siendo introducido en por lo menos dos fases. El estándar básico, también conocido como versión 1, que fue hecho estándar internacional en Mayo de 1999. La extensión del estándar, también conocida como versión 2, fue desarrollada para Julio de 1999 y fue hecha estándar internacional en Febrero del 2000. La tecnología de la versión 2 es una extensión de la tecnología versión 1, y esta siendo introducida como una mejora del estándar MPEG-4 versión 1.

El estándar MPEG-4, es conocido formalmente como ISO 14496 y consiste en las siguientes partes.

- 14496-1: Sistema
- 14496-2: Video
- 14496-3: Audio
- 14496-4: Conformidad
- 14496-5: Software

⁵ State of the art: Se refiere a todas las actualizaciones más recientes referentes a la tecnología de un sistema.

14496-6: Plataforma de trabajo de entrega de Integración multimedia DMIF (Delivery Multimedia Integration Framework)

La arquitectura conceptual del MPEG-4 se describe en la Figura 3.37. Esta comprende tres capas: la capa de compresión, la capa de sincronización y la capa de entrega. La capa de compresión se encarga del multimedia y no de la entrega; la capa de sincronización no se encarga del multimedia ni de la entrega; la capa de entrega no se encarga del multimedia pero si de la entrega.

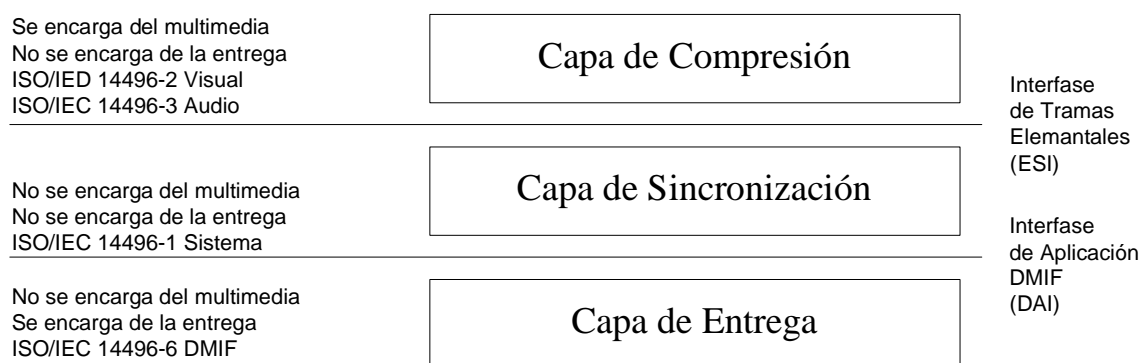


Figura 3.37 Varias partes del MPEG-4

La capa de compresión realiza la codificación multimedia y la decodificación dentro de las tramas elementales y es específica a la parte 2 y 3 del MPEG-4; la capa de sincronismo administra las tramas elementales y su sincronización y la relación jerárquica es específica de la parte 1 del MPEG-4; la capa de entrega asegura un acceso transparente para satisfacer sin considerar la tecnología de entrega y es específica de la parte 6 del MPEG-4. El límite entre la capa de compresión y la capa de sincronismo es llamado interfase de trama elemental (ESI), y es un mínimo de semántica que esta específica en la parte 1 del MPEG-4.

3.4.3.1 DMIF MPEG-4

La plataforma de trabajo de Entrega Multimedia MPEG-4 (Figura 3.38) permite una característica única de cada tecnología de entrega para ser utilizada en una manera transparente para los diseñadores de la aplicación. La DMIF especifica la semántica para el interfase de aplicación DIMF DAI (DMIF application interface) de forma que satisfaga los requerimientos para la difusión,

almacenamiento local y escenarios remotos interactivos de una manera uniforme. Incluyendo la habilidad para conexiones abultadas en una sesión, el DMIF facilita la carga de servicios multimedia por los operadores de la red. Mediante la adopción de parámetros de calidad de servicios (QoS) que relacionan al multimedia y no al mecanismo de transporte, la DMIF oculta los detalles de la tecnología de entrega de las aplicaciones. Estas características del DMIF entrega a los diseñadores de aplicaciones multimedia una sensación de permanencia y una generalización no proveída por una tecnología de entrega individual. Por ejemplo, con la DMIF, los diseñadores de aplicaciones pueden invertir en aplicaciones multimedia comerciales con la seguridad de que su inversión no será obsoleta con la nueva tecnología de entrega. Sin embargo, para alcanzar esto totalmente, la DMIF necesita un reconocimiento “real” de este interfase DMIF de aplicación, parámetros muy bien definidos y diagramas específicos de los conceptos dentro de la señalización de las tecnologías existentes.

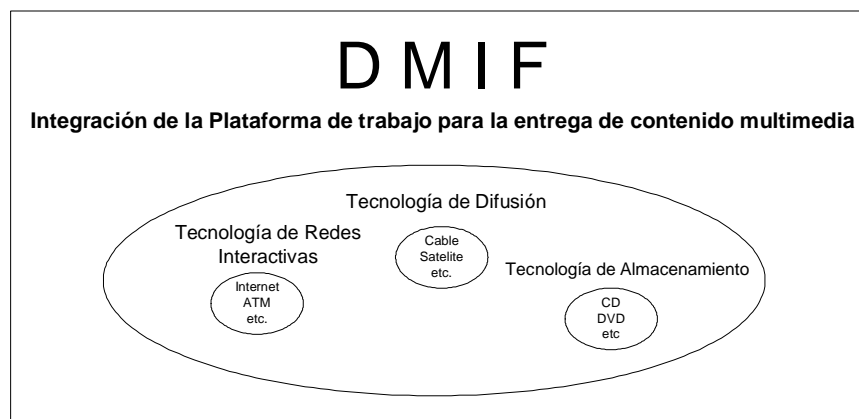


Figura 3.38 Integración de la Plataforma de trabajo para la Tecnología de entrega

La DMIF especifica la capa de entrega, que permita aplicaciones para acceder transparentemente y mirar las tramas multimedia dondequiera que la fuente de las tramas se localice, en un sistema final remoto interactivo las tramas están disponibles en la difusión multimedia o en un medio de almacenamiento.

La DMIF MPEG-4 abarca los siguientes aspectos:

DMIF arquitectura de comunicación

DMIF definición del interfase de aplicación DAI (DMIF Application Interface)

Localizador semántico uniforme de recursos URL (Uniform Resource Locator) para localizar y hacer disponible la trama multimedia

Protocolo de señalización por defecto DMIF (DDSP DMIF Default Signaling Protocol) para escenarios remotos interactivos y sus variaciones relacionadas al uso de los protocolos nativos de señalización de red

Flujos de información de difusión multimedia o de almacenamiento multimedia para sitios de acceso a tramas en sistemas finales remotos e interactivos.

Cuando una aplicación requiera de la activación de un servicio, esta utiliza los servicios primitivos del DAI y crea una sesión de servicio. En el caso de un almacenamiento local o un escenario de difusión, el DMIF en cuestión localiza el contenido que es parte del servicio indicado; en el caso de escenarios interactivos, el DMIF en cuestión se contacta con el par correspondiente y crea una sesión de red con éste. El par DMIF en cuestión a su vez identifica la aplicación del par que ejecuta el servicio y establece una sesión de servicio con este. La sesión de Red tiene una extensa importancia; la sesión de servicio en cambio tiene un significado local. La capa de entrega mantiene una asociación con la dos. Cada DMIF en cambio utiliza mecanismos de señalización nativa para la respectiva red para crear y administrar la sesión de red. (por Ej.: el protocolo por defecto de señalización DMIF integra señalización ATM). El par de la aplicación entonces utiliza esta sesión para crear conexiones que son utilizadas para aplicaciones de transporte de datos (por Ej.: Tramas elementales del Sistema MPEG-4).

Cuando una aplicación necesita un canal, esta utiliza el canal primitivo del DAI, indicando la clase de servicio que entrega. Para el caso de almacenamiento local o un escenario de difusión. El DMIF en cuestión localiza el contenido requerido, que es necesitado por el servicio indicado y se prepara a si mismo para leerlo y pasarlo al canal para la aplicación; para el caso de escenarios interactivos el DMIF en cuestión se contacta con el correspondiente para tener acceso al contenido, reservando los recursos de la red (Ej. conexiones) para las tramas de contenido, y se prepara así mismo para leer y pasarlas al canal para la aplicación; en adición, la aplicación remota localiza el contenido requerido, que es necesitado

por el servicio indicado. La DMIF utiliza el mecanismo de señalización nativo para la red respectiva para reservar los recursos de red. La aplicación remota utiliza entonces estos recursos para la entrega del contenido.

La Figura 3.39 muestra un alto nivel de una activación de servicio y el principio de un intercambio de datos en el caso de escenarios interactivos; El “alto nivel de paso a través” (high-level walk-through) consiste en los siguientes pasos:

- Paso 1: La aplicación originada solicita la activación de un servicio para la DMIF local en cuestión: un camino de comunicación entre la aplicación originada y el par local DMIF se establece en el plano de control 1.
- Paso 2: El par DMIF originado establece una sesión de red con el par DMIF apuntado: a continuación un camino entre el par DMIF originado y el par DMIF apuntado se establece en el plano de control 2.
- Paso 3: El par DMIF apuntado identifica la aplicación que le apunta y envía el requerimiento de activación de servicio: un camino de comunicación entre el par DMIF apuntado y la aplicación que lo apunta, se establece en el plano de control 3.
- Paso 4: El par de aplicación crea un canal (requerimientos seguidos a través de los caminos de comunicación 1, 2 y 3). El canal resultante en el plano de usuario 4 llevará los datos intercambiados actuales hacia la aplicación.

La DMIF esta involucrada en todos los cuatro pasos.

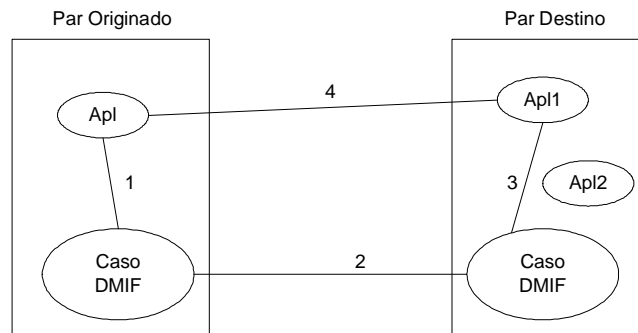


Figura 3.39 Modelo Computacional

3.4.3.2 Sistema MPEG-4

La Parte 1 del sistema (parte 8 del MPEG-4), tal vez representa el más radical desarrollo con respecto a los estándares MPEG previos. Los objetos basados en lo natural del MPEG-4, necesitan nuevas aplicaciones para el Sistema MPEG-4, aunque los tradicionales problemas de multiplexación y sincronización todavía siguen siendo importantes. Para la sincronización, el cambio para el Sistema MPEG-4 fue entregar un mecanismo para mantener un gran número de tramas, con el resultado que de hecho una escena típica de MPEG-4 puede estar compuesta de varios objetos. En adición, el posicionamiento espacio temporal de estos objetos forman una escena (o descripción de la escena) como la clave del nuevo componente. Aún más, el Sistema MPEG-4 también tuvo que trabajar con los problemas de interactividad entre el usuario y la escena. Otro punto, agregado después durante el desarrollo de la versión 1 del Sistema MPEG-4, era el problema de administrar y proteger la propiedad intelectual relacionada con el contenido multimedia.

Más preciso, las especificaciones de la versión 1 del Sistema MPEG-4 cubren los siguientes aspectos:

Modelo terminal para administración de tiempo y buffer

Codificación de la representación de la descripción de la escena

Codificación de representación de Descriptores de Objetos – metadatos (y otros)

Codificación de representación de contenido AV (objeto audiovisual)
información de Contenido del Objeto OCI (Object Content Information)
Una interfase para propiedad intelectual IPMP (Intellectual Property
Management and Protection)
Codificación de representación de información de sincronismo – Capa Sync
SL
Multiplexación de tramas elementales para tramas simples – Herramientas
FlexMux

Actualmente, el trabajo se hace en la versión 2 del Sistema MPEG-4 que extiende las especificaciones de la versión 1. Las especificaciones de la versión 2 concluyen las capacidades adicionales como se indica a continuación.

MPEG-4 Formato de Archivo (MP4) - Un formato de archivo para intercambio
MPEG-4 sobre Protocolo de Internet y MPEG-4 sobre MPEG-2
Descripción de la escena – aplicación de textura, audio avanzado, claves de crominancia, mantenimiento de mensajes
MPEG-J basado en Java control flexible de Sistemas de arreglo MPEG-4

Es importante que se reitere que el MPEG-4 es un estándar basado en objetos para la codificación multimedia y considerando que los códigos de estándares anteriores preprocesan multimedia (por ej.: una escena de video y su correspondiente audio), el MPEG-4 codifica individualmente los objetos de video y los objetos de audio en la escena y entrega en adición códigos de descripción de la escena. En el final de la decodificación, la descripción de la escena y los objetos multimedia individuales son decodificados, sincronizados y preparados para la presentación. La Figura 3.40 muestra la arquitectura de alto nivel de un terminal MPEG-4.

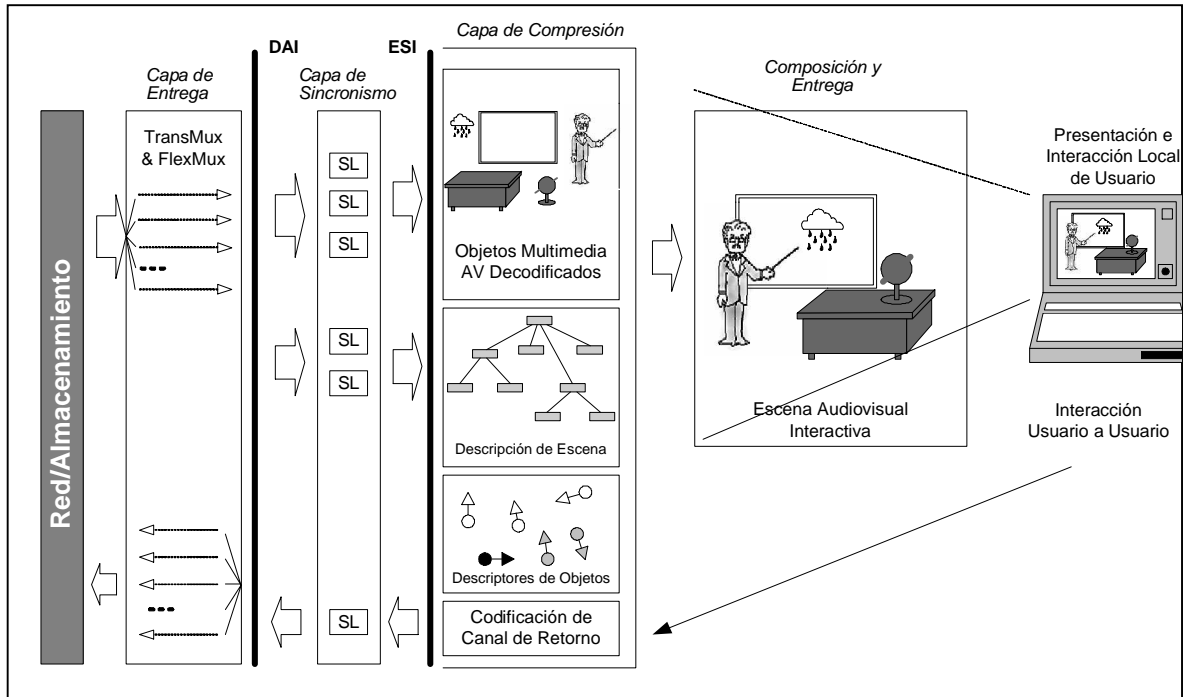


Figura 3.40 Arquitectura de un Terminal MPEG-4

La arquitectura muestra las tramas de MPEG-4 entregadas sobre un medio, red o almacenamiento mediante la capa de entrega, que incluye la multiplexación de transporte, TransMux (No estandarizada por el MPEG-4, pero podría ser UDP, AAL 2, Tramas de transporte MPEG-2, etc.) y una multiplexación opcional llamada FlexMux. Las tramas Demultiplexadas por la FlexMux entregadas mediante el interface DAI e ingresadas a la capa de sincronismo, resultando en tramas elementales SL paquetizadas que están listas para ser decodificadas. La capa de compresión encapsula las funciones multimedia, la descripción de la escena y el descriptor de objeto decodificado, entregando objetos individuales decodificados y descriptores relacionados. La composición y los procesos de entrega utilizan la descripción de la escena y el multimedia decodificado para componer y entregar la escena audiovisual y pasarla al presentador. Un usuario puede interactuar con la presentación de la escena y la acción necesaria como resultado (por ej.: requerimiento de tramas multimedia adicional) es enviada de retorno hacia la red o medio de almacenamiento a través de compresión, sincronización y capa de entrega.

3.4.3.2.1 Modelo del Sistema Decodificador

La clave en el diseño de un sistema de comunicación audiovisual es asegurar que el reloj es representado y reconstruido propiamente por el terminal. Esto sirve para dos propósitos: primero, esto asegura que el “evento” ocurra al tiempo designado como lo indica el creador del contenido, y segundo, el remitente puede controlar correctamente el comportamiento del receptor. La referencia de la señal de tiempo (time stamps) y el reloj, son dos conceptos claves que son utilizados para controlar el comportamiento del cronometro del decodificador. La recuperación del Reloj es típicamente realizado utilizando la referencia de reloj. El sistema receptor tiene su sistema local de reloj, que es controlado por una Fase de Lazo Cerrado PLL (Phase Locked Loop), controlado mediante las diferencias entre las referencias de reloj recibidas y las referencias de reloj locales al tiempo que llegan. Además, unidades de codificación son asociadas con las señales de tiempo (time stamps) decodificadas, indicando el momento en el cual una unidad es retirada del buffer decodificador del sistema receptor. Asumiendo un número finito de recursos de buffer en el receptor mediante una apropiada recuperación del reloj y de la señalización de tiempo (time stamping) de los eventos, la fuente puede asegurar siempre que estos recursos no se agoten. Así la combinación de la referencia de reloj y la señal de tiempo (time stamps) es suficiente para un control total del receptor. MPEG-4 define un modelo de sistema decodificador SDM (System Decoder Model), un modelo conceptual que permite precisar la definición de los eventos de decodificación, los eventos de composición y los momentos en los cuales estos eventos ocurren. Este representa a una unidad ideal en la cual las operaciones pueden ser inequívocamente controladas y caracterizadas. El modelo del sistema decodificador MPEG-4 expone recursos disponibles en el terminal receptor y define cómo estos pueden ser controlados mediante el transmisor o el creador de contenido.

El SDM es mostrado en la Figura 3.41. El buffer FlexMux es el buffer receptor que puede almacenar las tramas FlexMux y pueden ser monitoreadas por el transmisor para determinar los recursos FlexMux que son utilizados durante la sesión.

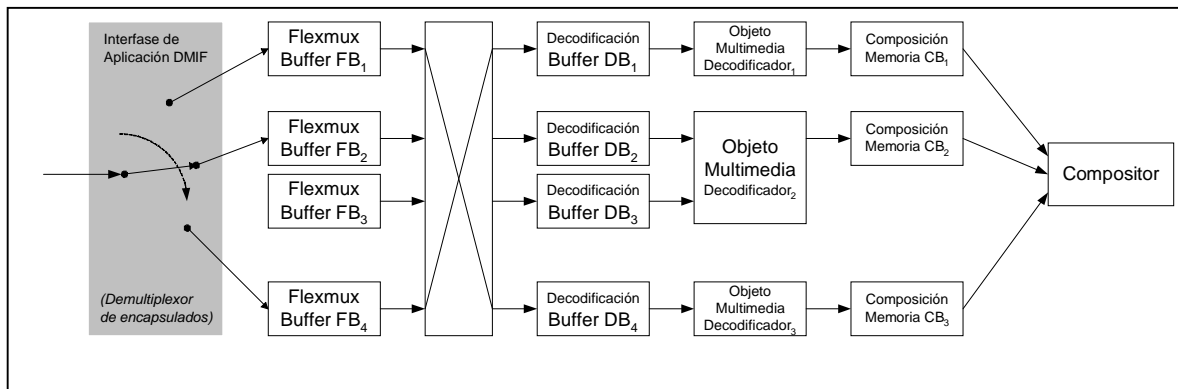


Figura 3.41 Modelo del Sistema Codificador

Además, el SDM está compuesto por un conjunto de decodificadores (para varios tipos de objetos audio o visuales), entregados con dos tipos de buffer: decodificador y de composición. El buffer decodificador tiene la misma funcionalidad como las especificaciones del MPEG previo y es controlado mediante las referencias de reloj y las señales de tiempo decodificadas. En el MPEG-2, cada programa tiene su propio reloj; una apropiada sincronización fue asegurada mediante el uso del mismo reloj para la codificación y transmisión de los componentes de audio y video. En el MPEG-4, cada objeto individual se asume que tiene su propio reloj u objeto de base de tiempo OTB (Object Time Base). Por supuesto muchos objetos pueden compartir el mismo reloj. En adición, las unidades de código de los objetos individuales (Unidades de Acceso AUs, correspondientes a un instante de un objeto de video o a un conjunto de muestras de audio) están asociadas con las señales de tiempo decodificadas DTSs (Decoding Time Stamps). Nótese que la operación de decodificación en el DTS es considerada (para el modelo ideal) instantánea. La composición de buffers que están presentes en la salida del decodificador son un segundo conjunto de buffers. Su uso está relacionado a la persistencia de los objetos. En algunas situaciones, un creador de contenido puede querer reutilizar un objeto en particular después de haber sido presentado. Mediante la exposición de la composición de buffer, el creador de contenido puede controlar el tiempo de vida de los datos en el buffer para su utilización posterior. Esta característica puede ser particularmente útil en ambientes inalámbricos con poco ancho de banda. MPEG-4 define una señal de tiempo (time stamp) adicional, la señal de tiempo de composición CTS (Composition Time Stamp), que define el momento en el que un

dato es tomado del buffer de composición para la composición y presentación (instantánea). Para coordinar varios objetos en orden, se asume un solo sistema básico para ser presentado en el sistema receptor. Todos los objetos basados en tiempo, son en consecuencia graficados en el sistema de base de tiempo para que una sola noción de tiempo exista en el terminal. Para propósitos de recuperación de reloj una sola trama debe ser designada como maestra. La especificación actual no indica la trama que tiene este papel, pero una posible candidata es la que contiene la descripción de la escena. Nótese también que en contraste con el MPEG-2, la resolución tanto del STB como de los OCRs no es asignada por la especificación. De hecho, el tamaño de los campos OCR (optical character recognition) para un acceso individual son totalmente configurables.

3.4.3.2 Descripción de la Escena

La descripción de la Escena se refiere a la especificación del posicionamiento espaciotemporal y el comportamiento individual de los objetos. Esto permite la fácil creación del contenido audiovisual exigido. Nótese que la descripción de la escena es transmitida en una trama separada de los objetos multimedia individuales. Lo que permite el cambio de la descripción de la escena sin la manipulación de ninguna de las partes de los objetos. La descripción de la escena MPEG-4 extiende y parametriza el lenguaje de modelamiento de realidad virtual VRML (Virtual Reality Modeling Language), que es un lenguaje textual para describir la escena en tres dimensiones (3D). Hay dos razones principales por lo menos para esto. Primera, el MPEG-4 necesita la capacidad de descripción de la escena no solo en tres dimensiones sino también en dos dimensiones (2D), así que el VRML necesita ser extendido para soportar 2D, y segundo, siendo un lenguaje textual, el VRML no era conveniente para la transmisión con bajo encabezamiento (low-overhead) y así fue desarrollado un parámetro para binarizar el VRML llamado Formato Binario para Escenas BIFS (Binary Format for Scenes).

En el VRML, los nodos son elementos que pueden ser agrupados para organizar el esquema de la escena mediante la creación de un gráfico de la escena. En el gráfico de la escena, el secreto es el alto nivel jerárquico con ramas

representado por grupos “niños” bajo este. Las características de los nodos “padres” son heredadas por los nodos “niños”. Una cruda clasificación de nodos puede ser hecha en la base, si estos son nodos agrupados o nodos terminales. El VRML soporta un total de 54 nodos, y de acuerdo a otra clasificación éstos pueden ser divididos en dos categorías principales: los nodos gráficos y los nodos no gráficos. Los nodos gráficos son nodos que son utilizados para construir las escenas dadas. Los nodos gráficos pueden ser divididos en tres subcategorías con muchos nodos por subcategoría: nodos agrupados (Shape “Forma”, Anchor “Ancla”, Billboard “Cartelera”, Colisión, Grupo, Transformada, Inline “Enlínea”, LOD, Switch), nodos geométricos (Cuadrado, Cono, Cilindro, ElavationGrid “CuadrillaElevada”, Expulsión, IndexedFaceSet, IndexedLineSet, PointSet, Esfera, Texto) y nodos de atributos (Apariencia, Color, Coordinación, FontStyle, ImageTexture, Material, MovieTexture, Normal, PixelTexture, TextureCoordinate, TextureTransform). Los nodos no gráficos aumentan la escena de 3D mediante la adición de efectos dinámicos como el sonido, activación de eventos y animación. Los nodos no gráficos, también pueden ser divididos en tres subcategorías con muchos nodos por subcategoría: sonido (AudioClip, Sound), activación de eventos (CylinderSensor, PlaneSensor; ProximitySensor, SphereSensor, TimeSensor, TouchSensor, VisibilitySensor, Script) y animación (ColorInterpolator, CoordinateInterpolator, NormalInterpolator, OrientationInterpolator, PositionInterpolator, ScalarInterpolator).

Cada nodo VRML puede tener un numero de campos que parametrizan al nodo. Los campos en VRML forman la base del modelo de ejecución. Hay cuatro tipos de campos; field, eventIn field, eventOut field y exposedField. El primer campo, lleva valores de datos que definen características del nodo; el segundo campo, eventIn acepta los eventos entrantes que cambian estos valores a valores del evento por si mismo (sink); el tercer campo, eventOut, saca estos valores como un evento (fuente); y, el cuarto campo, exposedField, permite la aceptación de un nuevo valor y puede enviar este valor a la salida como un evento (fuente y sink). Los campos que aceptan un solo valor tienen el prefijo SF (single field) y los que aceptan múltiples valores tienen el prefijo MF. Todos los nodos contienen campos de uno o más de los siguientes tipos: SFNode/MFNode, SFBool, SFColor/MFCOLOR, SFFloat/MFFloat, SFImage, SFInt32/MFInt32,

SFRotation/MFRotation, SFString/MFString, SFTime/MFTime, SFVec2/MSFVec2 y SFVec3/MSFVec3. Una RUTA provee el mecanismo para enlazar la fuente identificada y sink, los campos de nodos para activar una serie de eventos a seguir. Así se activan los eventos a seguir entre los campos, habilitando la propagación de los cambios en el gráfico de la escena; un autor de una escena puede atar (campos de) los nodos juntos.

El Formato Binario para Escenas aunque se basa en VRML, se extiende en muchas direcciones. Primero, este provee una representación binaria del VRML2.0; esta representación es mucho más eficiente para almacenamiento y comunicación que la representación binaria directa del texto VRML como ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Segundo, en reconocimiento del hecho de que las BIFS necesitan representar no solamente escenas 3D sino también escenas normales 2D (audiovisuales), esto aumenta un número de nodos 2D incluyendo versiones 2D de muchos nodos 3D. Tercero, este incluye mejor soporte para multimedia específico MPEG-4 como es video, animación facial y sonido mediante la adición de nuevos nodos. Cuarto, este mejora la capacidad de animación del VRML y aun más aumenta la capacidad de tramas. Las BIFS soportan cerca de 100 nodos, la mitad del VRML y la mitad de nuevos nodos. Esto especifica las restricciones en la semántica de varios nodos VRML. Entre los nodos aumentados al VRML están compartidos nodos (AnimationStream, AudioDelay, AudioMix, AudioSource, AudioFX, AudioSwitch, Condicional, MediaTimeSensor, QuantizationParameter, TermCap, Valuator, BitMap), nodos 2D (Background2D, Circle, Coordinate2D, Curve2D, DiscSensor, Form, Group2D, Image2D, IndexedFaceSet2D, IndexedLineSet2D, Inline2D, Layout, LineProperties, Material2D, PlaneSensor2D, PointSet2D, Position2DInterpolator, Proximity2Dsensor, Rectangle, Sound2D, Switch2D, Transform2D) y nodos 3D (ListeningPoint, Face, FAP, Viseme, Expression, FIT, FDP). El nodo Script (escritura), es un nodo VRML que adhiere una programabilidad interna a la escena, ha sido recientemente incluido a las BIFS. Sin embargo, considerando que el nodo Script en VRML soporta Java y JavaScript como lenguajes de programación script, la BIFS soportan solamente JavaScript.

3.4.3.2.3 Descripción de la Escena Asociada con Tramas Elementales

Objetos individuales de datos y la información de la descripción de la escena son llevadas por separado en tramas elementales ESs (Elementary Streams). Como resultado, los nodos multimedia BIFS necesitan un mecanismo para asociarse por si solos con las ESs que llevan sus datos (Objetos de datos de codificación natural de video, etc.). Un mecanismo directo necesitaría la inclusión de información relacionada al transporte en la descripción de la escena. Como se mencionó anteriormente, un importante requerimiento en el MPEG-4 es la independencia en el transporte. Como resultado un mecanismo indirecto fue adoptado, utilizando descriptores de objetos (ODs).

Cada nodo multimedia es asociado a un identificador de objeto, el cual a su vez únicamente identifica un OD. Dentro de un OD, está información de cuantos ESs están asociados con un objeto en particular (puede ser más de uno para codificación escalable de video – audio o codificación de audio multicanal) y la información descriptiva de cada una de las tramas. La última información incluye el tipo de trama, así como, cómo localizarlo dentro de un ambiente particular de red utilizado. Esta aplicación simplifica la remultiplexación (por ej.: a través de interfaces alámbricas o inalámbricas), ya que es solamente una entidad que puede necesitar ser modificada. El descriptor de objeto permite una única referencia para una trama elemental mediante un *id*; este *id* puede ser asignado mediante la capa de aplicación cuando el contenido es creado. El canal de transporte por donde pasa esta trama puede asignarla después mediante una entidad de transporte; que es identificado por el canal mediante la asociación de una etiqueta con un *id* de trama elemental ES_ID (Elementary Stream id) mediante una tabla de trama. En las aplicaciones interactivas, el terminal receptor puede seleccionar la trama elemental deseada, enviar un requerimiento y recibir la tabla de tramas de retorno. Para aplicaciones de difusión y almacenamiento, la tabla de trama completa debe ser incluida en la aplicación de señalización de canal.

3.4.3.2.4 Multiplexación

El MPEG-4, para entrega, soporta dos tipos mejores de multiplexación, la TransMux y la FlexMux. La TransMux no es especificada por el MPEG-4 pero se proporcionan las anclas para habilitar cualquiera de los transportes comúnmente utilizados (tramas de transporte MPEG-2, UDP, AAL2, H.223, etc.) que pueda necesitar la aplicación. Además, la FlexMux o multiplexación flexible, aunque especificada por el MPEG-4, es opcional. Este es un muy simple diseño, pensado para sistemas que no puedan proporcionar servicios nativos de multiplexación. Un ejemplo es el canal de datos disponible en los teléfonos celulares GSM. Su uso sin embargo, es enteramente opcional y no afecta la operación del resto del sistema. La FlexMux proporciona dos modos de operación, un modo simple y el modo "muxcode". La clave bajo el concepto de diseño de la multiplexación del MPEG-4 es la independencia de la Red. El contenido de MPEG-4 puede ser entregado a través de una gran variedad de canales desde los canales con muy baja tasa de bits como los inalámbricos, hasta los de alta velocidad como ATM, y sistemas de difusión para DVDs. Claramente, el ancho espectro de canales podría no permitir una sola solución para ser utilizada. Al mismo tiempo, la implementación de un gran número de diferentes herramientas y configuraciones, podría hacer a las implementaciones extremadamente complejas y con una excesiva fragmentación, haciendo la interoperabilidad extremadamente difícil para hacerlo en la práctica. Consecuentemente, se asumió que el MPEG-4 no proporciona características de una capa de transporte específica pero se aseguraría en cambio de que sea fácil de exponer para las capas existentes.

El siguiente nivel de multiplexación en MPEG-4 es proporcionado por la capa de sincronismo (SL), que es la portadora básica de temporización e información de enmarcación. Es en este nivel donde las señales de tiempo (time stamps) y las referencias de reloj son proporcionadas. La capa de sincronismo especifica la sintaxis para la paquetización de las tramas elementales en unidades de acceso o partes de esto. Tal como un paquete es llamado paquete SL, una secuencia de tales paquetes es llamado trama SL paquetizada (SPS). Las unidades de acceso son las únicas entidades de semántica que necesitan mantenerse de principio a fin, es decir punto a punto (end to end); su contenido es opaco. Las unidades de acceso son utilizadas como las unidades básicas de sincronización. Un paquete SL consiste en un encabezamiento del paquete SL y la carga útil del paquete SL.

Los detalles de la semántica de las señales de tiempo (time stamps) definen los aspectos de la temporización del modelo del sistema decodificador. El encabezamiento de un paquete SL es configurable. Un paquete SL no contiene una indicación de su longitud por lo que un paquete SL debe ser enmarcado por un protocolo de capa inferior, por ej.: la herramienta FlexMux. Consecuentemente, la trama de paquetización SL no proporciona la identificación del ES_ID (ids de la trama elemental) asociado con la trama elemental en la cabecera del paquete SL. Como se menciono anteriormente, esta asociación debe ser llevada a través de la tabla de trama utilizando la señalización apropiada mediante la capa de entrega. La información de paquetización es intercambiada entre la entidad que genera las tramas elementales y la capa de sincronismo; esta relación es especificada mediante un interface conceptual llamado interface de trama elemental ESI (elementary stream interface).

3.4.3.3 Visual MPEG-4

Parte 2, la parte Visual del MPEG-4, integra un número de técnicas de codificación visual en dos de las mejores áreas, video natural y Visual sintético. Visual MPEG-4 incorpora un número de funcionalidades controladas por aplicaciones, como son la robustez contra errores en Internet y aplicaciones inalámbricas, codificación de video para bajas tasas de bits para videoconferencias, codificación de alta calidad de video para sistemas de entretenimiento en casa, video basado en objetos y basado en objetos escalables para multimedia flexible y codificación de malla y superficie para animación y modelación sintética. Así, el MPEG-4 integra funcionalidades ofrecidas por el video MPEG-1, video MPEG-2, video basado en objetos y visual sintético.

Más preciso, las especificaciones del video MPEG-4 versión 1 cubre los siguientes aspectos:

Video natural – codificación de movimiento compensado DCT de objetos de video

Herramientas de video sintético – codificación de malla y de face de objetos de estructura de alambre

Decodificación de textura estática – cartera de decodificación de objetos de textura de imagen

La Figura 3.42 muestra una vista simplificada de alto nivel de la decodificación Visual MPEG-4. Las tramas de bits visuales a ser decodificadas, son demultiplexadas y decodificadas en longitud variable dentro de las tramas individuales correspondientes a los objetos y entregada a uno de los cuatro procesos – decodificación de face, decodificación de textura estática, decodificación de malla, o decodificación de video. El proceso de decodificación de video también incluye la decodificación de forma, decodificación de compensación de movimiento y decodificación de textura. Después del proceso de decodificación, la salida de la fase, la textura estática, la malla y la decodificación de video se envía para la composición.

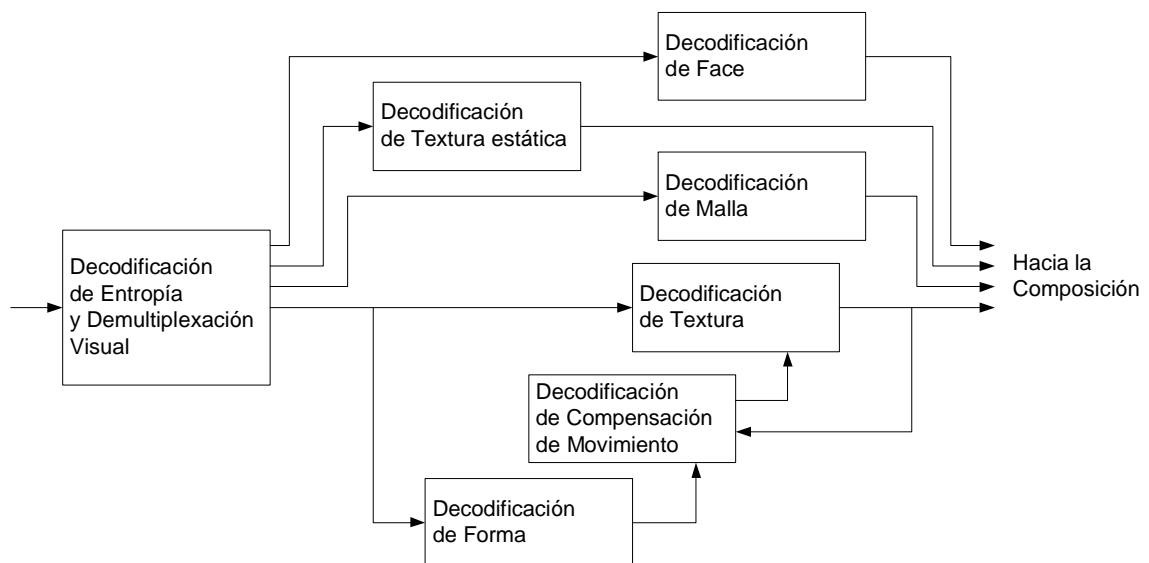


Figura 3.42 Decodificación visual MPEG-4

3.4.3.3.1 Video Natural

La descripción de la codificación de video, se toma prestada del Video VM8,9,12, la descripción de la decodificación no cambia con respecto a las anteriores. Una entrada de secuencia de video contiene una secuencia de imágenes instantáneas relacionadas, separadas en el tiempo. En el MPEG-4, cada imagen es considerada como objetos que consisten en instantes temporales

que sufren una variedad de cambios como traslaciones, rotaciones, descargas y variaciones de brillo y color. Es más, nuevos objetos ingresan a la escena y/o objetos existentes la dejan, dejando la presencia de instantes temporales de ciertos objetos solo en ciertas imágenes. Algunas veces, ocurren cambios de la escena y así la escena entera debe ser reorganizada o remplazada por la nueva escena. Muchas funcionalidades del MPEG-4 requieren no solo acceso a una secuencia entera de imágenes sino también a un objeto entero y aún más, no solamente a imágenes individuales sino también a instantes temporales de estos objetos dentro de una imagen. Un instante temporal de un objeto de video puede ser visto como un instante de un objeto formado que ocurre dentro de una imagen, así que como una imagen, éste es pensado como una unidad de acceso y a diferencia de una imagen se espera de éste tener un significado semántico. El concepto de objetos de video (VOs) y sus instantes temporales, planos de objetos de video (VOPs), es el centro del video MPEG-4. Un VOP puede ser totalmente descrito mediante la variación de textura (un conjunto de valores de luminancia y crominancia) y la representación de forma. En las escenas naturales, los VOPs son obtenidos mediante una segmentación semiautomática o automática y la información de forma resultante puede representarse como una máscara de *forma binaria* (*binary shape mask*). Por otro lado en las escenas híbridas natural y sintética generadas por la composición de pantallas azules, la información es representada por componentes de 8-bits, llamados *forma de escala de grises*.

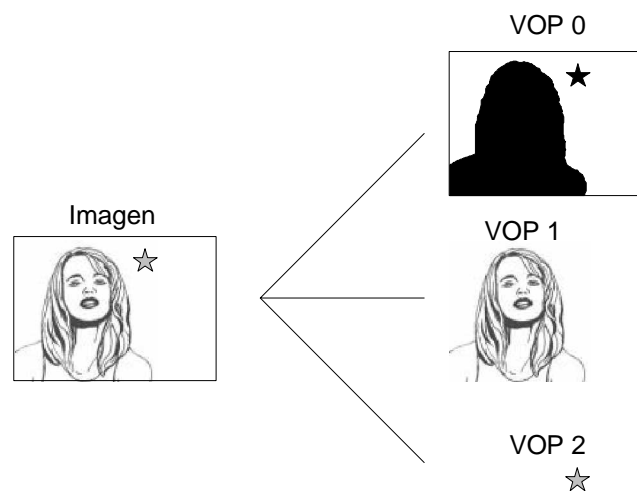


Figura 3.43 Segmentación semántica de la imagen en VOP's

La Figura 3.43 muestra la descomposición de una imagen separada en VOPs. La escena consiste en dos objetos (un busto de un humano y un icono) y el fondo. Los objetos son segmentados de forma semiautomática o automática y están nombrados como VOP1 y VOP2, y el fondo sin los objetos es llamado VOP0. Cada imagen en la secuencia es segmentada de esta manera en VOPs. Así, una secuencia segmentada contiene un conjunto de VOP0s, un conjunto de VOP1s y un conjunto de VOP2s; en otras palabras, para el ejemplo, la secuencia segmentada consiste de VO0, VO1 y VO2. Los VOs individuales, son codificados separadamente y multiplexados para formar una trama de bits a la que los usuarios pueden acceder y manipular (ej.: pegar, cortar). Junto a los VOs, el codificador envía información acerca de la composición de la escena para indicar donde y cuando los VOPs de un VO serán mostrados. Esta información es sin embargo opcional y puede ser ignorado por el decodificador, que puede usar información específica de usuario acerca de la composición.

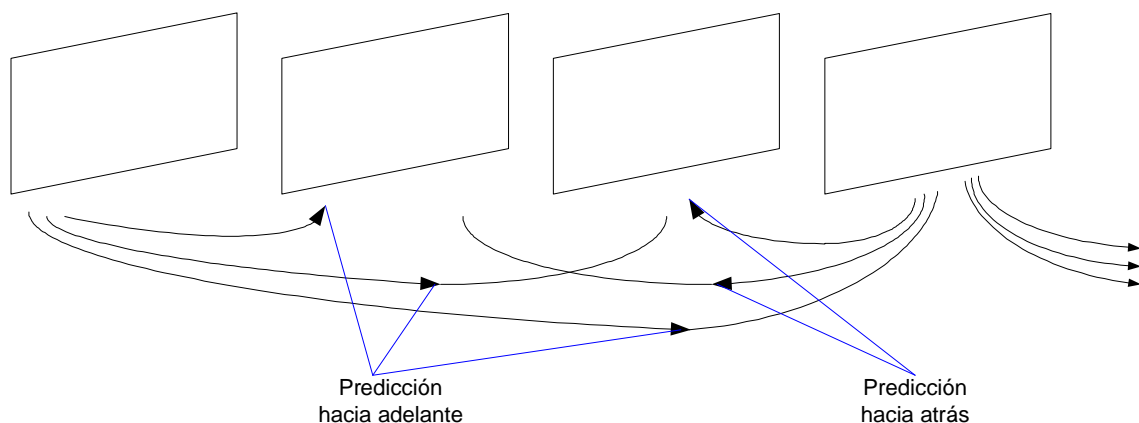


Figura 3.44 Estructura de una codificación VOP

La Figura 3.44 muestra un ejemplo de la estructura de VOP en la codificación de video MPEG-4 que utiliza un par de B-VOPs entre dos VOPs (I- o P-) de referencia. Básicamente, este ejemplo de estructura es similar al ejemplo mostrado para la codificación MPEG-1/2, con la diferencia de que en lugar de las imágenes (o cuadros/campos), la codificación ocurre en un VOP básico. En el Video MPEG-4, una secuencia de entrada puede ser dividida en grupos de VOPs (GOPs), donde cada GOV empieza con una I-VOP y el resto de los GOV contienen un arreglo de P-VOPs y B-VOPs. Para propósitos de codificación, cada

VOP es dividido en un número de macrobloques; como en el caso del MPEG-1/2 cada macrobloque es básicamente 16 x 16 bloques de luminancia (o alternativamente, cuatro bloques de 8 x 8) con los correspondientes bloques de crominancia. Una estructura de paquetes opcional puede ser impuesta en los VOPs para proporcionar mayor robustez en los ambientes propensos a errores.

A un nivel bastante alto, el proceso de codificación del video MPEG-4 es bastante similar al del MPEG-1/2. En otras palabras, la codificación de video MPEG-4 también explota la redundancia espacial y temporal. La redundancia espacial es explotada mediante la codificación en bloques DCT y la redundancia temporal es explotada mediante la compensación de movimiento. En adición, el video MPEG-4 necesita codificar la forma de cada VOP; la codificación de forma en MPEG-4, también utiliza compensación de movimiento para la predicción. Intencionalmente, la codificación de video MPEG-4 soporta tanto video no interlazado (ej., como el video codificado MPEG-1) y video interlazado (ej., como el video codificado MPEG-2).

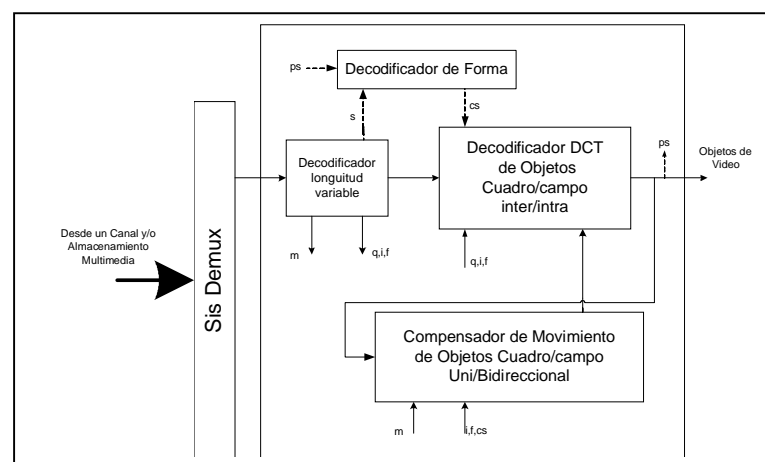


Figura 3.45 Sistema Demultiplexor y decodificador de video MPEG-4

La Figura 3.45 es un diagrama de bloques simplificado que muestra un decodificador de video MPEG-4 que recibe tramas de bits para ser decodificadas de un sistema demux MPEG-4. El decodificador de video MPEG-4 consiste en un decodificador de longitud variable, un decodificador inter/intra cuadro/campo DCT, un decodificador de forma y un compensador de movimiento uni/bidireccional cuadro/campo. Después de demultiplexar, las tramas de bit de video son enviadas al decodificador de longitud variable para decodificar los vectores de movimiento

(m), cuantizar la información (a), decidir inter/intra (i), decidir cuadro/campo (f), identificar la forma (s), y los datos están constituidos por los índices de los coeficientes de cuantización DCT. Los identificadores de forma son decodificados mediante el decodificador de forma [y puede emplear predicción de forma de movimiento utilizando la forma previa (ps)] para generar la forma actual [(cs) current shape]. El decodificador inter/intra cuadro/campo DCT utiliza los índices de coeficientes decodificados DCT, la forma actual, la información de cuantización, la decisión inter/intra y la información cuadro/campo para descuantizar los índices para el rendimiento de los bloques de coeficientes DCT dentro del objeto para después transformar inversamente cada bloque para recuperar los bloques de píxels decodificados (así como en el caso del video MPEG-2 con excepción de la información de forma). El compensador de movimiento uni/bidireccional cuadro/campo, si el modo de codificación es inter (basada en la decisión inter/intra), utiliza vectores de movimiento, la forma actual y la información cuadro/campo para generar bloques de predicción de movimiento – compensado (como en el caso del video MPEG-2 con la diferencia de la información de forma) que son entonces devueltos a la correspondiente salida de bloques de predicción de error decodificados mediante el decodificador inter/intra cuadro/campo DCT para generar los bloques decodificados. Si el modo de codificación es intra, no es necesario predicción de movimiento compensado para ser adherido a la salida del decodificador inter/intra cuadro/campo DCT. Los VOPs decodificados resultantes son la salida en la línea etiquetada como objetos de video. No todos los decodificadores de video MPEG-4 son capaces de decodificar objetos de video interlazado; en efecto, en un escenario simple, todos los decodificadores de video MPEG-4 no son capaces incluso de decodificar forma. Aquí se hace una gruesa simplificación de los detalles de la decodificación, conceptualmente se ha trabajado con la complejidad de un escenario donde se describen la mayoría de modos de codificación. MPEG-4 también ofrece una plataforma de escalabilidad generalizada que soporta los principales tipos de escalabilidad, tanto escalabilidad temporal como espacial. La codificación escalable, ofrece medios para descargar la complejidad del decodificador si los recursos del procesador y/o la memoria son limitados y a menudo con variación de tiempo. Además, la escalabilidad también permite una alta degradación de la calidad cuando los recursos de ancho de banda son limitados y cambian

continuamente. Incluso permite incrementar la detección de errores bajo condiciones de canales ruidosos. La codificación escalable temporal ofrece a los decodificadores un medio de incrementar la resolución temporal del video decodificado utilizando una capa VOPs de decodificación perfeccionada en conjunto con la capa base VOPs de decodificación. Codificación de escalabilidad espacial, por otro lado, ofrece al decodificador un medio de decodificación y despliegue, a mas de la capa base o el perfeccionamiento de la capa de salida; típicamente, ya que la capa base utiliza un cuarto de la resolución de la capa perfeccionada, la salida de la capa perfeccionada provee una mejor calidad, aún que requiere de un incremento en la complejidad de la decodificación. La plataforma del MPEG-4 con escalabilidad generalizada, utiliza B-VOPs que existen solo en la capa perfeccionada para lograr escalabilidad tanto temporal como espacial; la capa perfeccionada B-VOPs modificada utiliza la misma sintaxis que la B-VOPs normal pero con la semántica modificada, que permite a esta utilizar un numero de estructuras de predicción de entre capas necesarias para la codificación escalable.

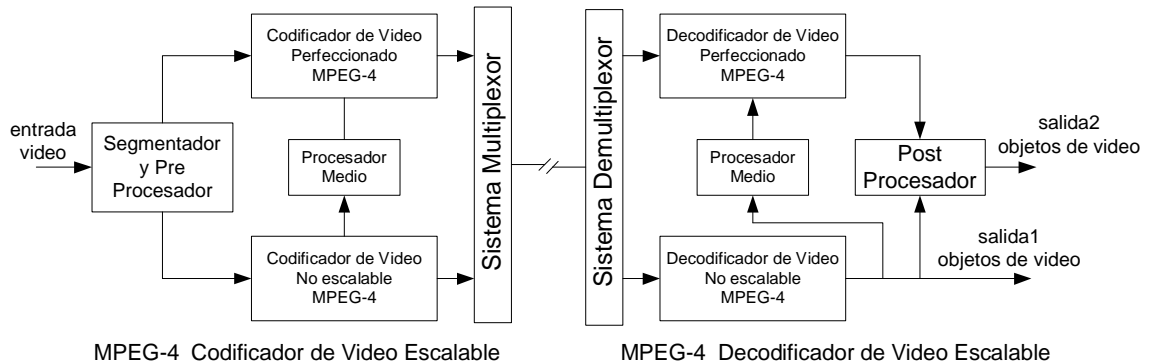


Figura 3.46 Decodificador MPEG-4 de video escalable

La Figura 3.46 muestra dos capas generalizadas de la estructura de codificación para la escalabilidad del MPEG-4, que es muy similar a la estructura de escalabilidad del MPEG-2 mostrado en la Figura 3.32. La diferencia principal esta en la fase de procesamiento y en los codificadores y decodificadores permitidos en las capas bajas (base) y altas (perfeccionadas). Ya que el video MPEG-4 soporta escalabilidad basada en objetos, el preprocesador es modificado para realizar la segmentación VO y generar dos tramas de VOPs por VO (mediante procesamiento espacial o temporal, dependiendo del tipo de

escalabilidad). Una de las tramas que es la entrada para la codificación de capa inferior, en este caso, codificación de video no escalable MPEG-4, y la otra para la capa de codificación alta identificada como codificación de video perfeccionado MPEG-4. El papel del procesador intermedio es el mismo que en el MPEG-2, o para el muestreo espacial de VOPs de capa inferior o para dejarlos pasar a través, en cualquiera de los dos casos para permitir la predicción de VOPs de la capa perfeccionada. Las dos tramas de bits codificadas son enviadas hacia el Sistema Mux MPEG-4 para la multiplexación. La operación de decodificación escalable es básicamente la inversa que la de la codificación escalable, tal como en el caso del MPEG-2. La salida de la decodificación de las capas base y altas son dos tramas de VOPs que son enviadas al procesador posterior, para dejarlas pasar a través de las capas superiores o para ser combinadas con las capas inferiores. Por simplicidad, se suministra solo una muestra de un nivel muy alto del concepto principal del video MPEG-4.

3.4.3.3.2 Visual Sintético

Las herramientas incluidas en la parte Visual Sintética del MPEG-4 Visual son:

Animación Facial en MPEG-4 Visual se basa en los parámetros de animación facial (FAPs) y los parámetros de definición facial (FDPs) que son un conjunto de parámetros diseñados para permitir la animación de caras reproduciendo expresiones de la cara, emociones y pronunciación del habla, así como la definición de la forma y textura facial. El mismo conjunto de FAPs, cuando se aplican a diferentes modelos faciales, se obtiene una expresión razonablemente similar y una pronunciación del habla sin la necesidad de inicializar o calibrar el modelo. Por otro lado, los FDPs permiten la definición de una forma facial precisa y de la textura en la fase de inicialización. Si los FDPs son utilizados en la fase de inicialización, es también posible producir precisamente, movimientos de rasgos faciales particulares. Utilizando una conversión de fonema para FAP, es posible para los modelos de control facial aceptar FAPs mediante sistemas de lectura de texto TTS (text-to-speech); esta conversión no esta estandarizada. Debido a que se asume que cada decodificador tiene su modelo de cara por defecto con sus parámetros por

defecto, la fase de inicialización es necesaria no para crear la animación de la cara pero si para personalizar la cara en el decodificador. El conjunto de FAP contiene dos parámetros de alto nivel, *visemes* y *expresiones*. Un viseme es un objeto correlativo visual de un fonema. Los parámetros del viseme permiten dar y reforzar los resultados de otros parámetros, asegurando la correcta entrega de visemes. Todos los parámetros envuelven movimientos traslacionales que son expresados en términos de unidades de los parámetros de animación facial (FAPUs). Estas unidades son definidas con el objeto de permitir la interpretación de los FAPs en cualquier modelo facial de una manera consistente, produciendo resultados razonables en términos de expresión y pronunciación en el hablado. Los FDPs son utilizados para personalizar las propiedades faciales del modelo del decodificador para una cara particular o para bajar un modelo de cara con toda la información acerca de cómo animarla. Los FDPs son normalmente transmitidos una vez por sesión, seguidos por una trama de FAPs comprimida. Sin embargo, si el decodificador no recibe los FDPs, el uso de FAPUs aseguran que se pueda aún interpretar la trama FAP. Esto asegura una operación mínima para la difusión o aplicaciones de teleconferencia. El conjunto de FDP es especificado utilizando un nodo FDP (en el sistema MPEG-4), que define el modelo de cara para ser utilizado en el receptor. La representación basada en malla (*mesh-based*) de un objeto general, natural o sintético es útil para habilitar un número de funciones así como la conversión temporal de tasa, la manipulación de contenido, animación, el aumento (*overlay*) y la transfiguración (uniendo o remplazando video natural con sintético). Visual MPEG-4 incluye herramientas para representaciones triangulares basadas en malla de objetos de propósito general. Un objeto visual de interés, cuando aparece por primera vez (como un 2D VOP) en la escena, es trazado en los parches triangulares, resultando en una malla triangular de 2D. Los vértices de los parches triangulares forman la malla que es llamada *nodo de puntos*, como se observa en la Figura 3.47.

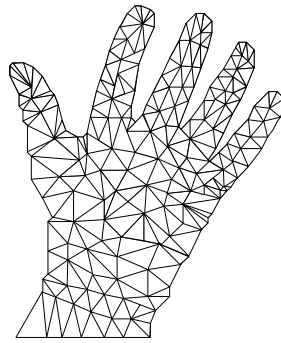


Figura 3.47 Malla de nodo de puntos

El nodo de puntos de la malla inicial es rastreado entonces como los movimientos del VOP sin la escena. El movimiento de 2D de un objeto de video puede ser así compactado representado por el movimiento de vectores del nodo de puntos en la malla. La compensación de Movimiento entonces puede ser conseguida mediante el mapeo de la textura de los parches de VOP a VOP de acuerdo a la transformada afín. La codificación de textura de video o la textura mantenida de un objeto es desarrollada por las herramientas de codificación de textura normal del MPEG-4. Así, un eficiente almacenamiento y transmisión de la representación de la malla de un objeto en movimiento (malla dinámica) necesita de compresión de ésta geometría y movimiento. La malla triangular 2D inicial es una malla uniforme o una malla Ondulada (Delaunay) y la topología de la malla triangular (lazos entre los nodos de puntos) no es codificada; solamente los nodos de puntos 2D coordinados son codificados. Una malla uniforme puede ser completamente especificada utilizando cinco parámetros, como son el número de nodos horizontales y el numero de nodos verticales, las dimensiones horizontales y verticales de cada cuadrángulo que consiste en dos triángulos y el tipo de hendiduras aplicadas en cada cuadrángulo para obtener triángulos. Para una malla Ondulada, el nodo de puntos coordinados son codificados por la primera codificación del nodo de puntos externo y después el nodo de puntos interior de la malla. Para enviar el total de números de nodos de puntos y el numero de nodos de puntos externos, el decodificador conoce cuantos nodos de puntos debe seguir y cuantos de éstos son nodos externos; así es posible reconstruir el polígono externo y la localización de todos los nodos.

La *textura de imagen estática* es codificada mediante la transformada discreta de ondas DWT (discrete wavelet transform); esta textura es utilizada para el mapeo de la textura de caras u objetos representados por la malla. Los datos pueden representar una forma rectangular o arbitraria de VOP. Además para una codificación eficiente, un importante requerimiento de la codificación del mapa de textura es que los datos deberían ser codificados de manera que faciliten una escalabilidad continua, esto permite muchas resoluciones o calidades para ser derivadas de la misma trama de bits codificada. Aunque la codificación basada en la DCT es capaz de proveer una eficiencia de codificación comparable así como unas pocas capas de escalabilidad, la codificación basada en la DWT ofrece la flexibilidad en organización y el número de capas de escalabilidad. Los pasos básicos de un esquema de árbol de ceros (zero-tree) de codificación basada en ondas es el siguiente:

1. Descomposición de la textura mediante el uso de la transformada discreta de onda DWT
2. Cuantización de los coeficientes de onda
3. Codificación de frecuencias bajas de las sub bandas utilizando un esquema predictivo
4. Escaneo del árbol de ceros del orden de altos coeficientes de onda de sub bandas
5. Codificación de la entropía de los coeficientes de onda cuantizados y escaneados y el mapa de significación.

3.4.3.4 Audio MPEG-4

Parte 3, la parte del Audio del MPEG-4, integra un número de técnicas de codificación de audio. El Audio MPEG-4 incorpora un número de funcionalidades derivadas de las aplicaciones, así como robustez contra pérdidas de paquetes o cambios de tasas de transmisión para sistemas de Internet teléfonos, codificación de baja tasa de bits para “party talk”, codificación de alta calidad para música, lectura de texto mejorado TTS (text-to-speech) para “cuenta cuentos” (storyteller), y codificación basada en objetos para sintetización de orquesta musical. Tal como las escenas de video son hechas con objetos visuales, las escenas de audio

pueden ser usualmente descritas como la combinación espacio temporal de objetos de audio. Un “objeto de audio” es una sola trama de audio codificada utilizando la herramienta de codificación del Audio MPEG-4. Los objetos están relacionados con otros mediante mezcla, procesamiento de efectos, conmutación y retardo y puede ser especializado para una situación particular de 3D. El procesamiento de efectos es descrito de manera abstracta en términos de un lenguaje de procesamiento de señales (el mismo lenguaje utilizado para el Audio Estructurado), así los proveedores de contenido pueden diseñar sus propios efectos e incluir estos en la trama de bits.

Más precisamente, las especificaciones del Audio MPEG-4 versión 1 cubre los siguientes aspectos:

Herramientas de codificación de audio de baja tasa de bits – codificación de excitación de código lineal predictivo CELP (code excited linear predictive) y codificación basada en representación paramétrica PARA (parametric representation)

Herramientas de codificación de audio de alta calidad – técnicas de mapeo de frecuencias, AAC y Twin VQ (gemelo VQ)

Herramientas de audio sintético – lectura de texto TTS y Audio Estructurado

3.4.3.4.1 Audio Natural

Codificación de Audio natural en MPEG-4 incluye codificación de baja tasa de bits así como también herramientas de codificación de audio de alta calidad. La Figura 3.48 muestra una composición de imágenes de las aplicaciones del audio MPEG-4 y la codificación del habla, ancho de banda de la señal y el tipo de codificador utilizado. En la figura se puede observar lo siguiente.

Tazas de muestreo por encima de los 8 kHz convenientes para la codificación de voz que puede manejarse por codificación MPEG-4 PARA en una tasa de bits muy baja en el rango de los 2 a los 6 kbit/seg.

Tazas de muestreo de 8 y 16 kHz convenientes para rangos mas anchos de señales de audio que puede ser manejado por codificación MPEG-4 CELP en un rango de baja tasa de bits de 6 a 24 kbit/seg.

Tazas de muestreo que empiezan desde los 8 kHz y van hasta los 48 o incluso 96 kHz conveniente para audio de alta calidad que puede ser manejado por técnicas de tiempo-frecuencia (T/F) como codificación AAC optimizada en el rango de tasa de bit de 16 a 64 kbit/seg.

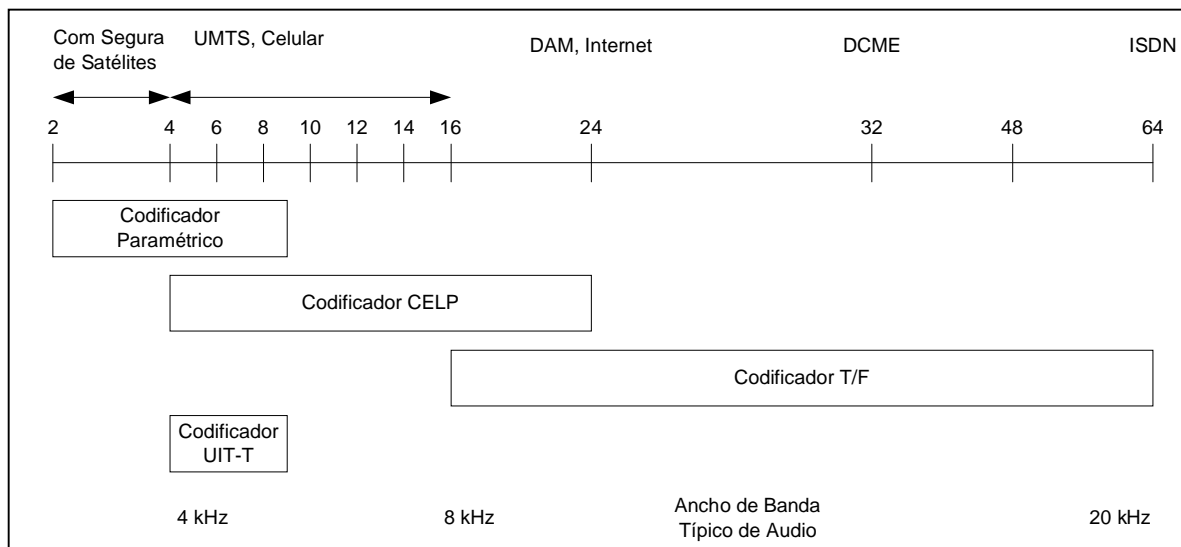


Figura 3.48 Codificación de Audio Natural y sus aplicaciones

La Figura 3.49 es un diagrama de bloques simplificado que muestra la integración de las herramientas de codificación de audio natural MPEG-4. Solamente el final de la codificación se muestra aquí; este consiste en el preproceso, con las facilidades de separación de las señales de audio en los tipos de componentes para emparejar técnicas de codificación entre PARA, CELP y T/F para ser usados. Un análisis de la señal y proporción de control de asignación de la tasa de bits y parámetros de calidad son necesarios por la técnica de codificación escogida.

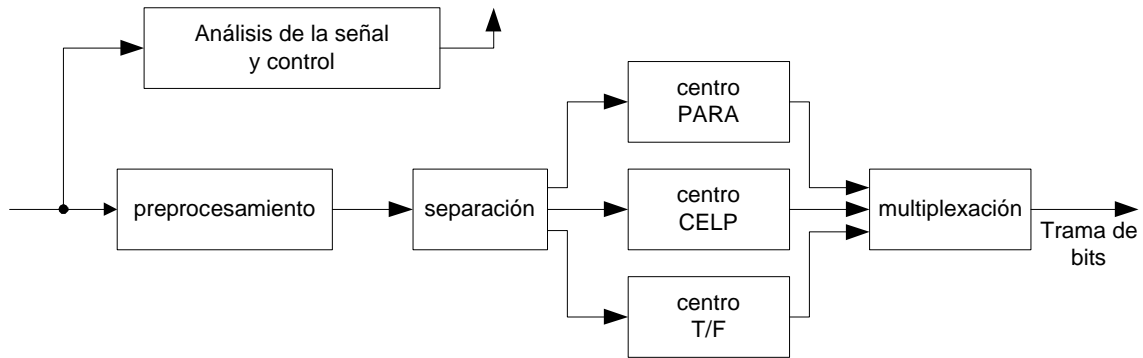


Figura 3.49 Codificación de audio MPEG-4

El codificador PARA ofrece principalmente dos conjuntos de herramientas. Las herramientas de codificación HVXC (codificación de excitación de vector armónico) permiten codificación de señales de voz a 2kbit/seg; las herramientas de codificación de línea individual permiten codificación de señales fuera de la voz como la música a tasas de bits de 4 kbit/seg o más. Los dos conjuntos de herramientas permiten cambio de velocidad independiente y pitch (es decir la periodicidad local) durante la decodificación y pueden ser combinados para mantener un gran rango de señales y tasas de bits.

La codificación CELP está diseñada para codificación de voz utilizando dos frecuencias de muestreo diferentes, nominalmente de 8 kHz y 16 kHz. Los codificadores de voz utilizan tasa de muestreo de 8 kHz llamados codificadores de banda angosta y los que utilizan tasas de muestreo de 16 kHz llamados codificadores de banda ancha.

Los codificadores CELP incluyen herramientas que ofrecen una variedad de funciones incluyendo, control de tasa de bits, escalabilidad de tasa de bits, control de velocidad, escalabilidad en la complejidad y perfeccionamiento del habla. Mediante el uso de codificadores CELP de banda ancha y angosta, es posible expandir una amplia gama de tasas de bits (de 4 a 24 kbit/seg). Control en tiempo real de tasa de bits puede proveerse en pequeños pasos. Una estructura común de herramientas ha sido definida para codificadores de banda angosta y banda ancha; muchas herramientas y procesos han sido definidos para ser

comúnmente utilizados tanto para la banda angosta como para la banda ancha de los codificadores de voz.

Los codificadores T/F proporcionan codificación de audio de gran final (high - end) y está basada en la codificación MPEG-2 AAC. El MPEG-2 AAC es un algoritmo de compresión de audio en “estado de arte” que proporciona una compresión superior a la que proporcionan otros algoritmos. El codificador AAC de transformación utiliza un banco de filtros con una resolución de frecuencias muy fina que permite una compresión de señal superior. El AAC también utiliza un número de nuevas herramientas como la formación temporal de ruido, predicción adaptativa lineal hacia atrás, técnicas de unión de codificación estéreo y codificación de Huffman⁶ de los componentes cuantizados, cada una provee capacidades adicionales de compresión de audio. Además el AAC soporta una amplia gama de tasas de muestreo y tasas de bits, de 1 a 48 canales de audio, por encima de los 15 canales perfeccionados de baja frecuencia, capacidad multilinguaje y más de 15 tramas de datos incluidas. El MPEG-2 AAC provee capacidad de codificación de cinco canales de audio siendo mejor en un factor de 2 en la eficiencia de codificación con respecto al MPEG-2 BC.

3.4.3.4.2 Audio Sintético

El sistema de conversión TTS sintetiza la voz como salida cuando se tiene texto en la entrada. En otras palabras, cuando se proporciona un texto, el TTS cambia el texto a una cadena de símbolos fonéticos y las correspondientes unidades sintéticas básicas son recobradas de la base de datos preparada con anterioridad. Entonces el TTS concatena las unidades sintéticas para sintetizar la salida de voz con la regla para generar prosodia⁷. El MPEG-4 TTS no solamente puede sintetizar la voz de acuerdo a la entrada escrita con la regla para generar prosodia, también ejecuta muchas otras funciones. Como son las siguientes.

1. Síntesis de hablado con la prosodia original del hablado original

⁶ Codificación de Huffman: La técnica más popular para la eliminación de la redundancia de codificación es la de *Huffman*.

⁷ Prosodia: fonología, correcta pronunciación y acentuación de un lenguaje.

2. Herramientas de síntesis de hablado sincronizada con la animación facial (FA)
3. Sincronización de doblado con imágenes en movimiento no mediante grabación de sonido pero si mediante texto y alguna información de la forma de labios
4. Modo de truco de funciones como detener, resumir, adelantar, retroceder sin romper la prosodia incluso en aplicaciones con animación facial (FA) /imágenes en movimiento (MP)
5. Habilidad de los usuarios para cambiar la velocidad de reproducción, tono, volumen, sexo del hablante y edad

El MPEG-4 TTS puede ser usado por muchos lenguajes debido a que este adopta el concepto del código de lenguaje, así como el código del país para llamadas internacionales. Por ahora, solamente 25 países, por ej, los actuales miembros de la ISO, tienen sus propios códigos numéricos, para identificar su propio lenguaje que tenga que ser sintetizado; el código del Alfabeto Fonético Internacional IAP (Internacional Phonetic Alphabet) es asignado como 0. Sin embargo, 8 bits han sido asignados para el código de lenguaje para asegurar que todos los países puedan ser asignados por un código de lenguaje cuando éstos lo requieran en el futuro. El IAP puede ser utilizado para transmitir todos los lenguajes. Para MPEG-4 TTS, solamente los perfiles del interfase de trama de bits son los objetos de la estandarización. Debido a que existe ya muchos tipos diferentes de TTS y que cada país tiene muchas o pocas décimas de TTS sintetizados de su propio lenguaje, es imposible estandarizar todas las cosas relacionadas con los TTS. Sin embargo, se cree que casi todos los TTS pueden ser modificados muy rápido para aceptar el interfase MPEG-4 TTS por los expertos en TTS debido a la simple estructura de los perfiles de la trama de bits del interfase MPEG-4 TTS.

La codificación de *audio estructurado* utiliza un modelo de algoritmo de ultra baja tasa de bits de sonido para codificar y transmitir sonido. MEG-4 estandariza un algoritmo de lenguaje de sonido y varias herramientas relacionadas para la codificación estructurada de los objetos de audio. Utilizando estas herramientas, algoritmos que representan la especificación exacta de una escena de sonido son

creados mediante el diseñador de contenido, transmitido sobre un canal y ejecutado para producir sonido en un terminal. Las técnicas de Audio estructurado en MPEG-4 permiten la transmisión de música sintética y efectos de sonido a tasas de bit desde los 0.01 a 10 kbit/seg. y una descripción concisa de los parámetros de sonido de la postproducción para la mezcla de múltiples tramas y la adición de procesamiento de efectos para las escenas de audio. El MPEG-4 no estandariza el método de síntesis pero sí el lenguaje de procesamiento de una señal para describir el método de síntesis. SAOL (Structured Audio Orchestra Language), se pronuncia "sail", está para Estructurar el Lenguaje de Audio Orquesta y es el lenguaje de procesamiento de la señal que habilita la síntesis de música y efectos de postproducción en MPEG-4. Esto nos lleva a una categoría de síntesis de música de lenguajes de "Música V"; que son, el modelo de procesamiento fundamental que está basado en la interacción de osciladores trabajando a varias tasas. Sin embargo, ha sido adherido al SAOL muchas nuevas capacidades para los modelos de Música V que permiten una descripción de síntesis flexible y mas poderosa. Utilizando éste lenguaje, cualquier método de síntesis futuro podrá ser descrito por el proveedor de contenido e incluido en la trama de bits. Este lenguaje es enteramente normativo y estandarizado, así toda pieza de música sintética sonará exactamente igual en cualquier decodificador de compilación MPEG-4, que es una mejora sobre la gran variedad del Interfase Digital de Instrumento Musical MIDI (Musical Instrument Digital Interface) basada en sistemas de síntesis.

Las técnicas requeridas para la producción automática de una trama de bits de Audio Estructurado de un sonido arbitrario por ahora esta más allá del "estado de arte" y es llamada como "separación de fuente automática" o "transcripción automática". Mientras tanto, los autores de contenido utilizarán herramientas de creación especial de contenido para crear directamente tramas de bits de Audio Estructurado. Esto no es un obstáculo fundamental para el uso del Audio Estructurado MPEG-4, ya que estas herramientas son muy similares a las que los autores de contenido utilizan actualmente; todo lo que se necesita es hacer que estas sean capaces de producir salidas de tramas de bits MPEG-4. No existe una complejidad exacta que sea adecuada para toda decodificación concebible de una trama de bits de Audio Estructurado. Métodos de síntesis simples son de muy

poca complejidad y métodos complejos de síntesis requieren de un mayor procesamiento de programas y memoria. Ya que la descripción del método de síntesis está bajo el control del proveedor de contenido, es su responsabilidad el entender la complejidad necesaria de su trama de bits. Antiguas versiones de sistemas de audio estructurado con capacidades similares han sido optimizadas para proveer música multitimbre, altamente polifónica y efectos de postproducción en tiempo real en computadores Pentium a 150 Mhz o en un simple chip DSP (Digital Signal Processing).

3.4.4 MPEG-7

MPEG-7 es el estándar para la representación de contenido para la búsqueda de información multimedia, filtrado, administración y procesamiento. La necesidad del MPEG-7 creció debido a que más y más información multimedia está disponible en formas digitales comprimidas, la búsqueda de información multimedia ha incrementando su dificultad. Algunos motores de búsqueda existen en el Internet, pero estos no incorporan herramientas especiales o características de búsqueda para información audiovisual, la mayoría de buscadores se dirigen hacia la búsqueda de documentos digitales de texto. Además, cada uno de estos motores de búsqueda utilizan descriptores propietarios no estandarizados para la búsqueda y el resultado de una búsqueda compleja es usualmente insatisfactorio. La meta del MPEG-7 es habilitar la búsqueda de multimedia en el Internet y mejorar la situación actual de las soluciones propietarias mediante la estandarización de un interfase para la descripción del contenido multimedia. MPEG-7 esta pensado para estandarizar los descriptores y los esquemas de descripción que pueden ser asociados al contenido mismo para facilitar una búsqueda rápida y eficiente. Así, el contenido audiovisual asociado al metadato MPEG-7 puede ser fácilmente indexado y buscado por los objetivos MPEG-7 para direccionar no solo el contenido encontrado de interés en una aplicación “arrastre” (“pull”), así como las de recuperación de base de datos, pero también en las aplicaciones “empuje” (“push”), como la selección y filtrado para extraer contenido de interés sin canales de difusión. Sin embargo, no es el objetivo del MPEG-7 estandarizar los algoritmos y técnicas de extracción de rasgos o descripciones o lo que quiera que la búsqueda y el filtrado utilice para la descripción. Además, se

espera que el MPEG-7 trabaje no solamente con el MPEG sino que también con los contenidos que no sean MPEG.

Un número de aplicaciones tradicionales así como las próximas áreas de aplicación que utilicen búsqueda y recuperación en donde el MPEG-7 sea aplicable son las siguientes.

Eventos significantes – históricos, políticos

Educacional – científico, médico, geográfico

Negocios - bienes raíces, financieros, arquitectónicos

Entretenimiento e información – archivos de películas, archivos nuevos

Sociales y juegos – servicio de citas, juegos interactivos

Ocio – deporte, compras, viajes

Legal – investigación, criminal, personas perdidas

Se espera que los descriptores MPEG-7 describan varios tipos de información multimedia. Este descriptor será asociado con el contenido en sí mismo, para permitir una rápida y eficiente búsqueda de material de interés para los usuarios. El material Audiovisual que tenga datos MPEG-7 asociados con este podrán ser indexados y buscados. Este material puede incluir aún imágenes, gráficos, modelos 3D, audio, voz, video e información acerca de cómo estos elementos son combinados en una presentación multimedia (“escenarios”, composición de información). Casos especiales de estos tipos de datos generales pueden incluir expresiones faciales y características personales. La Figura 3.50 muestra la comprensión actual del alcance del MPEG-7. Aunque el MPEG-7 no estandariza la extracción de los rasgos, la descripción del MPEG-7 esta basada en la salida de la extracción de los datos y aunque esto no estandariza el motor de búsqueda, el resultado de la descripción es usado por el motor de búsqueda.

Las palabras *descripción* y *rasgo* representan un rico concepto que puede ser relacionado con varios niveles de abstracción. Las Descripciones pueden variar de acuerdo al tipo de datos, ej., color, armonía musical, nombre textual y olor. Las descripciones pueden variar de acuerdo a la aplicación, ej., especie,

edad, número de instrumentos de percusión, información exacta y gente con record criminal.

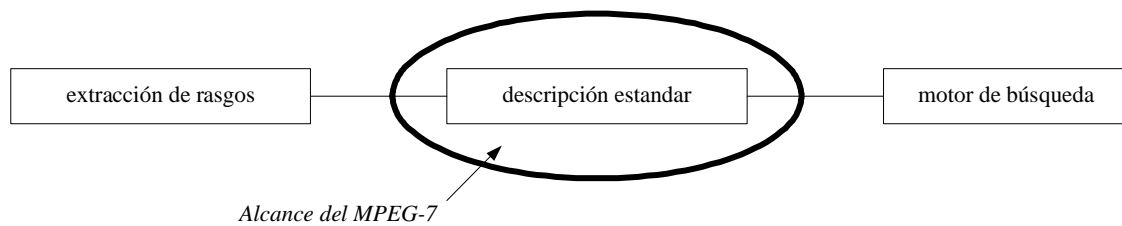


Figura 3.50 Alcance del MPEG-7

El MPEG-7 se concentra en la estandarización de la representación que puede ser utilizada para la categorización. El detalle del plan de trabajo del MPEG-7 se muestra en la Tabla 3.4. El primer borrador de trabajo se esperaba terminar para Diciembre de 1999 y el borrador del estándar internacional se esperaba completar para Julio del 2001. El estándar MPEG-7 esperaba ser aprobado para Septiembre 2001.

Se espera del estándar MPEG-7 cuatro partes. Descriptores, Esquemas de Descripción, Descripción de la definición del lenguaje DDL (Description Definition Language), y Sistema.

3.4.4.1 Descriptores MPEG-7

Un descriptor (D) es la representación de un rasgo; ej., la sintaxis y la semántica del descriptor proporciona una descripción de los rasgos. Sin embargo, para una completa representación de un rasgo, uno o más descriptores pueden ser necesarios. Por ejemplo, para representar los rasgos de un color, uno o más de los siguientes descriptores pueden ser utilizados: El histograma del color, el promedio de sus componentes de frecuencia, el campo de movimiento y la descripción textual.

Para los descriptores, de acuerdo con el resultado del proceso de evaluación, las experiencias centrales fueron necesarias para permitir una mayor evaluación y desarrollo de algunos propósitos preseleccionados considerados

para la evaluación inicial. Varios tipos de descriptores, así como el color, textura, movimiento y forma, fueron el sujeto central de los experimentos y condiciones de prueba de estandarización (Ej., contenido, parámetros, criterios de evaluación) para finalizar cada experimento central. Aunque el marco de trabajo de los experimentos está aún en la fase de inicio, algunos progresos se han hecho con respecto al movimiento y descriptores de forma.

Nombramiento de los propósitos	Evaluación	Trabajo de borrador	Proyecto comité	Borrador del estándar internacional	Estándar Internacional
Noviembre 1988	Febrero 1999	Diciembre 1999	Octubre 2000	Julio 2001	Septiembre 2001

Tabla 3.4 Detalles del plan de trabajo del MPEG-7

Dos experimentos centrales en los descriptores de movimiento han sido considerados, el primero relativo a la actividad de movimiento y el segundo relativo a la trayectoria del movimiento. La actividad del movimiento experimenta con el objetivo de clasificar la intensidad o paz de la acción en segmentos de la escena de video; para el caso, un segmento de la escena de video que contiene el momento de un gol en un partido de fútbol se puede considerar como altamente activa, considerando que un segmento que contiene la subsecuencia de la entrevista al jugador puede ser considerado como de baja actividad. El experimento de la trayectoria del movimiento apunta a describir eficientemente la trayectoria de un objeto durante la duración completa de su vida así como también la trayectoria de múltiples objetos en un segmento de la escena de video.

Dos experimentos centrales en los descriptores de forma han sido también considerados, el primero relacionado con formas no rígidas y el segundo relacionado con formas complejas. Con los experimentos de formas simples no rígidas se espera evaluar el desempeño de propósitos competentes basados en algunos criterios así como el exacto emparejamiento, similaridad basada en la recuperación, y robustez en la recuperación de pequeñas deformaciones no rígidas. Los experimentos con formas complejas esperan evaluar el desempeño correspondiente a propósitos basados en algunos criterios como el emparejamiento y similaridad basada en la recuperación.

3.4.4.2 Esquemas de Descripción MPEG-7

Un esquema de descripción (DS) especifica la estructura y la semántica de la relación entre estos componentes, que puede ser tanto los esquemas de descriptor y los de descripción. Siguiendo las recomendaciones del proceso de evaluación MPEG-7, un alto nivel de marco de trabajo común para todos los esquemas de descripción y un específico marco de trabajo para esquemas genéricos de descripción visual está siendo diseñado; La Figura 3.51 muestra este marco de trabajo. Este está compuesto con la opción de una estructura sintáctica DS, una estructura semántica DS, un modelo analítico/sintético DS, información multimedia global DS, una meta información global DS y una visualización DS.

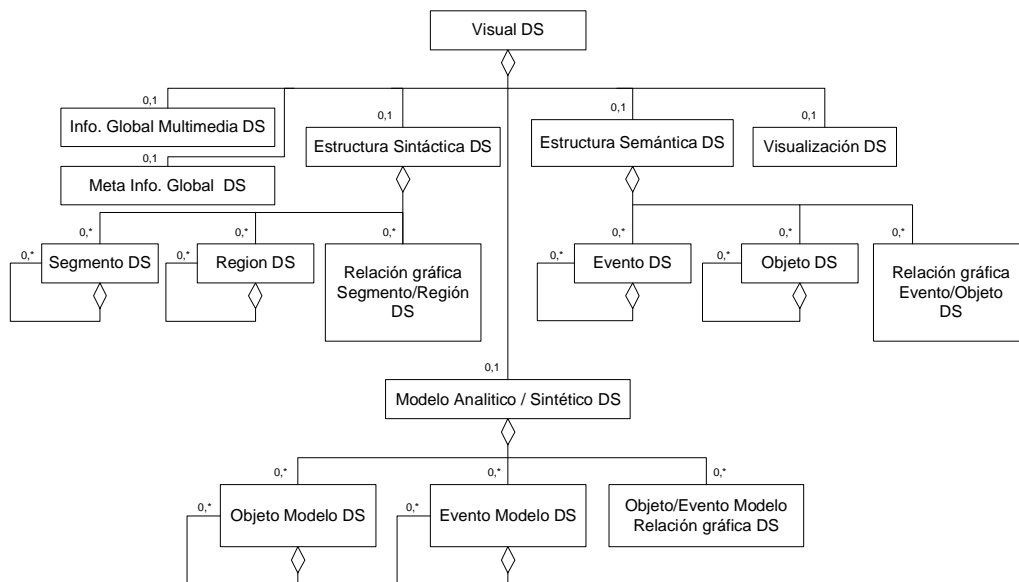


Figura 3.51 Diagrama UML de la descripción visual del esquema MPEG-7 en desarrollo

La estructura sintáctica DS describe las entidades físicas y su relación en la escena y consiste de cero o más ocurrencias de cada segmento DS, las regiones DS y la descripción DS de relación gráfica entre los segmentos y las regiones. Los segmentos DS describen la relación temporal entre segmentos (grupos de cuadros) en la forma de árbol de segmentos en una escena; esto consiste de cero o más ocurrencias del DS disparado, el multimedia DS y la meta información DS. La región DS describe la relación espacial entre regiones en la forma de la región del árbol en una escena; esto consiste en cero o más ocurrencias de cada

geometría DS, el color/textura DS, el movimiento DS, la deformación DS, la Información multimedia DS y el multimedia DS.

La estructura semántica DS describe las entidades lógicas y su relación en la escena y consiste de cero o más ocurrencias de un evento DS, un objeto DS y los DS describen la relación gráfica entre los eventos y objetos. Los eventos DS contienen cero o más ocurrencias de un evento en la forma de un árbol de eventos. Los objetos DS contienen cero o más ocurrencias de los objetos en la forma de un árbol de objetos.

Los modelos analíticos/sintéticos DS describen casos que no son completamente sintácticos o semánticos pero son mas bien entre los dos. El modelo analítico DS especifica la correspondencia conceptual tal como la proyección o registro del modelo por debajo de los datos del video o la imagen. La animación sintética DS consiste en una trama de animación definida mediante el modelo de evento DS, el objeto de animación definido mediante el modelo de objeto DS, y el DS describe la relación gráfica entre las tramas de animación y los objetos.

La visualización DS contiene algunas muestras de DSs para habilitar la rápida y efectiva búsqueda y visualización de un programa de video. La multimedia global DS, la información global DS y la meta información global DS correspondiente proporciona información a cerca del contenido multimedia, la estructura de archivos y los derechos de propiedad intelectual.

3.4.4.3 DDL MPEG-7

El DDL se espera sea un lenguaje estandarizado utilizado para definir esquemas de descripción MPEG-7 y descriptores. Muchos de los propósitos del DDL sometidos para la evaluación MPEG-7 fueron basados en modificaciones del lenguaje extensible de marcación XML (markup language). Además, varios de los propósitos de los esquemas de descripción utilizados por el XML para escribir las descripciones. Así, el grupo de evaluación recomienda que el diseño del DDL MPEG-7 sea basado en el refuerzo del XML para satisfacer los requerimientos del

MPEG-7. El estado actual del DDL está documentado; debido a los requerimientos relacionados, se espera que el DDL sufra refinamientos interactivos.

Los requerimientos actuales del DDL son los siguientes:

Habilidad para componer un DS de múltiples DS

Independencia de la aplicación y la plataforma

Gramática determinada y la habilidad de fácil análisis

Soporte para tipos de datos primitivos, ej., texto, enteros, reales, fechas, tiempo, índice

Habilidad de describir tipos de composición de datos, ej., histogramas, gráficos

Habilidad de relacionar descripciones con datos de múltiples tipos multimedia

Capacidad de permitir urgentes DS parciales mediante descriptores

Capacidad de permitir orden urgente de descriptores en DS

Mecanismos para identificar singularmente DSs y descriptores

Soporte para distintos espacios de nombres

Habilidad de reutilizar, extender y heredar de los DS existentes y descriptores

Capacidad para expresar la relación espacial, relaciones temporales, relaciones estructurales y relaciones conceptuales

Habilidad de formar lazos y/o referencias entre una o varias descripciones

Un mecanismo para la administración de información de propiedad intelectual y protección de DS y descriptores

3.4.4.4 Sistema MPEG-7

El propósito de las herramientas del sistema MPEG-7 han sido evaluados y el trabajo sobre el Sistema MPEG-7 esta en su formal inicio. La clasificación básica de las aplicaciones MPEG-7 en las categorías de *empuje*, *arrastre* e *híbrida* proporcionan una clave con respecto a las capacidades necesarias para el Sistema MPEG-7. En las aplicaciones de empuje, además del papel tradicional, el Sistema MPEG-7 tiene la tarea principal de habilitar filtrado de datos multimedia.

En las aplicaciones de arrastre, además del papel tradicional, el Sistema MPEG-7 tiene la tarea principal de habilitar la búsqueda de datos multimedia. Un sistema genérico MPEG-7 debe poder habilitar tanto el filtrado como la búsqueda de datos multimedia. Un modelo típico del Sistema MPEG-7 también debe soportar la interacción entre el cliente y el servidor, analizando la descripción multimedia DDL, administración de datos multimedia, composición multimedia y aspectos de presentación de datos multimedia. Este papel es mucho mas extenso que el papel que desempeña el sistema MPEG-4.

3.4.5 MPEG-21

El MPEG-21 es el estándar que introduce el concepto de “Objeto Digital Estructurado” cuya descripción, identificación, manipulación, protección de propiedad intelectual y representación, es el objetivo de este nuevo estándar. Los trabajos de CD fueron iniciados en Mayo 2000, se ha publicado en Julio 2001 un informe previo sobre “Visión, Tecnologías y Estrategias” del nuevo paradigma multimedia. Los primeros documentos técnicos están listos para el año 2003. Es el último estándar que está siendo desarrollado por el Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento. El objetivo del proyecto es crear un marco multimedia que permita un uso transparente y aumentado de los recursos multimedia en una amplia gama de redes y aparatos empleados por todos los actores de la cadena de consumo y distribución. El MPEG-21 permanece en fase de desarrollo hasta la culminación de éste documento (febrero 2004).

Además, el MPEG-21 también incluye muchos elementos importantes especialmente para las sociedades de autores. Como ejemplo, el Lenguaje de Expresión de Derechos de MPEG-21 y el Diccionario de Datos de Derechos, que se emplearán para formular derechos de concesión de licencias. También es fundamental la declaración de artículos digitales del MPEG-21 que crea un depósito para almacenar metadatos relacionados con un artículo digital.

3.5 Transporte Multimedia en Redes ATM

El surgimiento de contenidos multimedia en Internet y las aplicaciones de video digitales, así como la distribución de video, la videoconferencia, la visualización remota, y aplicaciones de vigilancia, están imponiendo nuevas exigencias y metas de actualización para los proveedores de servicios de red. La forma del tráfico de estas aplicaciones multimedia es altamente no estacionaria y requiere la asignación de un gran ancho de banda, heterogéneo, y dinámico. Además, la tecnología móvil inalámbrica (por ejemplo, redes inalámbricas, computadoras conectadas a una red incluyendo dispositivos de comunicación) actualmente bajo un activo desarrollo, exigirá a los proveedores de servicios de red soportar un rango más amplio de servicios, áreas de cobertura, y terminales con varios tipos de requerimientos de calidad de servicio QoS (quality of service), manteniendo una utilización razonable para una red de capacidad bastante alta.

Los esfuerzos por regularizar mecanismos eficientes para el transporte multimedia han estado en marcha durante algún tiempo para las redes de computadoras estándar. Para la tecnología ATM (modo de transferencia asíncrono - asynchronous transfer mode), la Plataforma para proporcionar QoS se describe en el Foro ATM en las especificaciones para la administración de tráfico. Esta Plataforma soporta los requerimientos estáticos de QoS para tráfico en tiempo real basados en la reservación por tramas de ancho de banda puesta en marcha durante la fase de configuración inicial de la conexión. Comprendiendo que el tráfico multimedia es altamente no estacionario y que muchas aplicaciones multimedia se pueden adaptar a esporádicos espacios disponibles de ancho de banda, en esta parte se anota el desarrollo de una plataforma eficaz y flexible para el control de QoS en redes ATM, llamada soft-QoS con VBR+. Esta Plataforma complementa el modelo de administración de tráfico tradicional para una tasa de bit en tiempo real VBR (variable bit rate) soportado por ATM. Esto permite una renegociación del ancho de banda para la iniciación de la fuente y la inicialización de la red, basada en el concepto de perfiles de conexión. El perfil de conexión representa el desempeño de la aplicación para la asignación del ancho de banda en la red. Como resultado, la red puede lograr una alta utilización e

incluso mantener el desempeño de la aplicación satisfactoriamente durante una congestión de red.

Esto es porque se renegocian sólo parámetros de niveles de transporte, la Plataforma puede aplicarse independientemente de la capa de red. Los protocolos de redes de Internet (IP) y de ATM pueden encontrar los requerimientos del soft-QoS para una aplicación mediante mecanismos diferentes. Por ejemplo, considerando que Internet puede usar el Protocolo de Reservación de Recurso RSVP (Resource Reservation Protocol) para la reservación de ancho de banda, ATM usa señalización Q.2963. Por consiguiente, el modelo soft-QoS puede usarse en las redes Internet y ATM proporcionando elementos de acceso a la red implementados por flujo o mediante circuito virtual VC (Virtual Circuit) con mecanismos de reservación de ancho de banda.

Ya que el video es un componente crítico de las aplicaciones multimedia, se describe los problemas de los contornos importantes para comprender el transporte de video flexible, robusto, y eficaz sobre redes ATM. En este punto se presenta un modelo existente de QoS en ATM conocido como soft-QoS, para hacer uso de asignación dinámica de ancho de banda para un tráfico multimedia. En este modelo se combina la asignación dinámica de ancho de banda y el concepto de soft-QoS para proporcionar una plataforma dinámica para el control con soft-QoS dentro de la infraestructura de la red ATM. Además, se hace referencia a cómo el soft-QoS podría soportar en el futuro redes de banda ancha que integren ATM e IP en mecanismos de QoS.

3.5.1 MODELO DEL SISTEMA

El modelo de sistema para el transporte multimedia en redes ATM se muestra en la Figura 3.52. Este sistema consiste en un terminal de cliente que se conecta a un servidor multimedia mediante banda ancha en la red ATM. Cada uno de estos elementos puede verse como caminos separados para el flujo de datos y control. Los módulos a lo largo del flujo de datos operan continuamente y a alta velocidad, y los módulos de control operan esporádicamente, mientras supervisan el flujo de los datos subyacentes y coordinan la asignación de recursos del

sistema con otros controles a lo largo del camino del flujo de datos de la conexión. Éstos controladores de recurso son objetos distribuidos en el servidor, la red, y el cliente que se comunican mediante una arquitectura de software obligatoria.

En el terminal del cliente el flujo de datos pasa a través de módulos de buffer, decodificador y Display o pantalla. Los buffers guardan los paquetes de red hasta que el decodificador este listo para procesarlos. Por lo general, el decodificador tiene un ocultador de errores el cual identifica las pérdidas de paquetes y los oculta, utilizando la información de las tramas previamente descifradas. Una vez que una trama de video es descifrada, se pasa al módulo de despliegue o pantalla para la presentación. Las capacidades de estos módulos varían considerablemente dependiendo de la arquitectura del terminal. Algunos terminales tienen hardware que permite descifrar y mostrar, considerando que otros se basan en el uso de software de procesadores de computadoras de uso general.

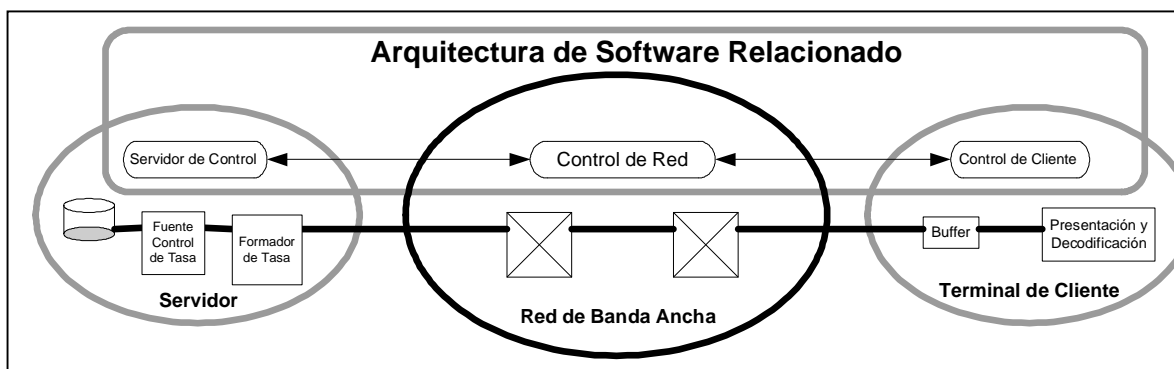


Figura 3.52 Modelo del sistema de transmisión multimedia en redes ATM

Para control el cliente toma en consideración las capacidades del terminal al especificar los requerimientos del servidor y los requerimientos de la aplicación. Una vez que los requerimientos del terminal y de la aplicación son definidos, el control en el cliente, los incluye en un objeto del software, llamado "contrato de QoS". El control en el cliente envía el contrato de QoS al servidor mediante la arquitectura de software obligatoria.

Entre los datos que fluyen del servidor a los módulos están la tasa de control y la tasa de tramas. La tasa de control genera video de múltiple calidad escalable mediante el ajuste de las tramas de bit de video para acoplarse al ancho de banda disponible. La tasa de tramas, es la interfase entre el servidor y la red, las formas de tramas de bits aseguran que la tasa de trama se ajuste al tráfico asignado por la red.

El grafico de control en la Figura 3.52 coordina el uso de los recursos del sistema. El control en el servidor intenta mantener reducida la QoS en el cliente mediante la renegociación del ancho de banda con el control de red. El control de la red es responsable de la admisión a la conexión y la asignación del ancho de banda en los switches de la red. Dentro de la clase de tráfico VBR+, el control recibe dinámicamente los requerimientos para renegociación de ancho de banda desde los servidores y asigna el ancho de banda a lo largo de las conexiones basándose en los recursos disponibles. Si en un momento dado el algoritmo de control determina que la demanda del ancho de banda en una conexión no puede ser totalmente garantizado, reasignará ancho de banda usando un nuevo criterio de optimización basado en QoS. Esta aplicación difiere significativamente de los modelos de admisión y asignación actualmente en practica, en dos aspectos principales. Primero, en modelos actuales los requerimientos son rechazados si estos no pueden ser totalmente garantizados; segundo, las estrategias de asignación actuales sólo se esfuerzan imparcialmente por alcanzar el ancho de banda, lo que puede llevar a una gran variación de desempeño de la red entre usuarios. En la plataforma que se presenta, el perfil de las aplicaciones hace posible realizar una asignación de ancho de banda sensible a los requerimientos de los usuarios.

3.5.2 TRANSPORTE DE VIDEO SOBRE REDES ATM

El video es un componente crítico del contenido multimedia, por esta razón se debe anotar las aplicaciones técnicas necesarias para comprender el transporte de video flexible, robusto, y eficaz sobre las redes ATM. El problema total de diseño del sistema es discutido para un escenario de distribución general de programas multimedia y son definidas aplicaciones relativas a la edición de video.

Las tecnologías básicas para redes de banda ancha de computadoras y de video digital han madurado significativamente durante los últimos años. Las normas MPEG para la compresión de video son utilizadas con éxito en muchos ámbitos para varias aplicaciones importantes. Productos del modo de transferencia asíncrono basados en las especificaciones del Foro ATM están usándose para transportar TV digital y aplicaciones multimedia de banda ancha.

Sin embargo, debido a una amplia gama de posibles medios y aplicaciones, no existe ninguna aplicación uniforme para el transporte de video sobre redes de banda ancha. Cada tipo de aplicación (por ejemplo, difusión de TV, la videoconferencia, el video bajo demanda VoD, y programas multimedia) tenderán a tener diferentes criterios de diseño, como se muestra en la Tabla 3.5. Por ejemplo, la factible solución del MPEG sobre ATM para la difusión de TV y aplicaciones de VoD requieren en el lado del codificador sistemas MPEG como MPEG-2 con una tasa constante de bit CBR (constant bit rate), con un servicio CBR-ATM mediante un protocolo de capa de adaptación ATM existente (AAL) como el protocolo (AAL5) por el lado de la red. Aunque este método puede ser aceptable para difusión y ciertas aplicaciones de VoD, se requiere un extenso trabajo para identificar un esquema mas eficiente y flexible para el transporte de video para los programas multimedia sobre las redes de banda ancha.

Escenarios de aplicación	Claves de criterio de diseño
Difusión de TV-HDTV	Alta calidad de Fotografía 16:9 Alta resistencia a perdidas de celdas
Videoconferencia	Bajo costo para el receptor Bajo retardo interactivo Alto desempeño del ancho de banda
Video bajo demanda (VoD)	Bajo costo en el codificador Alto desempeño del ancho de banda Flexibilidad de servicio
Programas de distribución multimedia	Bajo costo en el decodificador Bajo retardo interactivo Servicio flexible y escalable Integración de software

Tabla 3.5 Escenarios de Aplicación, Claves para criterio de diseño de Video en Redes Banda ancha

Estos son algunos de los objetivos de diseño importantes:

1. Calidad de video versus características de tasa de bit necesarias para aplicaciones rentables
2. Alta eficiencia de red para los servicios integrados incluyendo el video
3. Bajos retardos para aplicaciones de extremo a extremo, particularmente para las aplicaciones interactivas
4. Hardware y software para un apropiado throughput⁸ para una completa calidad y/o multistream (flujo múltiple de tramas) de video
5. Integración de video para la plataforma de software, incluyendo soporte de calidad de servicio
6. Sistema escalable capaz de trabajar con varios anchos de banda con QoS, CPU, velocidad y monitores
7. Degradación discreta durante una congestión de red o carga excesiva de procesamiento

Un diseño efectivo del sistema para los requerimientos de video en la red requiere la consideración de cada uno de estos objetivos al seleccionar las aplicaciones técnicas de los niveles de subsistemas.

3.5.3 MODELO DE QoS EN ATM

Un resumen breve del modelo existente de QoS en ATM se expone a continuación. Se han definido cinco categorías de servicio bajo ATM. Estas categorías se diferencian de acuerdo a cómo estas soportan la tasa de tráfico constante o variable y restricciones para tiempo real o no tiempo real. Los parámetros de servicio incluyen una caracterización de tráfico y especificaciones de reservación en forma de parámetros de QoS. También, se vigila el tráfico para asegurar que este se ajusta a las características y el rol especificados para cómo tratar el tráfico no ajustado. ATM proporciona la habilidad para etiquetar las celdas no ajustadas y especifica si las celdas etiquetadas se vigilan (y retiran) o proporcionarlas con el servicio de “mejor-esfuerzo”.

⁸ Throughput: el número de bps físicamente transmitidos es una cosa, y otra muy diferente el throughput (número real de bps de información que llegan del Tx al Rx). El throughput depende de la cantidad de bps transmitidos, la técnica de compresión y de otros bits adicionales utilizados para control en la transmisión.

Bajo UNI 4.0, las categorías de servicio son la tasa constante de bit CBR (constant bit rate), tasa variable de bit en tiempo real (rt-VBR real-time variable bit rate), tasa de bit variable para no tiempo real (nrt-VBR), tasa de bit no especificada UBR, y tasa de bit disponible ABR. La Tabla 3.6 resume el tráfico descrito y los parámetros de QoS pertinentes para cada categoría dentro de la especificación de administración de tráfico versión 4.0.

Atributos	Categoría de servicios en ATM				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
Parámetros de Tráfico					
PCR y CDVT	Si	Si	Si	Si	Si
SCR y MBS	N/A	Si	Si	N/A	N/A
MCR	N/A	N/A	N/A	N/A	Si
Parámetros de QoS					
CDV	Si	Si	No	No	No
Máximo CTD	Si	Si	No	No	No
CLR	Si	Si	Si	No	No

Tabla 3.6 Tráfico en ATM y Parámetros de QoS

Aquí, los parámetros de tráfico son tasa de celda máxima PCR (Peak Cell Rate), tolerancia de variación de retardo de celdas CDVT (Cell Delay Variation Tolerance), tasa de celda sustentable SCR (Sustainable Cell Rate), tamaño máximo de ráfaga MBS (Maximum Burst Size), y tasa de celda mínima MCR (Minimum Cell Rate). Los parámetros de QoS caracterizan el nivel de desempeño de la red en términos de la proporción de celdas perdidas CLR (Cell Loss Ratio), el máximo retardo para transferencia de celdas (max CTD cell transfer delay), y la variación del retardo de celdas CDV (Cell Delay Variation).

Funciones relacionadas a la implementación de QoS en redes ATM son la utilización de parámetros de control UPC (Usage Parameter Control) y el control de admisión de conexión CAC (Connection Admission Control). En esencia, la función UPC (implementada al final de la red) asegura que el tráfico generado sobre una conexión se ajusta a los parámetros de tráfico establecidos. El tráfico en exceso puede retirarse o puede transmitirse basándose en el “mejor-esfuerzo” (es decir, las garantías de QoS no se aplican). La función CAC es implementada por cada switch en una red ATM para determinar como los requerimientos de QoS de una conexión se pueden satisfacer con los recursos disponibles. Finalmente,

las conexiones de ATM pueden ser punto a punto o punto multipunto. Para el primer caso, la conexión es bidireccional, con tráfico separado y parámetros de QoS para cada dirección; para el último caso es unidireccional. Se considera sólo conexiones punto a punto por simplicidad.

3.5.4 ASIGNACIÓN DINÁMICA DE ANCHO DE BANDA

La tasa de bit para aplicaciones multimedia varía significativamente entre sesiones y dentro de una sesión debido a la interactividad del usuario y las características de tráfico. Influyen factores como la presencia de medios heterogéneos (por ejemplo, video, audio, e imágenes), esquemas de compresión (por ejemplo, MPEG, JPEG), los requerimientos de calidad en la presentación (por ejemplo, cuantización, tamaño de despliegue), e interactividad de la sesión (por ejemplo, descarga de imagen, control, como el de un VCR). Por ejemplo, considere una aplicación multimedia que utiliza varios componentes u objetos multimedia (como una interfase de usuario de múltiples ventanas multimedia o el código de video MPEG-4). Estas aplicaciones permiten a los usuarios variar la importancia de presencia relativa (IoP) de un objeto multimedia dado para igualar las prioridades de varias vistas. En este caso, hay una gran dependencia de interacción entre el usuario y la aplicación para los requerimientos de ancho de banda de los componentes multimedia individuales. Además, las aplicaciones multimedia pueden necesitar cambiar el nivel de detalle LoD (level of detail) de los componentes multimedia dinámicamente durante una sesión. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden necesitar mas detalle para la resolución espacial, considerando que otros pueden negociar la resolución espacial para una tasa de despliegue más alta. Cuando un usuario agranda una ventana de video durante una sesión interactiva en lugar de usar los recursos del procesador terminal para agrandar la baja resolución de las tramas localmente, puede ser preferible pedir una trama de bit de video con resolución de imagen más grande al servidor. Sin embargo, cuando la red esta congestionada y/o la aplicación cambia hacia un terminal móvil con conexión inalámbrica, el servidor tiene que reducir la tasa de tramas para obedecer a las limitaciones de la red. En estos casos, igualando la calidad designada de las aplicaciones, procesando las limitaciones de los terminales, y las limitaciones de capacidad de las redes, exigen que las fuentes

de video sean capaces de descascarar su calidad dinámicamente. Un servicio de red conveniente para estas aplicaciones debe soportar la renegociación de ancho de banda para lograr una utilización de red alta y simultáneamente mantener un desempeño aceptable.

Un ejemplo de tráfico de video generado con los cambios de requerimiento de usuario LoD se muestra en la Figura 3.53. Como se muestra, un servicio de red conveniente necesita proporcionar el ancho de banda bajo demanda. Sin embargo, para las redes de banda ancha actuales la asignación de ancho de banda se hace cuando se establece la conexión. Por ejemplo, la clase de servicio de tasa variable de bit VBR propuesta para redes de banda ancha exige a las conexiones especificar un control de parámetros de uso UPC que consiste en la máxima tasa, la longitud del burst (ráfaga de tramas), y la tasa sostenida. El UPC será declarado en el momento de establecimiento de la llamada y permanecerá efectivo durante la duración de la llamada. Cuando el proceso de video VBR es no estacionario debido a los cambios de actividad y quietud de la escena durante un largo período, generalmente no es posible encontrar un solo UPC que produzca una calidad de video uniforme para la duración completa de una sesión sin un significativo sobre dimensionamiento para el UPC inicialmente declarado. Una nueva clase de servicio, llamado VBR+, se ha propuesto para resolver las dificultades prácticas experimentadas manteniendo la QoS y alcanzando ganancias significativas de multiplexación estadística para video y tráfico multimedia. Esta clase proporciona todas las funcionalidades del servicio VBR tradicional, con la capacidad agregada de renegociación dinámica del ancho de banda entre el servidor y la red durante una sesión.

Según como las arquitecturas de red evolucionen, algún grado de programación estará disponible para implementar estrategias de asignación de recurso dinámicas más eficaces. Un soporte inicial puede desplegarse en la red de acceso, dónde la mayoría de ganancia de multiplexación estadística puede explotarse. Ahí, la combinación de gateways especializados para procesamiento multimedia con los servidores de función de control de protocolos puede usarse para soportar el transporte VBR+.

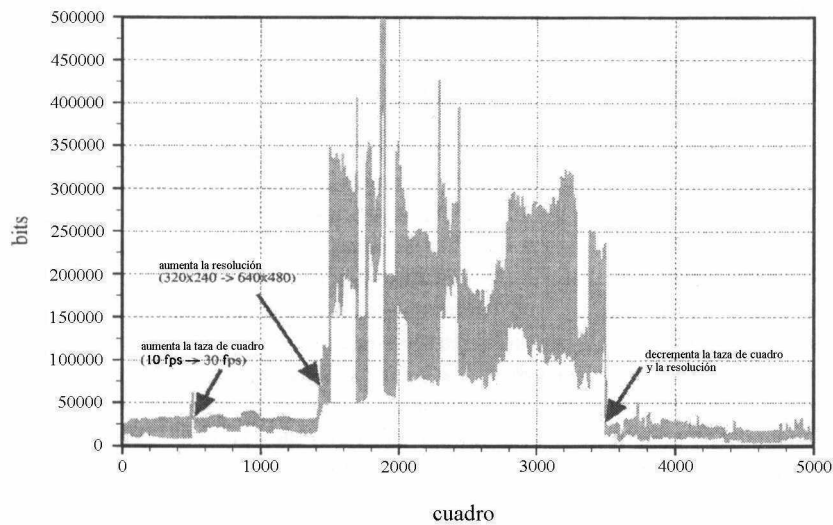


Figura 3.53 Cambios en la tasa de bits de video en una sesión multimedia interactiva

Otras contribuciones también hacen énfasis a la necesidad de reservación dinámica del ancho de banda en las redes ATM. En la Ref. 16 de la ITU un protocolo de reservación de buffer rápidos se propone como fuentes de mantenimiento con una razón grande de tasa máxima para lazos.

Sin embargo, las fuentes de video necesariamente deben renegociar el ancho de banda para acomodar el medio a la ráfaga de tramas (burstiness) a largo plazo causada por la interactividad del usuario y el variable contenido de la escena. Las ráfagas de tramas a corto plazo pueden ser descritas suficientemente bien por los parámetros en el descriptor de tráfico, evitando la señalización y procesando la cabecera de reservaciones rápidas. Un esquema dinámico de asignación del ancho de banda que usa múltiplos enteros de unidad de reservación básica se propone y analiza en la Ref. 17 de la ITU. El paper muestra que la unidad de reservación básica tiene un impacto significativo en el uso del recurso en términos del ancho de banda de la red y los requerimientos de procesamiento, pero el impacto del esquema en QoS no se describe.

El efecto de renegociación de ancho de banda en la utilización de red y QoS se describe usando video VBR MPEG y usando tráfico CBR. Los resultados muestran el impacto de renegociación al bloquear los retardos y las pérdidas. Más

recientemente, se presenta resultados similares basados en análisis y simulaciones.

3.5.5 MODELO SOFT-QoS PARA MULTIMEDIA

La noción de calidad de servicio en los sistemas de distribución multimedia está asociada con el suministro de recursos adecuados para un desempeño aceptable en una aplicación. Las aplicaciones de distribución multimedia tienen una amplia gama de requerimientos de QoS. Por ejemplo, la capacidad de red necesaria para mantener un nivel aceptable de QoS depende de los requerimientos de desempeño del usuario y la robustez de la aplicación para el decremento del ancho de banda. Así, los requerimientos de red para las aplicaciones multimedia cambian significativamente dependiendo de los requerimientos del usuario, la interactividad de la sesión, y la suavidad de la aplicación. Los servicios de red existentes para distribución multimedia tampoco soportan los requerimientos de QoS de las aplicaciones (servicio de mejor-esfuerzo) o sólo proporcionan niveles de QoS para la red medidos en términos de los parámetros de la ingeniería de tráfico. Estos parámetros no expresan las necesidades específicas de la aplicación. Como resultado, la red no considera la sensibilidad de desempeño de la aplicación para la asignación de ancho de banda. Existe un vacío de arquitectura entre el suministro de niveles de QoS en la red y los actuales requerimientos de QoS en las aplicaciones. Este vacío causa una ineficiencia para el uso del ancho de banda en las aplicaciones de distribución multimedia, principalmente en un desempeño pobre de los sistemas extremo a extremo.

Las aplicaciones multimedia tienen una amplia gama de requerimientos de ancho de banda, pero la mayoría pueden adaptarse discretamente a una congestión esporádica de red manteniendo un desempeño aceptable. Esta discreta adaptación puede cuantificarse mediante un perfil de suavidad. La Figura 3.54 muestra las características de un perfil de suavidad. El perfil de suavidad es una función definida en escalas de dos parámetros: el índice de satisfacción y la razón del ancho de banda. El índice de satisfacción se basa en la puntuación de la mala opinión subjetiva MOS (Mean Opinion Score), clasificada de 1 a 5; una

satisfacción mínima divide la escala en dos regiones operacionales: la región de satisfacción aceptable y la región de baja satisfacción. La razón de ancho de banda se define dividiendo el ancho de banda actual asignado por la red al ancho de banda requerido para mantener el desempeño deseado de la aplicación. Así, la razón de ancho de banda se clasifica de 0 a 1; un valor de 1 significa que el ancho de banda asignado es suficiente para lograr totalmente el desempeño deseado de la aplicación. El punto indicado B se denomina razón crítica de ancho de banda porque es el valor que produce una satisfacción mínima aceptable. Como se muestra en la Figura 3.54, el perfil de suavidad se aproxima por una delgada banda de la función lineal “S-shaped” (determinada), que consiste en tres segmentos lineales. La pendiente de cada segmento lineal representa la tasa a la que el desempeño de la aplicación se degrada (el índice de satisfacción decrece) cuando la red asigna sólo una porción del ancho de banda solicitado: la pendiente mas empinada, la “más excesiva” tienen el perfil correspondiente.

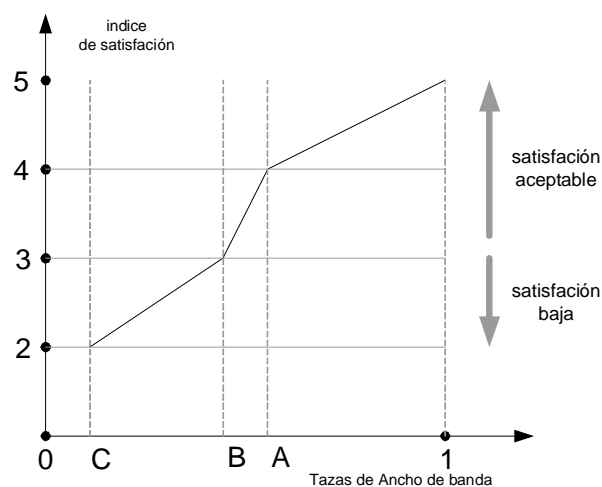


Figura 3.54 Perfil de Suavidad

Las aplicaciones pueden definir un perfil de suavidad que represente mejor sus necesidades. Por ejemplo, el perfil de suavidad para la compresión de video digital se basa en la relación no lineal entre la tasa de bit de codificación y la calidad, y el índice de satisfacción está en correlación con la percepción de calidad del usuario. Aunque las aplicaciones de video bajo demanda VoD pueden, en general, tolerar las regulaciones de la tasa de bits dentro de un pequeño rango dinámico, las aplicaciones como vigilancia o teleconferencia pueden tener un

rango dinámico más grande para el control de la tasa de bits. Otras aplicaciones multimedia pueden permitir un rango más grande de control de la tasa de bits mediante el escalamiento de resolución. En estos ejemplos, se igualan las aplicaciones de VoD para perfiles más fuertes que otras aplicaciones multimedia más adaptativas. Los usuarios de terminales móviles pueden escoger un perfil más suave en las aplicaciones para reducir los costos de conexión, considerando que un perfil más fuerte puede seleccionarse cuando la aplicación que se esté usando, esté en un terminal de escritorio.

3.5.6 PLATAFORMA DINÁMICA PARA CONTROL DE SOFT-QoS

Una plataforma de control de QoS que permita una renegociación dinámica de niveles de parámetros de transporte es clave para soportar niveles de aplicación de QoS. La plataforma debe proporcionar la habilidad de especificar el ancho de banda requerido y la suavidad de la aplicación dinámicamente. El perfil de suavidad permite una comparación eficaz de los requerimientos de la aplicación para la disponibilidad de recursos de red. Con el conocimiento del perfil de suavidad, los elementos de red pueden realizar el control del soft-QoS que lleva a la asignación justa de QoS-fair de recursos para mantener las aplicaciones cuando una congestión se presenta⁹. Aquí se muestra una apreciación global de problemas seleccionados en la implementación de la plataforma.

3.5.6.1 Modelo de Software para Soft-QoS

La Figura 3.55 muestra el sistema y las interfases de aplicación de programación APIs (Application Programming Interfaces) para el control dinámico de QoS con renegociación de ancho de banda. El API es dinámico entre la aplicación adaptativa y los módulos de control QoS; es decir, sus parámetros pueden modificarse durante una sesión. Por ejemplo, el Heidi soft-QoS API (Ver ITU [4]) permite aplicaciones para controlar dinámicamente parámetros de alto

⁹ Congestionaciones esporádicas son inevitables para una red de banda ancha muy utilizada que trasmite tráfico multimedia, cuando este tráfico es altamente en ráfagas (bursty) y no estacionario.

nivel, de aplicaciones específicas, para componentes multimedia individuales en una aplicación multimedia.

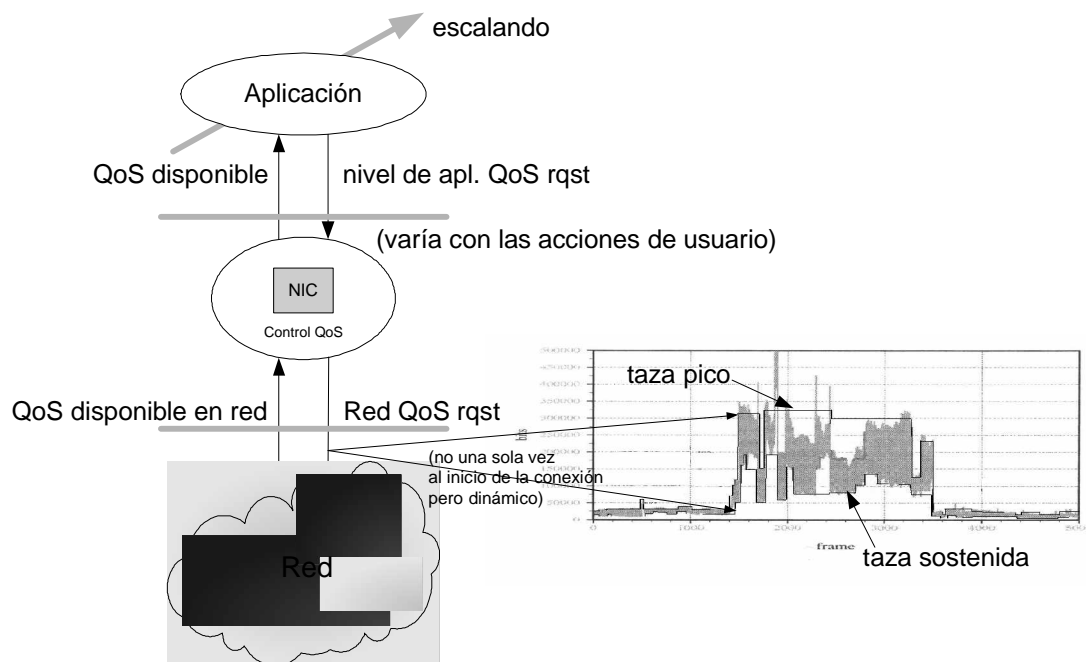


Figura 3.55 Plataforma Dinámica de Control de QoS

Los módulos de control QoS asociados a un canal ID y tipos multimedia con cada componente multimedia. Cuando el tipo multimedia es video, la funcionalidad de control típica proporcionada incluye comandos VCR (play/pause/ff/rew/stop), detalles (cuantización y resolución), y control de tasa de trama. Además, cada componente multimedia puede especificar un perfil de suavidad y/o un índice de prioridad para caracterizar la dependencia entre la calidad multimedia y el ancho de banda de la red. A través del mismo API, los módulos de control QoS reportan el costo de la sesión para la aplicación y alarmas de problemas cuando no pueden mantener el QoS contratado.

Los módulos de control QoS proporcionan el acceso a los servicios de red mediante un estándar de red API como el Winsock 2. API en Microsoft Windows. Este API permite cambiar los parámetros de QoS de red dinámicamente como son el descriptor de tráfico así como los requerimientos por pérdidas y retardos. En esta plataforma, un nuevo proveedor de servicio de transporte implementa el servicio de VBR+ para rastrear los requerimientos de tasa de bit de las tramas de

bits. Como se muestra en La Figura 3.55, el servicio de VBR+ proporciona “el ancho de banda bajo demanda” requerido por los servicios multimedia.

3.5.6.2 Extensiones de Señalización ATM para control de Soft-QoS

Extensiones de señalización de interfaces de usuario de redes ATM UNI (User Network Interface) son usadas para soportar la administración dinámica de ancho de banda. La Figura 3.56 muestra los mensajes, con elementos de información apropiada (IEs), usados para la administración dinámica del ancho de banda.

Estas extensiones están basadas en las recomendaciones ITU-T para modificación de parámetros de tráfico ATM mientras la conexión este activa.

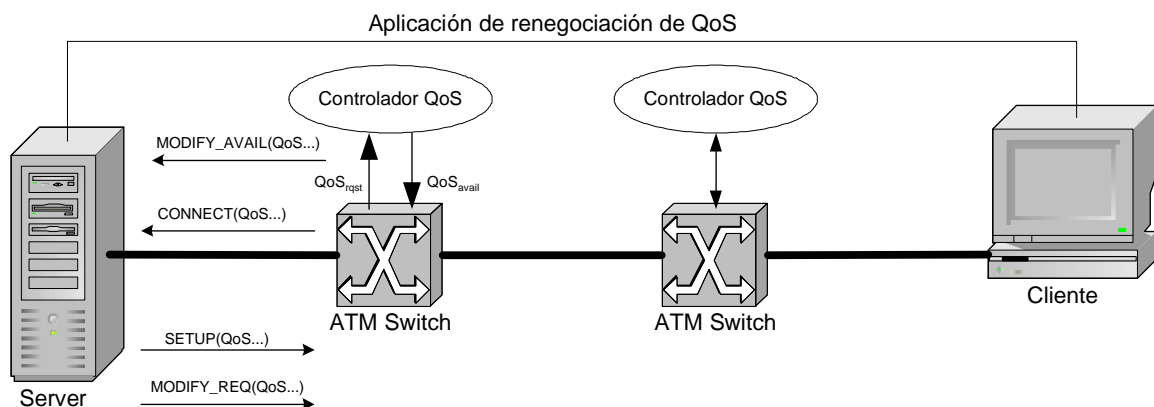


Figura 3.56 Administración dinámica de ancho de banda dentro del modelo ATM.

La IETF Arquitectura de Servicios Integrados ISA podría soportar la administración dinámica de ancho de banda a través de RSVP¹⁰ (ReSerVation Protocol). RSVP permite al remitente modificar sus parámetros de caracterización de tráfico, definido por un Remitente TSpec, y permite al receptor modificar sus requerimientos de reservación. Como se muestra en La Figura 3.57, el servidor usa el mensaje de PATH (camino) para pedir una reservación de ancho de banda a lo largo del camino al cliente. Cada controlador de QoS en los IP router a lo

¹⁰ El protocolo RSVP mantiene la arquitectura actual de Internet con soporte de flujo de QoS (*Quality of Service*). Es utilizado por un host para requerir QoS específico de red para un flujo de datos de una aplicación particular. También por routers para entregar QoS requerida para todos los nodos durante el o los caminos del flujo, establecer y mantener el estado para proveer el servicio requerido. Los requerimientos del RSVP generalmente resultan en recursos que son reservados al inicio en cada nodo a lo largo de la conexión de red.

largo del camino modifica el mensaje de PATH para mostrar su disponibilidad de recursos. Cuando el mensaje de PATH es recibido por el cliente, éste pone la QoS resultante y la disponibilidad del ancho de banda en el mensaje de RESV y lo envía sobre una trama al servidor.

3.5.6.2.1 Señalización ITU-T Q.2963

ITU-T Q.2963 permite que los tres parámetros ATM de tráfico, PCR, SCR y MBS, puedan ser modificados durante una llamada. Todos los parámetros de tráfico deben aumentarse o decrementarse; no es posible aumentar un subconjunto de parámetros mientras se disminuyen otros. La modificación de parámetros de tráfico sólo es aplicable a conexiones punto a punto y sólo puede solicitarse por el terminal que ha comenzado la conexión mientras esté en estado activo.

Los mensajes siguientes se deberían agregar al UNI:

MODIFY REQUEST (MODIFICACION REQUERIDA) se envía por el dueño de la conexión para pedir modificación en el descriptor de tráfico. La demanda de ancho de banda se lleva en el descriptor de tráfico IE ATM.

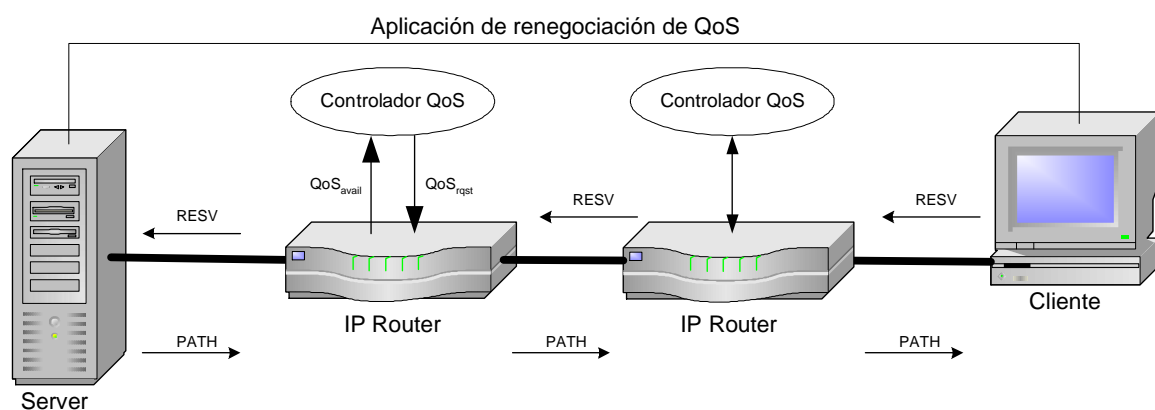


Figura 3.57 Administración dinámica de ancho de banda dentro del modelo de Internet.

MODIFY ACKNOWLEDGE (MODIFICACION RECONOCIDA) es enviado por el usuario llamado o un elemento de red para indicar que el requerimiento de

modificación se acepta. El reporte de banda ancha tipo IE es incluido en el mensaje cuando el usuario llamado requiere la confirmación del éxito de la modificación.

CONNECTION AVAILABLE (CONEXIÓN DISPONIBLE) es un mensaje opcional emitido por el dueño de la conexión para confirmar la modificación de la conexión. Se indica la necesidad para la confirmación explícita en el campo de confirmación de modificación en el MODIFY ACKNOWLEDGE del informe de banda ancha If.

MODIFY REJECT (MODIFICACION DE RECHAZO) se envía por el usuario llamado o elemento de red para indicar que el mensaje MODIFY REQUEST se rechaza. La causa del rechazo se da en el informe de banda ancha If.

Las Figuras 3.58 y 3.59 ilustran el uso de estos mensajes para casos de señalización típicos.

3.5.6.2.2. Q.2963 Extensiones para Soft-QoS

Además, la plataforma de control soft-QoS requiere las siguientes extensiones a los mecanismos de señalización Q.2963 explicados:

Un nuevo mensaje llamado INDICACIÓN DE CAMBIO DE ANCHO DE BANDA, BCI (BANDWIDTH CHANGE INDICATION) soporta la renegociación de la inicialización de trabajo en red y la inicialización del usuario llamado. El mensaje de BCI puede emitirse por cualquier elemento de la red a lo largo del camino de conexión o por el usuario llamado. Indica al dueño de la conexión la necesidad de modificar su descriptor de tráfico. Los BCI del descriptor IE de tráfico ATM lleva los nuevos parámetros para el dueño de la conexión. Cuando el dueño de conexión recibe un mensaje de BCI, debe emitir un mensaje de MODIFY REQUEST. El mensaje de BCI especifica nuevos descriptores de tráfico para ser pedidos en el MODIFY REQUEST. Los contadores se inicializan al emitir el mensaje de BCI y se borran cuando el correspondiente mensaje de MODIFY REQUEST se recibe; si el contador expira, el terminal y/o elemento de la red pueden modificar las políticas de tráfico para usar el descriptor de tráfico ATM emitido en el mensaje de BCI.

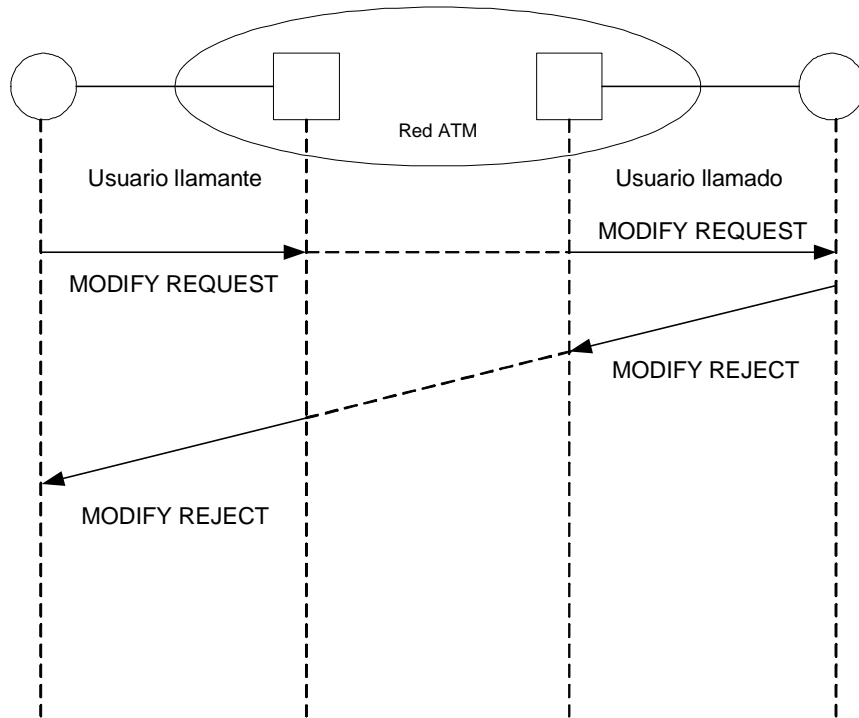


Figura 3.58 VBR+ extensiones de UNI para soft QoS modificación exitosa de Q.2963 para parámetros de tráfico ATM no confirmado (opcional)

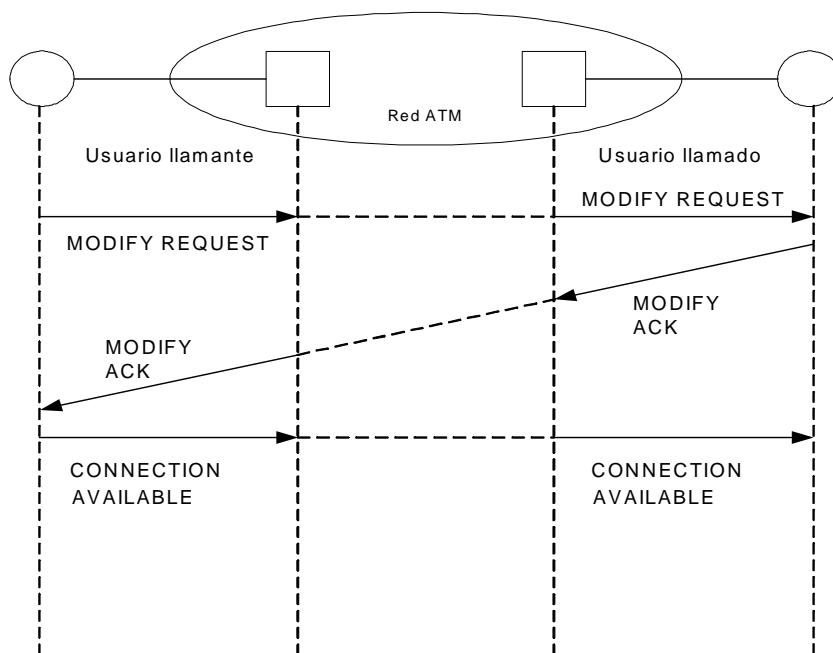


Figura 3.59 VBR+ extensiones de UNI para soft-QoS rechazo de modificación por dirección de usuario y/o elemento de red

La Figura 3.60 ilustra el uso del BCI para la modificación de la llamada inicializada de un usuario.

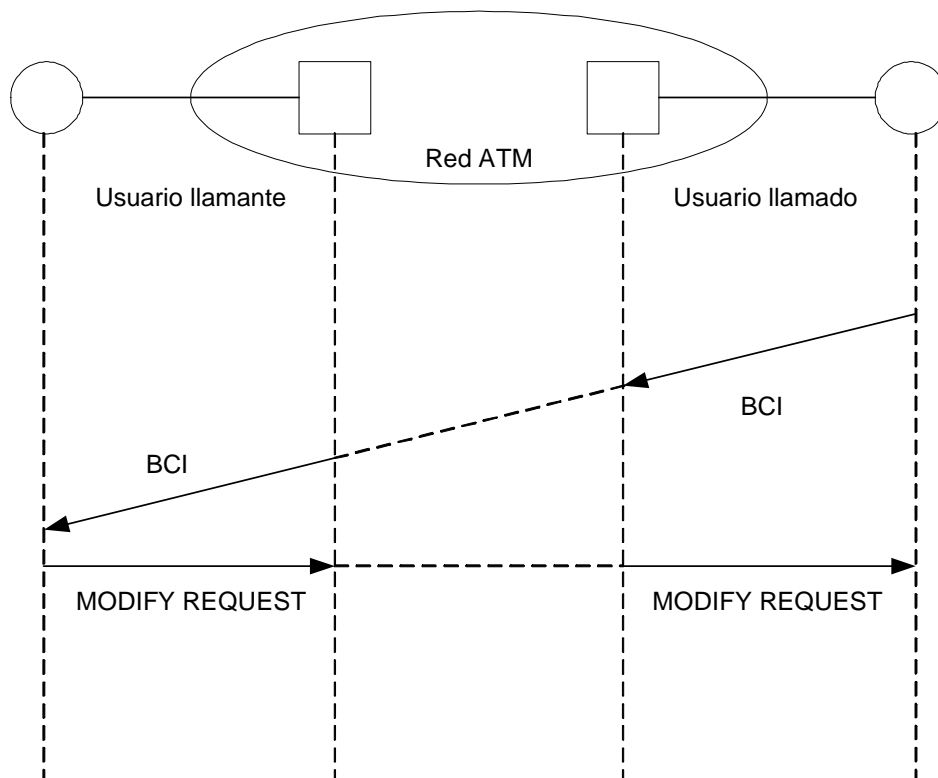


Figura 3.60 VBR+extensiones de UNI para soft-QoS: Modificación para los parámetros de tráfico ATM por el usuario llamado y/o elemento de red

El perfil de suavidad y un nivel de satisfacción mínimo son dos nuevos IEs añadidos al mensaje de MODIFY REQUEST para especificar el nivel de soft-QoS.

Finalmente, un IE adicional, llamado fracción disponible de ancho de banda ABF (Available Bandwidth Fraction), se agrega al MODIFY REJECT. ABF se define como la razón disponible para el valor pedido en un parámetro de descriptor de tráfico dado. Esto produce ABF-PCR, ABF-SCR, y ABF-MBS para mantener un máximo, y tamaño máximo de ráfagas, respectivamente. El dueño de la conexión puede reprogramar los requerimientos del descriptor de tráfico ATM pedidos usando la información de ABF y reeditando un mensaje conveniente de MODIFY REQUEST.

Se agregan dos nuevos estados de llamada a la máquina de protocolos de estado UNI 4.0 para soportar la modificación. Una entidad ingresa el estado de *modify request* cuando ésta demanda que se emita un MODIFY REQUEST o

mensaje BCI al otro lado de la interfase. Una entidad ingresa el estado de *modify received* cuando recibe un MODIFY REQUEST o mensaje de BCI del otro lado de la interface.

CAPITULO 4

DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

4.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL SERVICIO

El análisis de la demanda del servicio, es una parte del estudio de mercado, en el cual nosotros encontraremos todas las variables necesarias que se deben tomar en cuenta para la realización de un proyecto y específicamente para el análisis de la demanda del bien o servicio a ofrecer, que para nuestro estudio es el servicio de Televisión por Cable de Cobre utilizando Tecnología ADSL. A continuación se desarrollará una breve descripción de los elementos a considerar en este estudio.

4.1.1 ESTUDIO DE MERCADO

Para hacer un estudio de mercado, de un proyecto es necesario reconocer a todos los factores que, con su participación, influirán sobre las decisiones que se tomen al definir la estrategia comercial. Estos son cinco, en este sentido, los submercados que se reconocerán al realizar un estudio de factibilidad: **proveedor, competidor, distribuidor, consumidor y externo**. Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según corresponda, en cada uno de los cuatro anteriores.

4.1.1.1 Proveedor

El estudio del mercado proveedor es más complejo de lo que puede parecer, ya que deberán estudiarse todas las alternativas de obtención de materias primas, sus costos, condiciones de compra, sustitutos, perecibilidad, necesidad de infraestructura especial para su bodegaje, oportunidad y demoras en la recepción, disponibilidad, seguridad en la recepción, etcétera, pero más que un estudio vigente o histórico del mercado proveedor es necesario conocer sus proyecciones a futuro.

4.1.1.2 Competidor

Los alcances del mercado competidor trascienden más allá de la simple competencia por la colocación del producto. Si bien es lo primordial, muchos proyectos dependen sobremanera de la competencia con otros productos. Cuando las materias primas no son suficientes, se tendrá que competir por ellas en el mercado proveedor y, en otros casos, cuando los medios de transporte sean escasos, la competencia por ellos será prioritaria. El mercado competidor directo, entendiéndolo por ello las empresas que elaboran y venden productos similares a los del proyecto, tiene también otras connotaciones importantes que es necesario considerar en la preparación y evaluación. Será imprescindible conocer la estrategia comercial que desarrolle para enfrentar en mejor forma su competencia frente al mercado consumidor. Cada antecedente que se conozca de ella se utilizará en la definición de la propia estrategia comercial del proyecto. Así por ejemplo, conocer los precios a que vende, las condiciones, plazos y costos de los créditos que ofrece, los descuentos por volúmenes y pronto pago, el sistema promocional, la publicidad, los canales de distribución que emplea para colocar sus productos, la situación financiera de corto y largo plazo, entre otros aspectos, facilitará la determinación de estas variables para el proyecto. La viabilidad de un proyecto, en muchos casos, dependerá de la capacidad de aprovechar algunas oportunidades que ofrece el mercado. Por ello es importante reconocer que el producto o servicio que venderá el proyecto no siempre corresponde a lo que compra el consumidor. De igual manera, es posible apreciar que muchos competidores potenciales del proyecto han tenido una mayor demanda derivada de algún complemento promocional al producto, como por ejemplo un envase que permite un uso posterior, un regalo por la compra de un producto o muchos

tamaños opcionales para un mismo bien. Si se observa una situación como ésta, el proyecto probablemente deba considerar desembolsos especiales para ofrecer un producto competitivo con los disponibles en el mercado.

4.1.1.3 Distribuidor.

Quizás es el que requiere de un menor estudio de variables, aunque no por ello deja de ser importante. En efecto, la disponibilidad de un sistema que garantice la entrega oportuna de los productos al consumidor toma, en muchos proyectos, un papel definitivo. Los costos de distribución son, en todos los casos, factores importantes que se deben considerar, ya que son determinantes en el precio a que llegará el producto al consumidor y, por lo tanto, en la demanda que deberá enfrentar el proyecto.

4.1.1.4 Consumidor.

Es probablemente el que más tiempo requiere para su estudio. La complejidad del consumidor hace que se tornen imprescindibles varios estudios específicos sobre él, ya que así podrán definirse diversos efectos sobre la composición del flujo de caja del proyecto. Los hábitos y motivaciones de compra serán determinantes al definir al consumidor real (el que toma la decisión de compra) y la estrategia comercial que deberá diseñarse para enfrentarlo en su papel de consumidor frente a la posible multiplicidad de alternativas en su decisión de compra. La imposibilidad de conocer los gustos, deseos y necesidades de cada individuo que potencialmente puede transformarse en un demandante para el proyecto, hace necesaria la agrupación de estos con algún criterio lógico. Los criterios de agrupación dependerán, a su vez del tipo de consumidor que se estudie. Al respecto hay dos grandes agrupaciones: a) la del consumidor institucional, que se caracteriza por decisiones generalmente muy racionales basadas en variables técnicas del producto, en su calidad precio, oportunidad en la entrega y disponibilidad de repuestos, entre otros factores. En este caso de consumidor las posibilidades de determinar y justificar su demanda se simplifican al considerar que ésta depende de factores económicos. En este

sentido, basta con definir las ventajas que ofrece el proyecto sobre las otras opciones para cuantificar la demanda en función de quienes se verían favorecidos por ellas, la agrupación de consumidores, de acuerdo con algún comportamiento similar en el acto de compra, se denomina segmentación, la cual reconoce que el mercado consumidor está compuesto por individuos con diversidad de ingresos, edad, sexo, clase social, educación y residencia en distintos lugares, lo que los hace tener necesidades y deseos también distintos. La segmentación del mercado institucional responde, por lo regular, a variables tales como rubro de actividad, región geográfica, tamaño y volumen medio de consumo entre otras; b) la del consumidor individual, que toma decisiones de compra basado en consideraciones de carácter más bien emocionales, como la moda, la exclusividad del producto, el prestigio de la marca, etc. La segmentación del mercado de los consumidores individuales también se realiza, generalmente, en función de variables geográficas, aunque tanto o más importante que éstas son las variables demográficas, que clasifican al consumidor según su edad, sexo, tamaño del grupo familiar, nivel ocupacional, profesión, religión, etc. No menos importante es la clasificación por nivel de ingreso y su distribución, complementado por los patrones de gasto. Una última clasificación es aquella que segmenta por variables psicosociológicas, como el grado de autoría en la decisión de compra, el grado de conservadorismo y la clase social. Muchas veces será más importante estudiar el número de hogares constituidos en la población total del mercado, ya que variados productos tienen como unidad de medida el hogar y no el individuo. Cuando el producto del proyecto está dirigido a un mercado personal, la subjetividad implícita en sus actos de compra torna más difícil la definición de la estrategia comercial y, por lo tanto, la determinación de la cuantía de la demanda que puede esperarse. Como esto no puede conocerse a priori, es necesario investigar quién compra. Para ello deberán estudiarse los hábitos de consumo de la población, los que a su vez permitirán conocer como compra; por ejemplo, si es al contado o a crédito, diaria o mensualmente, en tamaños individual o familiar, etc. Además, deberá conocerse porqué compra, es decir las motivaciones que inducen a optar por una determinada marca, en base o producto sustituto. Si el producto debe entrar a competir con otros ya establecidos, será necesario realizar estudios para determinar el grado de lealtad a una marca o lugar de venta, los efectos de las promociones y publicidad de la

competencia sobre el consumidor y la sensibilidad de la demanda tanto al precio como a las condiciones de crédito, entre otros aspectos.

4.1.1.5 Externo.

Por sus características puede ser estudiado separadamente o inserto en los estudios anteriores. Recurrir a fuentes externas de abastecimientos de materias primas obliga a consideraciones y estudios especiales que se diferencian en el abastecimiento en el mercado local. De igual forma hay variables en los mercados competidor, distribuidor y consumidor externos que deben estudiarse por su efecto esperado sobre las variables del proyecto.

4.1.2 Etapas del estudio de mercado.

La más simple es la que está en función del carácter cronológico, es decir:

a) un análisis histórico del mercado.- pretende lograr dos objetivos específicos:

1. Reunir información de carácter estadístico ya sea de crecimiento de la demanda, oferta o precio de algún factor o cualquier otra variable que se considere importante conocer en el futuro.
2. Evaluar el resultado de algunas decisiones tomadas por otros agentes del mercado, para identificar los efectos positivos o negativos que se lograron.

b) un análisis de la situación actual del mercado.- es la base de cualquier predicción, sin embargo su importancia relativa es baja, ya que difícilmente permitirá usar la información para algo más que eso. Esto se debe a que al ser permanente la evolución del mercado, cualquier estudio de la situación actual puede tener cambios sustanciales cuando el proyecto se esté implementando, en especial en lo que se refiera a tecnología.

c) un análisis de la situación futura del mercado.- es el más importante para evaluar en el proyecto, pero aquí también es preciso anotar una excepción: la información histórica y vigente analizada permite proyectar una situación suponiendo el mantenimiento de un orden de cosas que con la sola implementación del proyecto se debería modificar. Esto obliga, entonces a que en la situación proyectada se diferencie la situación futura sin el proyecto y luego con la participación de él, para concluir con la nueva definición de mercado.

4.1.2.1 Análisis del medio.

La definición de cualquier estrategia comercial requiere de dos análisis complementarios: uno, de los distintos mercados del proyecto y otro, de las variables externas que influyen sobre el comportamiento de estos mercados, al estudiar las variables externas, que son, por lo general, incontrolables por una empresa, deben reconocerse cuatro factores que, si se evalúan bien, permitirán detectar las amenazas, oportunidades y aliados del medio. Estos son los factores económicos, socioculturales, tecnológicos y político - legales.

4.1.2.2 Demanda.

Los consumidores logran una utilidad o satisfacción a través del consumo de bienes o servicios. Algunos bienes otorgan más satisfacción que otros a un mismo consumidor, reflejando su demanda y las preferencias que tenga sobre las alternativas que ofrece el mercado; todo esto en el marco de las restricciones presupuestarias que le impone un consumo limitado. Lo anterior obliga a cada persona a definir una combinación de bienes o servicios que ha de consumir y que maximice su satisfacción. El objetivo principal que se pretende alcanzar con el análisis de la demanda es determinar los factores que afectan el comportamiento del mercado y las posibilidades reales de que el producto o servicio resultante del proyecto pueda participar efectivamente en este mercado. La cuantificación de la demanda, o sea, de la cantidad de bienes o servicios que el mercado requiere para satisfacer una necesidad o deseo específico a un precio determinado, no es fácil cuando no existe información estadística disponible para conocer los gustos y preferencias del consumidor. En estos casos, la información obtenida en terreno pasa a ser una opción casi necesaria. Para efectos de la recolección de información para evaluación de un proyecto, la demanda se puede clasificar desde distintos puntos de vista: en relación con su oportunidad, necesidad, temporalidad, destino y permanencia. Los principales métodos para estimar funciones de demanda son cuatro: 1. Encuestas en que se pregunte a los consumidores potenciales qué cantidad de un producto están dispuestos a comprar a diferentes precios. 2. Seleccionar mercados representativos del mercado nacional, fijando precios diferentes en cada uno de ellos y estimando

una curva de demanda ajustando una recta de regresión a los puntos observados en relación de precio y cantidad. 3. Información obtenida de diferentes individuos, familias, ciudades, regiones, etc., en un momento dado del tiempo, mediante la comparación de niveles de consumo. 4. Uso de datos de serie temporales, que mediante análisis regresionales multivariantes busca definir la función de demanda más adecuada al proyecto, si el evaluador sabe que la demanda depende de la renta real de los precios relativos, predecir su comportamiento futuro le permitirá pronosticar la demanda.

4.2 ANÁLISIS DE DEMANDA DEL SERVICIO EN LA ZONA DE IÑAQUITO

Según los datos proporcionados por ANDINATEL S.A., el área de Iñaquito, considerada por ésta empresa, no tiene las mismas delimitaciones geográficas que las del Municipio de Quito (ver mapas Anexos B y C).

En lo que se refiere a la zona de Iñaquito (delimitada por ANDINATEL), según los últimos datos proporcionados para el mes de agosto del año 2004, por la Gerencia de Conmutación, específicamente el área de Gestión de la Red, existen cinco centrales para la zona de Iñaquito, y las series numéricas de estas son:

N	CENTRAL	SERIE NUMÉRICA	MODELO	TECNOLOGÍA	CAPACIDAD	PROVINCIA
1	IÑAQUITO 1	2240000 2249999	E10B OCB283	ALCATEL	10000	PICHINCHA
		2260000 2269999			10000	
		2920000 2924477			4478	
2	IÑAQUITO 1 (RDSI)	2940000 2940055			56	
3	IÑAQUITO 3	2430000 2449999	NEAX 61E	NEC	20000	PICHINCHA
4	IÑAQUITO 4	2250000 2259999	E10B OCB283	ALCATEL	10000	PICHINCHA
		2270000 2279999			10000	
		2450000 2459999			10000	
		2460000 2469999			10000	
		3520000 3520999			1000	
5	IÑAQUITO 4 (RDSI)	2941000 2941127	E10B OCB283	ALCATEL	128	PICHINCHA

Tabla 4.1 Capacidad Total Iñaquito

Sumando la capacidad de todas las centrales, tenemos un total de 85 662 números telefónicos, lo que nos podría llevar a decir, que tenemos, para calcular la demanda, un Universo de 85 662 posibles Abonados. Pero debemos tomar en cuenta, varios factores que limitarán esta demanda, principalmente los técnicos, ya que la distancia hacia los nodos de acceso limita el radio de difusión del servicio, como se presenta en el siguiente capítulo. Otro limitante, serán los

precios ya que estos son elevados, en un principio, para los clientes residenciales, por lo que los eliminaremos de este análisis. Entonces, nuestro interés se reduce exclusivamente en los clientes Corporativos, para la zona de Iñaquito. Los clientes potenciales son las empresas que se encuentran ubicadas en este sector, estas son 78, los nombres de éstas se pueden observar en el Anexo D en el Capítulo 8.

Por último, se debe anotar la capacidad actual de ADSL para la zona de Iñaquito. Para esta zona, se tienen dos DSLAM's, uno de marca ALCATEL de modelo ASAM 7301, en el que tenemos 16 slots de 24 abonados c/u, lo que nos da un total de 768 abonados, como se puede mostrar en la Tabla 4.2.

CENTRAL	PUERTOS OCUPADOS		PUERTOS LIBRES		TOTAL PUERTOS	
	ADSL	G.SHDSL	ADSL	G.SHDSL	ADSL	G.SHDSL
Iñaquito	312	120	72	264	384	384

Tabla 4.2 Ocupación general de Puertos ADSL y G.SHDSL de ALCATEL

Un NORTEL modelo Universal Edge IMAS XpressDSL NTNZ00CF como Master, varios slaves cómo se puede observar en la Tabla 4.3

RED IMAS				
NODO DE ACCESO	PUERTOS SDSL OCUPADOS	PUERTOS SDSL LIBRES	PUERTOS ADSL ACTULMENTE OCUPADOS	PUERTOS ADSL ACTUALMENTE DISPONIBLES
INQ MASTER	64	32	120	20
INQ SLA1	0	64	240	0
INQ SLA2	0	0	0	300
INQ SLA3	0	0	0	300
CAROLINA	0	0	10	290
FLORIDA	16	16	30	250
NARANJOS	0	0	0	300
TOTAL	80	112	400	1460

Tabla 4.3 Ocupación general de Puertos ADSL y SDSL de NORTEL

proporcionada por el área de xDSL de ANDINATEL. Por lo expuesto en las Tablas anteriores podemos ver que tenemos un total en capacidad de 2820 Abonados xDSL, que se debe aclarar que es un dato estimado, puesto que la red DSL es escalable, e irá creciendo según las necesidades de los clientes.

Si hacemos el siguiente cálculo:

$$2820 / 85\ 662 = 0.0329 * 100 = 3.3 \%$$

Esto nos lleva a concluir que la capacidad instalada de DSL para el sector de Ñaquito es apenas el 3.3% de la capacidad total de abonados telefónicos, esto mas que nada para tener una idea de hacia donde podría crecer la demanda del servicio en un futuro cercano.

Por ahora, basándonos específicamente en la capacidad actual de solo DSL, tenemos una capacidad total de aproximadamente 2820 abonados, de estos tenemos 512 en uso y libres 1908 lo que nos da un 18,16% de uso y un 67,66% libres.

Según los datos ofrecidos por el área de ANDINADATOS, el crecimiento que se ha tenido en clientes de datos desde que Andinadatos empezó, en febrero de 2002, se observa en el gráfico el crecimiento de clientes que ha habido hasta ahora. La Figura 4.1 es un gráfico estimativo, ya que para la parte que comercializa este servicio, existen clientes que lo contratan temporalmente, otros deciden devolver el servicio, por lo que se observa que la cantidad de abonados para el presente año es aproximadamente la misma.

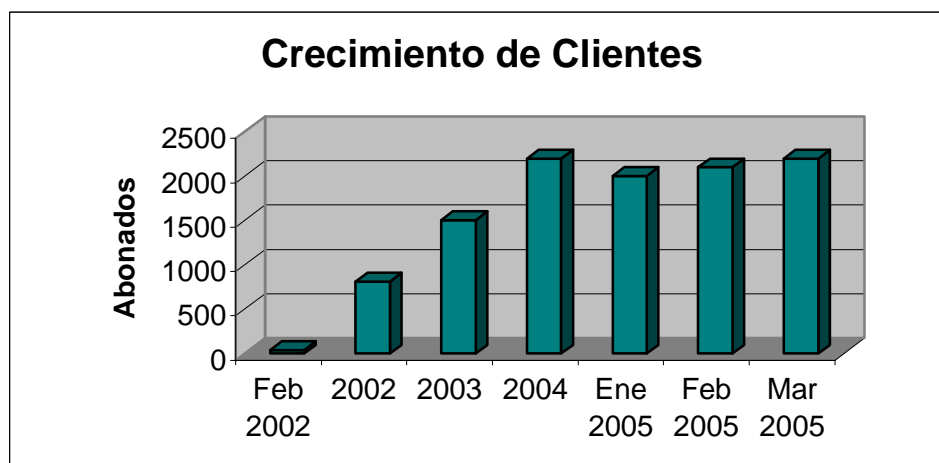


Figura 4.1 Estimativa de crecimiento de clientes

Con estos datos se puede concluir que conforme aumente la demanda del servicio y los precios bajen, se podrá llegar a ofrecer el servicio por lo menos a toda el área metropolitana.

CAPITULO 5

EQUIPOS DE ACCESO A LA RED Y DE ÚLTIMA MILLA

En los capítulos anteriores se presentaron los formatos de compresión que han revolucionado el uso de paquetes multimedia en redes de banda ancha, además se presentó cómo la plataforma ATM facilita el transporte de este tipo de servicios y la conexión de los nodos de la red de banda ancha. Pero esto es sólo a nivel de centrales y nodos ATM. Para llegar hacia el abonado, aprovechando la infraestructura existente en la red de cobre, se tiene ADSL como el acceso de última milla.

5.1 ADSL

El término xDSL define las tecnologías que permiten el uso de la línea de cobre para transmisión de datos de alta velocidad además de su uso normal como línea telefónica. xDSL no requiere el uso de amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red.

DSL son las siglas del inglés Digital Subscriber Line e implica el uso de módems o modos de transmisión que convierten las líneas telefónicas o bucles de acceso ya existentes en accesos digitales, de modo que servicios de banda ancha pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas infraestructuras. Los dispositivos usados en cada extremo del circuito de cobre son básicamente módems que aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital y lo sobreponen a una señal analógica de alta velocidad.

xDSL provee configuraciones asimétricas o simétricas para soportar requerimientos de ancho de banda en uno o dos sentidos. Simétrico indica que el ancho de banda provisto en las dos direcciones ("upstream": sentido cliente-red, y "downstream": sentido red-cliente), es el mismo. Las configuraciones asimétricas son usadas cuando las necesidades de ancho de banda en una dirección son mayores que en otra, lo cual corresponde a una típica sesión en el Internet en donde el flujo de datos upstream (información de control, en el orden de kbps) es mucho menor que el flujo de datos downstream (en el orden de Mbps) para el caso de un usuario residencial típico. Muchos de los servicios residenciales de banda ancha son asimétricos, como el video bajo demanda o el acceso a Internet, En este caso las versiones DSL asimétricas permiten velocidades más altas en sentido downstream que en sentido upstream. Este es el caso de ADSL, Asimetric Digital Subscriber Line.

Las tecnologías xDSL se diferencian básicamente en la velocidad de transmisión que permiten, en su simetría o asimetría, en la distancia permitida entre el abonado con la central y en los equipos que deben ser instalados tanto en el nodo de acceso como en el abonado. En la Tabla 5.1 se presentan las principales características de la Familia xDSL.

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Distancia a la central	Comentario
HDSL	DSL de alta velocidad	1.544Mbps 2.048 Mbps	Simétrico	3.7 Km.	2 o 3 líneas telefónicas
SDSL	DSL simétrico de par único	De 144kbps a 2.3 Mbps	Simétrico	3.4 Km.	1 línea telefónica.
G.SHDSL	DSL simétrico de par único	De 192kbps a 2.3 Mbps	Simétrico	4.42 Km.	1 línea telefónica.
ADSL	DSL asimétrico	De 1,5 Mbps a 8 Mbps Downstream De 16 kbps a 128 kbps upstream	Asimétrico	3.7 Km. -5.5 Km.	1 línea telefónica
VDSL	DSL de muy alta velocidad	De 13 a 52 Mbps Downstream De 1.5 a 6 Mbps Upstream	Asimétrico	De 300 m a 1.3 Km.	Requiere una red de fibra y ATM.

Tabla 5.1. Tecnologías xDSL

En un principio HDSL (High – data.rate Digital Subscriber Line) y SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) fueron diseñadas para reemplazar las jerarquías de líneas telefónicas como T1 / E1. HDSL puede alcanzar las mismas velocidades que un T1/E1 con la ventaja de que no requiere repetidores de línea (limpian y reconstruyen la señal) cada 1800 metros, siempre que el bucle no supere los 3.6 kilómetros. Pero HDSL requería de dos pares de cobre en el caso de T1 o tres pares para velocidades E1, lo que limitó su uso para usuarios residenciales y pequeñas empresas.

La segunda generación del HDSL es el HDSL2, la cual tiene las mismas características que HDSL pero funciona sobre un único par de hilos.

SDSL conocido como DSL simétrico es una versión de HDSL que funciona sobre un único par de hilos. Obtiene las mismas velocidades simétricas T1/E1 que HDSL pero tiene una distancia máxima de 3 km. SDSL es apropiado para aplicaciones que requieren enlaces simétricos como la video conferencia o la compartición de recursos entre dos ordenadores.

G.SHDSL (Recomendación 991.1), nace para reemplazar a las tecnologías SDSL. Tiene velocidades simétricas entre 192 Kbps y 2.3 Mbps. Proporciona un 30% mas de longitud de par de cobre que SDSL. Por ser un estándar presenta compatibilidad con varios tipos de marcas de equipos DSLAM.

La más rápida de las tecnologías DSL es VDSL (Very High Speed DSL), soporta las mismas aplicaciones que ADSL y además con un mayor ancho de banda que ésta, la cual es una característica que permite ofrecer servicios de televisión de alta definición HDTV, video bajo demanda, así como servicios en redes LAN. Sin embargo las distancias máximas permitidas para esta tecnología son de 300 a 1500 metros sobre el par trenzado de cobre.

5.2 CARACTERÍSTICAS ADSL

El ancho de banda de un canal telefónico es limitado a 3.1 kHz mediante filtros para transmitir una conversación telefónica, lo que representa una limitación

para transmitir datos a alta velocidad, desperdiciando la capacidad del par de cobre que puede llegar a varios MHz, dependiendo de la distancia y de la sección del cable utilizado. Con ADSL se conecta un MODEM en cada extremo de la línea telefónica y se consiguen tres canales: uno ascendente o upstream, otro descendente o downstream y el tercero correspondiente al canal telefónico común. Éste último se separa del módem digital mediante filtros, lo que garantiza su funcionamiento ante cualquier fallo del mismo

Los módems ADSL entregan velocidades de datos congruentes con las jerarquías norteamericana y europea y se pueden adquirir con diversos rangos de velocidad y capacidad. Las velocidades alcanzables dependen de factores como la longitud del bucle de abonado, el calibre del alambre, presencia de conexiones en puentes e interferencia acoplada transversal. La tabla 5.2 muestra las velocidades ADSL que se obtendrían sin conexiones en puente:

Velocidad de datos	Calibre del alambre	Diámetro del alambre	Distancia
1,5 o 2 Mbps	24 AWG	0,5 mm	5,5 km
1,5 o 2 Mbps	26 AWG	0,4 mm	4,6 km
6,1 Mbps	24 AWG	0,5 mm	3,7 km
6,1 Mbps	26 AWG	0,4 mm	2,7 km

Tabla 5.2. Velocidades ADSL en los cables de cobre.

5.2.1 Arquitectura General

La Figura 5.1 muestra la arquitectura básica de ADSL definida en el ADSL Forum. Esta arquitectura comprende los elementos e interfaces de la capa física del ADSL.

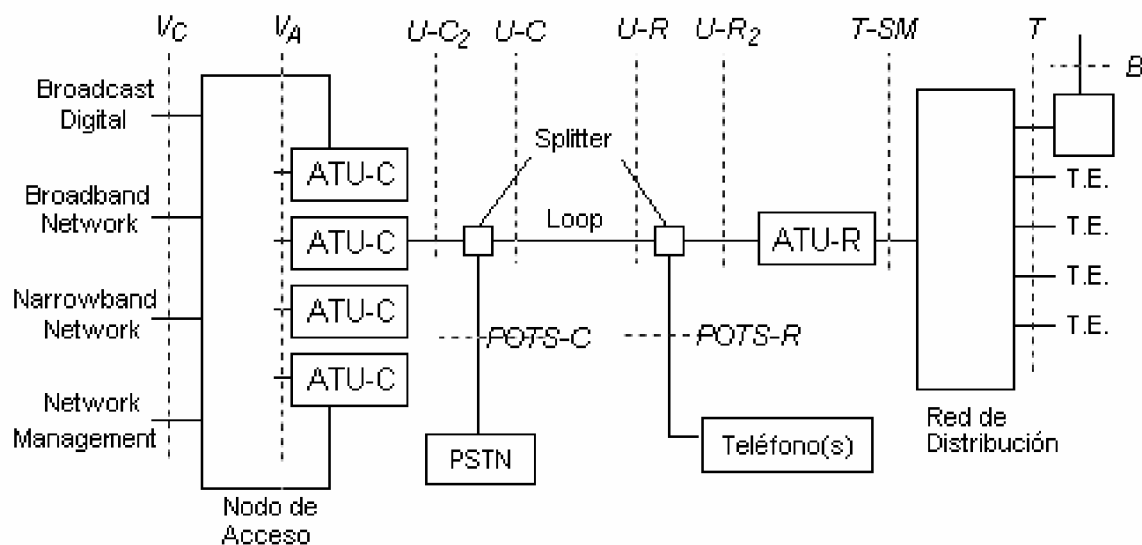


Figura 5.1. Arquitectura ADSL definida por el ADSL Forum

Las definiciones son las siguientes:

ATU-C *ADSL Transmission Unit, CO Side.* Unidad de transmisión ADSL del lado de la Central. Puede estar integrada a un nodo de acceso.

ATU-R *ADSL Transmission Unit, Remote Side.* Unidad de transmisión ADSL, lado remoto (usuario). Puede estar integrado a un módulo de servicio.

B *Auxiliary data input.* Entrada auxiliar de datos (por ejemplo, un decodificador de video)

Nodo de Acceso Punto de concentración para datos de Banda Ancha y Banda Estrecha. El Nodo de Acceso puede estar situado en una Oficina Central o en un sitio remoto.

POTS *Plain Old Telephone.* Servicio de voz analógica.

POTS-C *Interface between PSTN and splitter, CO side.* Interfaz entre la RTC y el filtro, lado de central.

POTS-R *Interface between PSTN and splitter, Remote side.* Interfaz entre la RTC y el filtro, lado remoto (usuario).

T-SM *T- Interface for Service Module.* Interfaz T para el módulo de servicio.

T *May be internal to SM or ATU-R* Puede encontrarse en el interior del SM o de la ATU-R

U-C *U interface, CO side.* Interfaz U, lado de central.

- U-C₂** *U interface, CO side from splitter to ATU-C* Interfaz U, Lado de central desde el filtro al ATU-C
- U-R** *U interface, Remote side.* Interfaz U, lado remoto (de usuario)
- U-R₂** *U interface, Remote side from splitter to ATU-C.* Interfaz U, lado remoto (de usuario) desde el filtro a al ATU-C
- V_A** *V interface, Access Node side from ATU-C to Access Node.* Interfaz V, lado del nodo de acceso, desde la ATU-C al nodo de acceso.
- V_V** *V interface, CO side from Access Node to Network Service* Interfaz V, lado remoto, desde el nodo de acceso al servicio de red.

Esta arquitectura fue definida en el ATM Forum con el objeto de estandarización, aunque el funcionamiento interno de cada componente depende de cada fabricante. En ella se aprecia el filtro en los dos extremos del enlace, mediante el cual se separa el canal telefónico para ser transportado desde el conmutador hacia los usuarios a través del enlace de banda ancha ADSL. Se indica también los servicios de banda ancha como Multidifusión Digital, a los cuales no se accede a través de la red conmutada, sino, a través de un nodo de acceso conocido como DSLAM del inglés Digital Subscriber Line Access Multiplexer.

De las interfaces mostradas en la figura, la interfaz T entre la red de distribución de usuario y el equipo Terminal puede no existir si el equipo Terminal se encuentra integrado en la ATU-R. o a su vez, la interfaz T-Sm puede ser la misma interfaz T, caso contrario puede haber más de una interfaz T-SM por cada ATU-R y puede ser de un tipo distinto. Por ejemplo una ATU-R que disponga de un conector 10- Base-T Ethernet y un puerto V.35.

En el caso de que no se requiera el filtro, o de que éste sea integrado en los ATU, la interfaz U no existiría. Si el nodo de acceso ADSL realiza algún tipo de función de conmutación, se prescindiría de la interfaz V_A. Por lo general la interfaz V_C hacia las redes de servicio es una interfaz física, dependiendo del caso, por ejemplo adecuada para redes TCP/IP, ATM u otras redes de servicio.

La red de distribución de usuario comprende los equipos o dispositivos conectados como punto terminal del acceso ADSL. Estos pueden ser un PC, un set top box o decodificadores de TV en general, o inclusive una red LAN.

La arquitectura ADSL en una forma menos elaborada se muestra en la Figura 5.2.

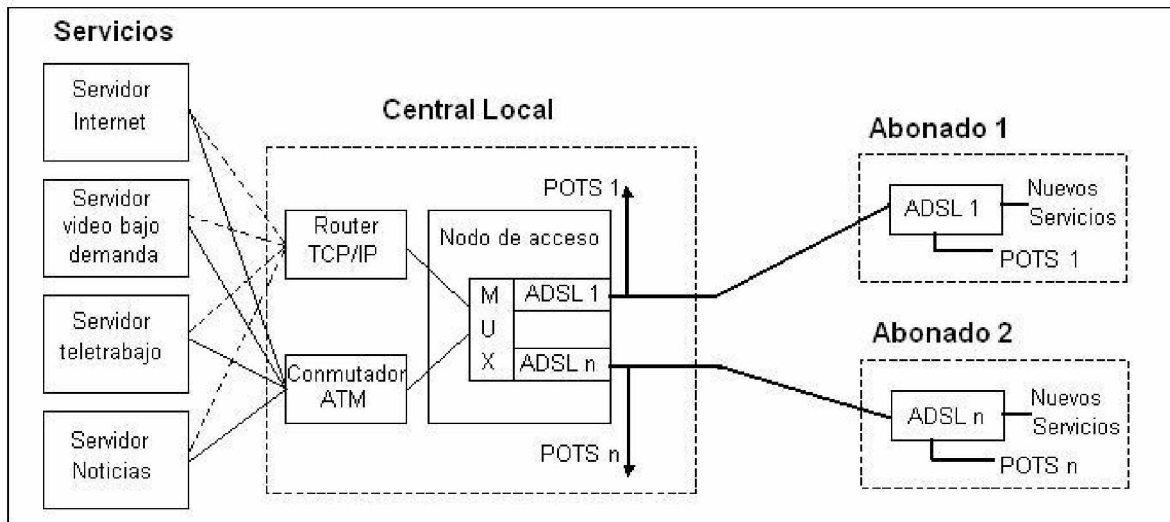


Figura 5.2. Arquitectura ADSL

En la figura se muestran los módems ADSL, uno en cada extremo del enlace. Estos módems pueden soportar puertos para conectar PCs o decodificadores de video para acceso a los servicios de banda ancha, y por otro lado tienen conectores para los teléfonos analógicos normales. Un filtro separa los servicios telefónicos de los servicios digitales, tanto en el lado del abonado como en el nodo de acceso. Mediante el filtro en el nodo de acceso, los servicios de voz se dirigen hacia el conmutador de la central local y los servicios digitales se dirigen hacia el nodo de acceso. El nodo de acceso tiene la capacidad de multiplexar las líneas ADSL para acceder a los servicios de banda ancha como Internet o video bajo demanda. Estos servicios pueden ser proporcionados sobre TCP/IP o sobre ATM puesto que ADSL soporta las dos plataformas.

Como se observa en la arquitectura ADSL, el hecho de separar los servicios de voz de los de datos reduce la congestión de los conmutadores de voz y las troncales puesto que los servicios de datos son conducidos a redes destinadas a

manejar conmutación de paquetes como por ejemplo una red ATM, en lugar de la conmutación de circuitos que se realiza en la RTC. De este modo los conmutadores ATM transportan el tráfico del usuario hacia servidores destinados a ofrecer servicios de banda ancha.

5.2.2. Modulación ADSL

La codificación de línea con la que han sido desarrollados los productos ADSL utilizan modulación CAP (Carrierless amplitud / phase) y la tecnología DMT (Discrete Multitone). Los códigos de línea determinan como se envían los ceros y unos de la señal digital. CAP utiliza la modulación amplitud/ fase sin portadora, mientras que DMT utiliza la modulación por tonos discretos. Aunque los dos sistemas funcionan bien, DMT fue elegido como el estándar para ADSL por el ANSI [T1.413-1995], principalmente por la característica de estos dispositivos de adaptar su velocidad a las condiciones instantáneas de la línea, como la humedad o las interferencias. Además DMT presenta mayor resistencia al ruido y a la presencia de señales digitales en los pares adyacentes conocido como diafonía¹¹.

La incompatibilidad de impedancias en el medio utilizado por la señal ocasiona ecos. En esos puntos donde no están adaptadas las impedancias, una parte de la señal se refleja y vuelve al emisor. Cuando se utiliza el mismo rango de frecuencias para enviar señales en ambas direcciones de manera simultánea sobre el mismo medio físico, la reflexión de la señal puede ser interpretada como una señal originada en el extremo remoto del circuito. Los canceladores de eco restan electrónicamente la señal enviada de la señal recibida con el objeto de distinguir la señal enviada de otras señales. Un método que no requiere canceladores de eco en los dispositivos finales se consigue separando el rango de frecuencias en bandas upstream y downstream, lo que equivale a una multiplexación por división en la frecuencia o FDM. Para ADSL se especifica la codificación FDM o cancelación de eco en el ANSI [T1.413].

¹¹ Diafonía: Las diafonías se ocasionan cuando un receptor recoge señales que están siendo transmitidas por un sistema adyacente, el cual puede ser otro par de hilos o el transmisor propio del sistema.

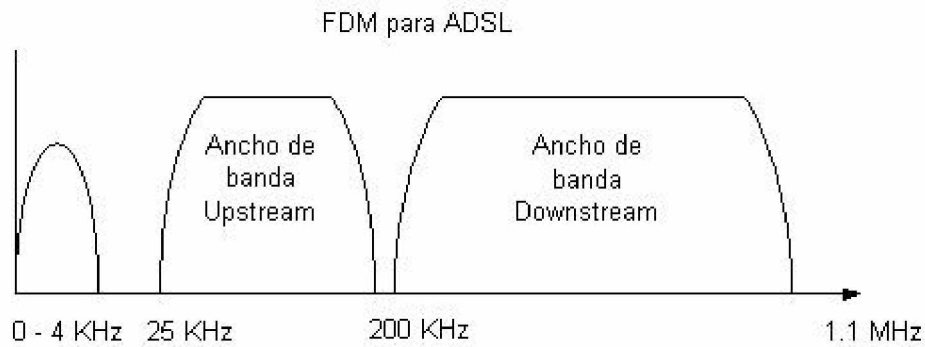


Figura 5.3 Cancelación de eco en ADSL

Con DMT el ancho de banda del canal telefónico se divide en varias subportadoras separadas a igual distancia unas de otras. Este ancho de banda se extiende hasta los 1.1 MHz y está dividido en 256 subcanales comenzando en los 0 Hz. Cada canal ocupa 4.3125 kHz dando un total de 1.104 MHz de ancho de banda del bucle local. Todos los subcanales se utilizan para transferir información, sin embargo algunos se encuentran reservados para funciones de gestión de red y medidas de rendimiento.

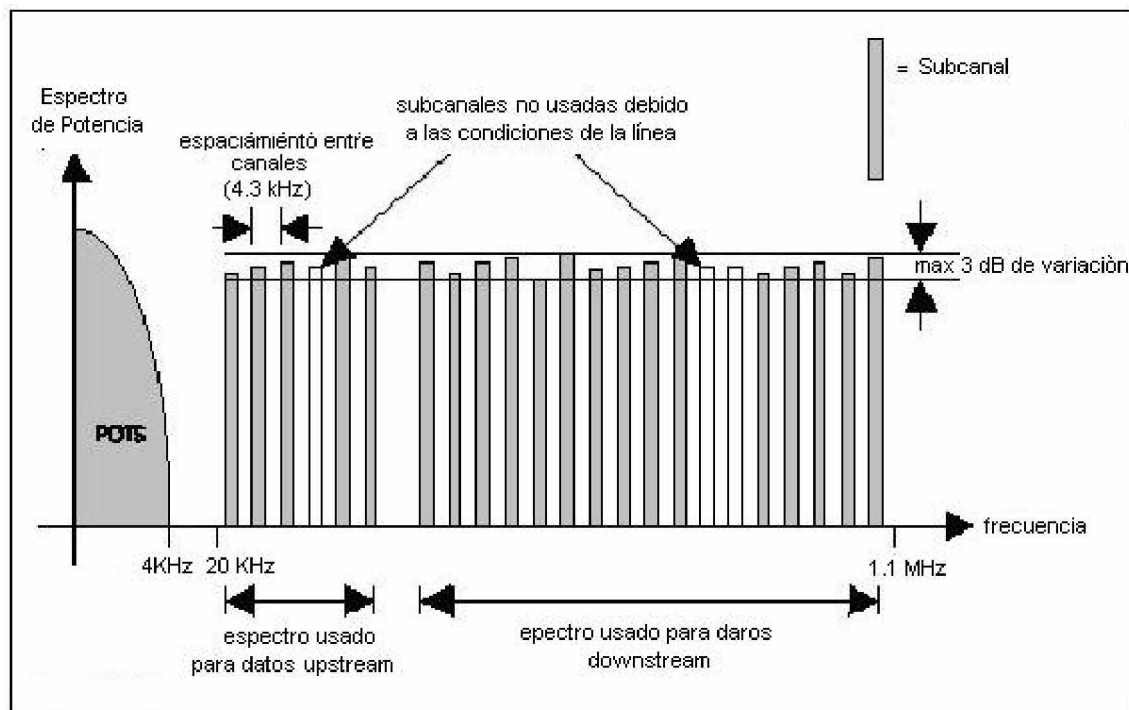


Figura 5.4 Espectro DMT

Los subcanales más bajos, desde el #1 hasta el #6 se reservan para la banda dedicada a la voz analógica, dando un total de 25.875 kHz. A partir de los 25 kHz se reserva el ancho de banda equivalente a los 20 canales restantes para los servicios ADSL. Comenzando en el canal #7 se tiene 32 canales upstream y 250 canales downstream. Una de las razones por las cuales los canales upstream ocupan la parte más baja del espectro es porque la atenuación es más baja a estas frecuencias y porque los transmisores de los abonados por lo general transmiten menos potencia que los transmisores de las centrales locales. Otra razón es la diafonía que ocasionaría el ruido de la central local.

El reparto del flujo de datos entre subcanales es hecho en función de la estimación de la relación señal a ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Entre mayor es la relación, mayor es el caudal que se puede transmitir por un subcanal. De este modo, cada canal es testado por los dispositivos finales para observar la atenuación en los mismos. Esta estimación se realiza al momento que se establece el enlace entre el Terminal de usuario y el Terminal de la central. La técnica de modulación usada es la misma en ambos terminales. Esta característica hace que DMT ofrezca máxima cobertura de variaciones en el bucle. Cada subcanal utiliza su propia técnica de codificación basada en QAM. La cantidad total de datos transmitidos es la suma de todos los bits QAM enviados a través de todos los subcanales activos.

Además todos los canales son monitoreados constantemente en busca de errores, con lo que DMT desactiva de manera selectiva los canales que se encuentran afectados por el ruido. De este modo se consiguen rendimientos mayores al obtener mayores velocidades frente a malas condiciones ambientales, reduciendo los errores y por lo tanto la retransmisión de datos.

Puesto que la velocidad de un subcanal o de un grupo de subcanales puede variar, esto da a DMT una granularidad de 32 kbps. Por ejemplo, un dispositivo DTM podría funcionar a 768 Kbps o a 736 Kbps (lo que implica 32 Kbps menos), dependiendo de las condiciones ambientales o de operación. Esto es una ventaja para DMT en comparación con los dispositivos CAP que ofrecen una granularidad de 340 Kbps.

La Figura 5.5 muestra la tecnología DMT funcionando sobre un bucle local común en una situación ideal con las siguientes características: un par de hilos de calibre 24 de menos de 5.5 Km sin mucho ruido externo y cuyos únicos factores de atenuación presentes se deben a las distancias y frecuencias implicadas. La gráfica central representa la ganancia de un bucle típico en un rango intermedio entre 25 kHz y 1.1 MHz. La ganancia es mayor o menor dependiendo de la frecuencia. A altas frecuencias ésta disminuye por efectos de la distancia, y a bajas frecuencias le afecta el ruido y las diafonías.

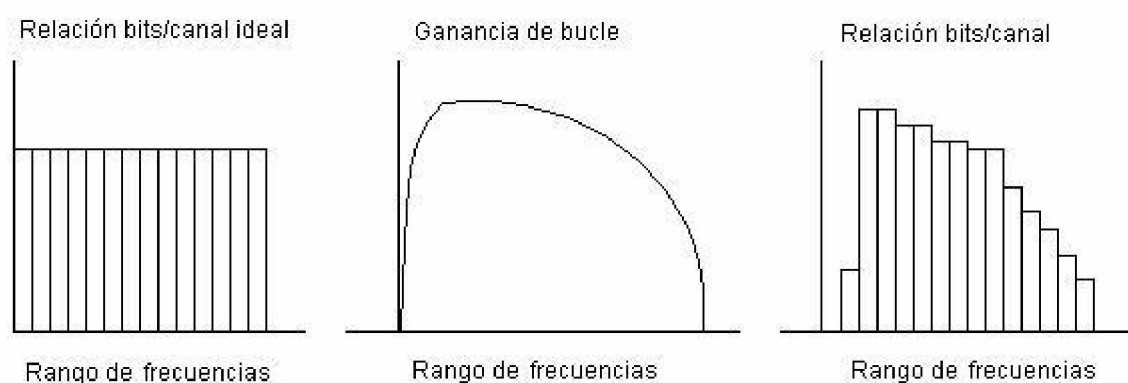


Figura 5.5 Caso ideal

La gráfica de la derecha muestra la característica que tienen los dispositivos DMT de medir la ganancia de cada subportadora y ajustar el número de bits por segundo en cada canal. De este modo queda reflejada la ganancia actual de la línea.

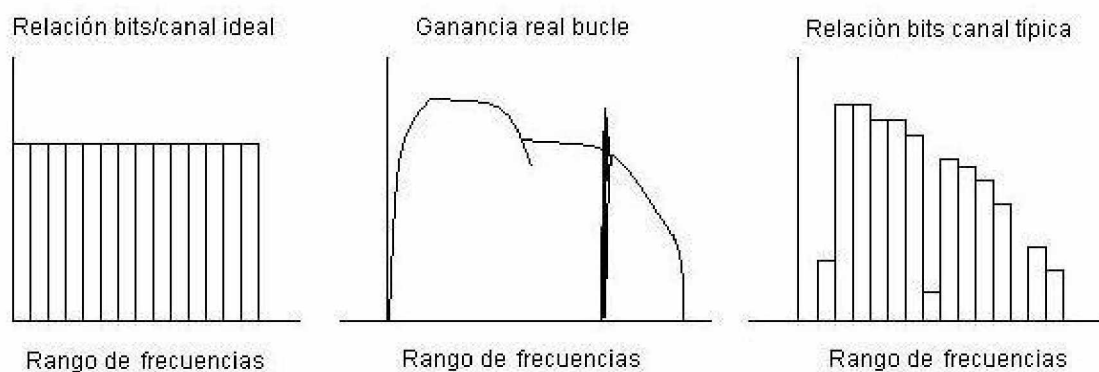


Figura 5.6 Caso real

La Figura 5.6 muestra el caso real, en donde como se observa en la gráfica de la derecha, algunos canales no transmiten un flujo de bits como en el caso ideal e incluso hay canales desactivados. En este caso los efectos degradantes de la ganancia del bucle son una muesca causada por una rama multiplaza y ruido producido por una estación de radio AM cercana. En el primer caso, la rama multiplaza actúa como un largo circuito de retardo. En el caso de la radio AM, los hilos del bucle local actúan como antenas que recogen la señal AM.

5.2.3 CLASES DE TRANSPORTE ADSL

El transporte de datos sobre la interfaz ADSL está basado en tramas. El flujo de bits del interior de las tramas ADSL está basado en un máximo de siete canales portadores simultáneos. Estos canales son de dos clases principales, hasta cuatro canales downstream (transporte de bits hacia el abonado) totalmente independientes que siempre operan en modo unidireccional (simplex), los cuales se denominan AS0, AS1, AS2 y AS3. La otra clase de canales corresponde a tres canales bidireccionales (duplex), que pueden transportar tráfico tanto en sentido upstream como downstream. Estos canales se denominan LS0, LS1, LS2. Todos estos canales portadores son canales lógicos que pueden ser programados para transportar bits a cualquier velocidad múltiple de 32 Kbps (granularidad de DMT).

En la especificación ADSL se establecieron cuatro clases de transporte para los canales portadores simplex downstream. Se basan en múltiplos simplex de 1.536 Mbps (jerarquía de portadora T1) o de 2.048 Mbps (basado en la jerarquía de portadora E1), usada en el Ecuador.

Cuando los canales se basan en la velocidad de transferencia de una T1, las clases de transporte son 1.536 Mbps, 3.072 Mbps, 4.608 Mbps y 6.144 Mbps. No se define una velocidad máxima para un canal portador determinado. El límite viene dado por la capacidad total que el enlace ADSL lo permita. La clase de transporte de 6.144 Mbps no está permitida en todos los portadores AS a la vez. Es obligatorio tener soporte para por lo menos AS0. EL máximo número de subcanales que pueden estar activos en un momento determinado y el número máximo de canales portadores que pueden ser transportados a la vez en un

sistema ADSL dependen de la clase de transporte. El soporte de las clases de transporte depende de la velocidad alcanzable por el bucle ADSL específico y la configuración de los subcanales, los cuales pueden ser configurados para maximizar el número de los subcanales o para maximizar la velocidad de la línea. La Tabla 5.3 presenta las velocidades permitidas de los subcanales portadores.

Subcanal	Velocidad de datos del subcanal	Valores de n_i permitidos
AS0	$n_0 \times 1.536$ Mbps	$n_0 = 0, 1, 2, 3, \text{ o } 4$
AS1	$n_1 \times 1.536$ Mbps	$n_1 = 0, 1, 2, \text{ o } 3$
AS2	$n_2 \times 1.536$ Mbps	$n_2 = 0, 1, \text{ o } 2$
AS3	$n_3 \times 1.536$ Mbps	$n_3 = 0, \text{ o } 1$

Tabla 5.3. Velocidades de los subcanales ADSL

De las cuatro clases de transporte definidas, la 1 y 4 son obligatorias, y el soporte de las clases de transporte 2 y 3 es opcional. Las clases de transporte con el prefijo 2M están diseñadas para utilizarse en los sistemas de 2.048 Mbps basados en la portadora E.

La clase de transporte 1 es obligatoria y está diseñada para los bucles más cortos. Ofrece la capacidad downstream más alta de todas las configuraciones ADSL, esto es, 6.144 Mbps. Es obligatorio el soporte de al menos un subcanal operando a 6.144 Mbps. Para conseguir 6.144 Mbps la clase de transporte 1 puede tener las siguientes configuraciones opcionales:

- Un canal portador de 4.608 Mbps y un canal portador de 1.536 Mbps.
- Dos canales portadores de 3.072 Mbps
- Un canal portador de 3.072 y dos canales portadores de 1.536 Mbps.
- Cuatro canales portadores de 1.536 Mbps.

La clase de transporte 2 es opcional. Transporta 4.608 Mbps en sentido downstream. Esta clase se obtiene de la combinación de uno a tres canales portadores operando cada uno a velocidades múltiples de 1.536 Mbps. AS3

nunca se utiliza en la clase de transporte 2. Los 4.608 Mbps en esta clase de transporte pueden tener las siguientes configuraciones:

- Un canal portador de 4.608 Mbps.
- Un canal portador de 3.072 Mbps y un canal portador de 1.536 Mbps.
- Tres canales portadores de 1.536 Mbps.

La clase de transporte 3 es opcional y transporta 3.072 Mbps en sentido downstream. Se compone de uno o dos canales portadores operando cada uno a velocidades múltiples de 1.536 Mbps. AS2 y AS3 nunca se utilizan en esta clase de transporte. Los 3.072 Mbps se obtienen de las siguientes configuraciones:

- Un canal portador de 4.608 Mbps.
- Un canal portador de 3.072 Mbps y un canal portador de 1.536 Mbps.
- Tres canales portadores de 1.536 Mbps.

La clase de transporte 4 es obligatoria. Se utiliza en los bucles de mayor longitud sin embargo, ofrece la capacidad downstream más baja de todas las configuraciones ADSL. Solo existe un canal portador de 1.536 Mbps sobre el AS0.

Para las redes basadas en la jerarquía de portadora E1 solo se soportan AS0, AS1 y AS2. La tabla 5.4 presenta las velocidades de los subcanales ADSL para la estructura 2M.

Subcanal	Velocidad de datos del subcanal	Valores de n_i permitidos
AS0	$n_0 \times 2.048$ Mbps	$n_0 = 0, 1, 2, \text{ o } 3$
AS1	$n_1 \times 2.048$ Mbps	$n_1 = 0, 1, \text{ o } 2$
AS2	$n_2 \times 2.048$ Mbps	$n_2 = 0, \text{ o } 1$

Tabla 5.4. Velocidades de los subcanales ADSL para 2.048 Mbps

Como mínimo se requiere el soporte de AS0. Las clases de transporte están numeradas de la 2M-1 a la 2M-3. El soporte de todas las clases de transporte 2M

es opcional. La configuración de las clases de transporte 2M es similar a las clases de transporte de 1.536 Mbps.

La clase de transporte 2M-1 se obtiene de combinar uno, dos o tres canales portadores operando a velocidades múltiples de 2.048 Mbps. Los 6.144 Mbps se obtienen de las siguientes combinaciones opcionales:

- Un canal portador de 6.144 Mbps
- Un canal portador de 4.096 Mbps y un canal portador de 2.048 Mbps.
- Tres canales portadores de 2.048 Mbps.

La clase de transporte 2M-2 es opcional Transporta 4.096 Mbps en sentido downstream. Se compone de uno o dos canales portadores operando a velocidades múltiples de 2.048 Mbps. Los sistemas pueden ofrecer una o todas las velocidades de los canales portadores ya que ninguno es obligatorio. AS2 nunca es utilizado en esta clase de transporte. Los 4.096 Mbps se obtiene de las siguientes configuraciones:

- Un canal portador de 4.096 Mbps.
- Dos canales portadores de 2.048 Mbps.

La clase de transporte 2M-3 es opcional y está diseñada para los bucles de mayor longitud. Sin embargo ofrece la capacidad downstream más baja. Solo existe una canal portador de 2.048 Mbps sobre AS0.

El soporte de las celdas ATM en sentido downstream, para las clases de transporte ADSL, es opcional. Las celdas ATM son unidades de datos que tiene un tamaño fijo de 53 bytes. Cada celda tiene una cabecera de 5 bytes y un campo de payload de 48 bytes. La información se transporta en el campo de payload de acuerdo con las normas AAL1, la cual ofrece una transferencia de bits constante (CBR), proporcionando un retardo estable a través de la red que conecta dos extremos finales. En AAL1 se utiliza un byte del campo payload que se añade a la cabecera, y el resto de los 47 bytes se dedican a datos de usuario. Cuando se utiliza ADSL para transportar celdas ATM en sentido downstream, únicamente se

usa AS0, por lo que sólo existe una opción de configuración que puede operar entre una y cuatro velocidades diferentes. Estas tasas de transferencia son definidas como clases de transporte ATM, de la 1 a la 4, y operan a 1.760 Mbps, 3.488 Mbps, 5.216 Mbps y 6.944 Mbps, respectivamente

5.2.3.1 Transporte bidireccional dúplex ADSL

Se tienen hasta tres canales portadores bidireccionales en sentido upstream en una interfaz ADSL. Uno de estos canales es usado para control, denominado canal C, el cual lleva mensajes de señalización para la selección de servicios y control de la llamada. El canal C también transporta la señalización usuario - red para el control de los canales downstream simplex.

En las clases de transporte 4 y 2M-3 el canal C siempre está activo y opera a 16 Kbps. En esta clase de transporte los mensajes del canal C son transportados en una sección especial de la cabecera de la trama ADSL. El resto de clases de transporte utilizan un canal de 64 Kbps, y los mensajes son transportados en el canal duplex LS0.

Los otros dos canales duplex que transporta un sistema ADSL son LS1 y LS2. Un LS1 opera a 160Kbps y un LS2 puede operar tanto a 384 Kbps como a 576 Kbps. La estructura de estos canales varía según la clase de transporte. La Tabla 5.5 presenta las estructuras de los canales simplex asociadas con las clases de transporte de los canales portadores simplex.

Clase de transporte	Canales portadores duplex que pueden transportarse	Subcanales ADSL activos
1 o 2M-1 (alcance máximo)	Configuración 1: 160 kbps + 384 kbps Configuración 2: solo 576 kbps	LS1, LS2 LS2 solo
2,3, o 2M-2 (alcance medio)	Configuración 1 : solo 160 kbps Configuración 2: solo 384 kbps	LS1 solo LS2 solo
4 o 2M-3 (alcance máximo)	Solo 160 kbps	

Tabla 5.5 Canales portadores dúplex soportados por clase de transporte

Los canales bidireccionales tienen la opción de transportar celdas ATM. Si son soportadas, las celdas ATM se transportan sobre el canal opcional LS2. El canal LS2 transporta las celdas ATM según la norma AAL5 además de AAL1. La norma AAL5 es básicamente un método de mapear la información de usuario en el campo payload de una serie de celdas ATM. AAL5 tiene la cabecera más pequeña de todas las AAL, lo cual constituye una ventaja, sin embargo, está diseñada para aplicaciones VBR con lo que no garantiza un retardo estable a través de la red. Además, el soporte de AAL5 está orientado a la conexión. Al transportar celdas ATM las tasas de transferencia de los canales LS2 son de 448 Kbps o 672 Kbps.

La Tabla 5.6 muestra la estructura de un sistema ADSL que emplea celdas ATM. La dirección upstream (bidireccional), corresponde al canal de señalización C, el cual se transporta en una sección especial de la cabecera de la trama ADSL. Las opciones estructurales en sentido downstream limitadas a LS0, se debe a la capacidad de ATM de establecer sus propios circuitos virtuales, denominados VP (Virtual path) y VC (Virtual channel). Si no existen suficientes celdas que contengan datos en sentido downstream, el equipo de red inserta celdas vacías para conseguir que la velocidad de las celdas se adecue a la velocidad de la línea.

Clase de transporte	1	2	3	4
Canales portadores downstream simplex:				
Capacidad máxima (en Mbps)	6.92834	5.196255	3.46417	1.732085
Velocidad del canal portador (en Mbps)	6.944	5.216	3.488	1.760
Máximo número de subcanales activos	Uno (AS0, solo)	Uno (AS0, solo)	Uno (AS0, solo)	Uno (AS0, solo)
Canales portadores duplex:				
Capacidad máxima (en Kbps)	64	64	64	64
Velocidad del canal portador (en Kbps)	C (64)	C (64)	C (64)	C (64)
Máximo número de subcanales activos	1 (LS0)	1 (LS0)	1 (LS0)	1 (LS0)

Tabla 5.6 Canales de transporte para velocidades de canal ATM

5.2.3.2 Cabecera ADSL

Además de los canales portadores simplex y duplex, ADSL incluye una cabecera. El sincronismo de los canales portadores es una de las funciones de la cabecera. De este modo, los dispositivos en los extremos de la conexión ADSL deben conocer qué canales están configurados (los AS y los LS), a qué velocidad operan, y dónde están localizados sus bits en el flujo de tramas ADSL.

La cabecera ADSL utiliza un canal de operaciones integrado (oec) y un canal de control de operaciones (ooc) para la reconfiguración remota y adaptación de la velocidad, detección de errores mediante CRC (código de redundancia cíclica). La cabecera también incluye bits para operación, administración y mantenimiento (OAM), y bits para la corrección de errores hacia delante (FEC - Forward Error Correction), con el objeto de corregir los errores sin retransmitir la información.

Todos los bits de cabecera se envían en ambos sentidos, upstream y downstream. Generalmente se envían como cadenas de 32 Kbps. En algunos casos los bits de cabecera se incluyen en el interior de la transferencia de bits general de las tramas ADSL, con el objeto de no consumir ancho de banda adicional. En otros casos, los bits de cabecera se añaden a la transferencia de bits general en una determinada dirección. Por ejemplo, la clase de transporte 1 que opera a 6.144 Mbps en sentido downstream añade un máximo de 192 Kbps y mínimo 128 Kbps a la tasa de transferencia total. Cuando se combinan con las velocidades de las cabeceras en los canales duplex, la velocidad total de la clase de transporte 1 se eleva hasta 6,976 Mbps. El resto de las clases de transporte se ven afectadas de manera similar.

En un enlace ADSL, no todos los bits que se envían tienen igual tratamiento, por ejemplo, algunos bits pueden representar servicios de audio y video los cuales son sensibles al retardo, mientras que otros bits representan transferencia de archivos o correo electrónico. Debido a estos escenarios típicos en el uso de la red, ADSL estableció dos categorías para el tratamiento de bits. La primera cuando los bits provienen de un buffer fast y la otra cuando provienen de un buffer interleaved o entrelazado. El buffer de datos entrelazado transporta bits que

pueden funcionar adecuadamente con retardos de intercalado definido, mientras que el buffer de datos fast transporta bits que no pueden funcionar adecuadamente con retardos de intercalado o almacenamiento en los buffers. El término entrelazado es una forma de protección de errores de los bits presentes en los buffer. El espacio asignado en cada trama ADSL para transportar los bits del buffer de datos fast es diferente del que se asigna a los datos del buffer entrelazado, lo cual distingue qué tipo de bits se están enviando y donde se encuentran localizados.

5.2.3.3 Supertrama ADSL

Siendo ADSL un protocolo, también está compuesto de una serie de capas. En el nivel más bajo se encuentran los bits, cuya codificación de línea es CAP o DMT. Los bits se organizan en tramas y se agrupan en las denominadas supertramas. Las tramas son estructuras de bits de primer orden, y son los últimos elementos en que se convierten los bits antes de ser enviados, y la primera entidad en que se convierten los bits cuando son recibidos. La Figura 5.7 muestra la estructura general de una supertrama ADSL.

La supertrama se encuentra dividida en una secuencia de 68 tramas ADSL. Algunas tramas tienen funciones especiales, como las tramas 0 y 1 que contiene información de control de errores (CRC) y bits que actúan como indicadores (indicador bits, ib) utilizados para gestionar el enlace. Las tramas 34 y 35 transportan otros ib. A continuación de la supertrama se sitúa una trama especial de sincronización que no contiene ninguna información de usuario. Los enlaces ADSL son conexiones punto a punto, por lo cual no requieren ningún identificador de conexión, ni un direccionamiento especial en este nivel.

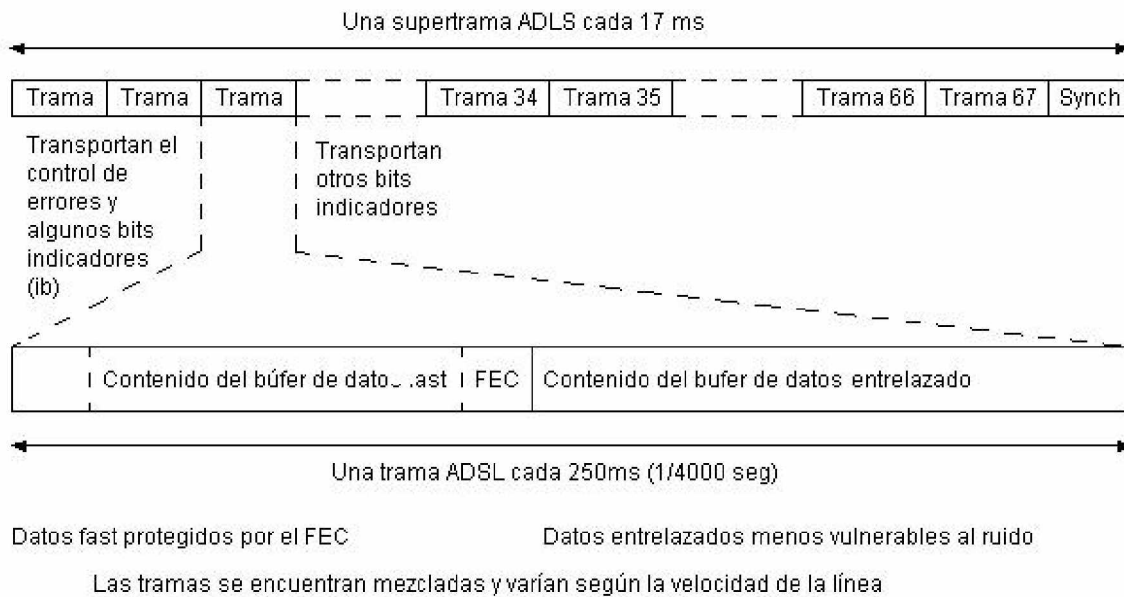


Figura 5.7 Supertrama ADSL

En el interior de la supertrama se encuentran las propias tramas ADSL. Una trama ADSL se envía cada 250 microsegundos (1/4000 de segundo). Una trama ADSL se compone de dos partes. La primera corresponde a los datos fast, los cuales se consideran sensibles al retardo, aunque tolerantes al ruido (por ejemplo, audio y video), ADSL intenta mantener la latencia¹² asociada al mínimo. En el buffer de datos fast un byte especial denominado fast byte precede esta sección y contiene el CRC y los bits indicadores (ib) donde fuere necesario. Los datos fast se encuentran protegidos por un campo FEC con el objeto de corregir los errores de datos fast (útil en tramas de audio).

La segunda parte de la trama ADSL corresponde a la información del buffer de datos entrelazados, los cuales son empaquetados con el objeto de hacerlos más resistentes posible al ruido, a pesar de tener mayor procesamiento y mayor latencia. El entrelazado de los bits de datos los hace menos vulnerables a los efectos del ruido. Esto es útil en aplicaciones puras de datos como el acceso a Internet de alta velocidad.

¹² Latencia: Tiempo que tarda una trama en ir y volver hacia otro punto definido dentro de una red.

En la trama ADSL las longitudes de trama pueden variar debido a que las velocidades de la línea ADSL pueden variar y además es asimétrica. Además, las tramas deben ser enviadas cada 250 microsegundos, y una supertrama debe ser enviada cada 17 milisegundos. Las velocidades de línea máximas establecen una longitud de trama máxima. El tamaño de los buffers queda determinado por la velocidad y la estructura de los canales portadores cuando se realiza la configuración por primera vez

Por otro lado, las tramas desde la 2 hasta la 33 y desde la 36 hasta la 67 también soportan información de gestión o de cabecera, mediante el canal de operaciones integrado (eoc) y el control de sincronismo (sc). Esta información se encuentra en el interior del fast byte de cada trama ADSL contenida en la supertrama. Los bits de este fast byte tiene estructuras diferentes dependiendo de si la trama es par (0, 2, 4 ...) o impar (1, 3, 5 ...). Esta estructura se muestra en la Figura 5.8.

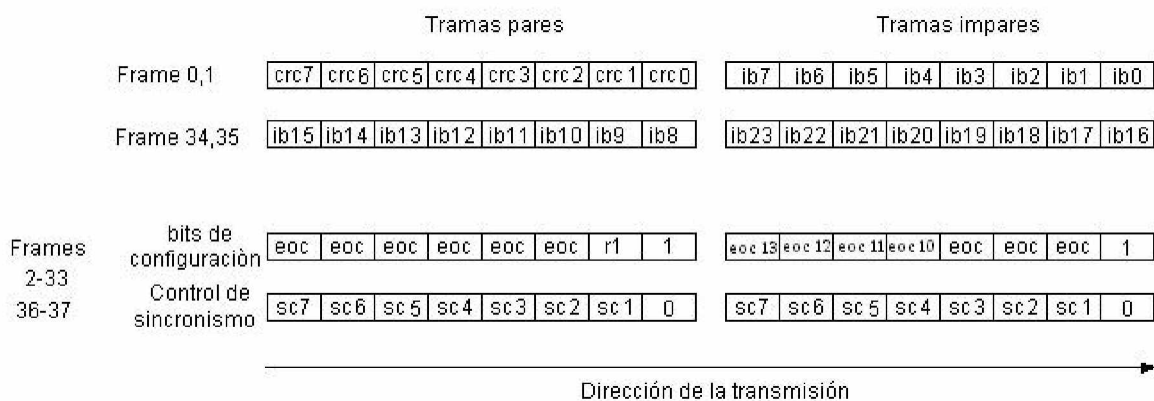


Figura 5.8 Estructura del byte de cabecera fase data.

La figura presenta cuatro funciones de cabecera principales. Los bits dedicados al control de errores (crc) y los indicadores (ib) que ejercen funciones OAM se encuentran en las tramas 0 y 1. Los indicadores dedicados a otras funciones OAM se encuentran en las tramas 34 y 35. El resto de tramas contienen los bits de configuración (eoc) y los bits de control del sincronismo (sc) para la determinación de las estructuras de los canales portadores y funciones similares. El bit r1 está reservado para usos futuros y se codifica con valor 1. Los cuatro bits

que son codificados a 0 o a 1 son usados para identificar las tramas eoc o las tramas de control de sincronismo. Este 0 o 1 será el primer bit del fast byte.

Los bits indicadores (ib) tienen funciones definidas para el sentido downstream. Estas funciones se muestran en la Tabla 5.7

Bit indicador	Definición
lb0 – lb7	Reservada para usos futuros
lb8	febe –i
lb9	fecc –i
lb10	febe –ni
lb11	fecc –ni
lb12	Los
lb13	Rdi
lb14 - 23	Reservada para usos futuros

Tabla 5.7 Funciones de los bits indicadores en dirección downstream

Los ib del 0 al 7 y desde el 14 al 23 son reservados para usos futuros. El ib12 los, se utiliza para indicar si la señal piloto en la dirección opuesta desaparece o cae por debajo de un cierto umbral. El bit los se pone a 1 cuando no existe una pérdida de señal que reportar y se pone a 0 cuando si la hay. El ib13 rdi, indica un defecto remoto y es utilizado por la ATU ADSL para reportar que se ha recibido una trama con un error severo sef (severely errors frame). Se define un sef cuando dos supertramas ADSL consecutivas no contienen los símbolos esperados en la trama de sincronización que sigue a la trama 67. Esta trama de sincronización no debe ser confundida con los bits de control de sincronismo (sc). El bit rdi está en 1 cuando no hay sef, y en 0 cuando si.

Los bits indicadores ib8, ib9, ib10 e ib11 representan condiciones de error remotas, esto es en el ATU-C o en el ATU-R en un enlace ADSL. El bit ib8 o febe-i simboliza un error de bloque en los datos entrelazados del extremo remoto en la supertrama ADSL. Este bit indica que el código de redundancia cíclica para los datos entrelazados en la supertrama recibida no coincide con el resultado calculado en el extremo local. El bit se pone a 1 cuando el crc es correcto y a 0 si no lo es. El bit ib10 febe-ni realiza la misma función en los datos fast, con los mismos valores. El bit ib9 o fecc-i simboliza un código de corrección de errores en

los datos entrelazados en la supertrama ADSL. Este bit indica cuando el código de corrección de errores FEC se utiliza para corregir errores en los datos recibidos. El bit se pone a 1 cuando no hay ningún error por corregir, y a 0 cuando si lo hay. El bit11 o fecc-ni, realiza la misma función en los datos fast con los mismos valores.

Se utiliza tanto FEC como CRC como protección para los datos fast como para los entrelazados. Se calcula un crc en el buffer de datos fast, y se genera un código FEC para una secuencia de tramas.

5.2.3.4 Estructura de la Trama ADSL

Cada trama ADSL tiene una estructura fija dentro de la supertrama. Para cada buffer de datos, fast o entrelazado, la trama se compone de un determinado número de bytes para el canal portador AS0, seguido por el AS1, hasta el AS3. Luego de estos bytes se encuentran los correspondientes al LS0, LS1 y LS2. Si no se tienen bytes para un AS o un LS en particular, esas áreas se encontrarán vacías. Cualquiera de los bits AS o LS puede ser transportado tanto en el área del buffer de datos fast o entrelazado de una trama ADSL. Cada flujo de datos de usuario es asignado tanto al buffer de datos fast como al buffer de datos entrelazado durante un proceso de inicialización.

La Tabla 5.8 muestra las configuraciones para establecer el número de bytes por defecto en la trama ADSL basándose en las clases de transporte. Esta información es para tramas ADSL transmitidas hacia la ATU-R. Si un área de buffer particular tiene un valor distinto de cero, el correspondiente valor en el otro buffer debe ser cero. Se observa que en la clase de transporte 1, la configuración por defecto adjudica 96 bytes al AS0 y al AS1 en cada trama ADSL. Ya que se tienen 8 bits por byte y 4000 tramas ADSL enviadas por segundo, independientemente de la longitud total de la trama, la tasa de transferencia de bits en ambos canales, AS0 y AS1, será de 3,072 Mbps (96 bytes x 8 bits/byte x 4000/seg). Además, la clase de transporte 1 se puede establecer de dos canales portadores en sentido downstream operando a 3.072 Mbps. Por otro lado, el canal LS0 opera a 64 kbps en ambas direcciones (2 bytes x 8 bits/byte x 4000/seg).

Señal	Buffer de datos entrelazado				Buffer de datos fast			
	Clase1 de transporte	Clase2 de transporte	Clase3 de transporte	Clase4 de transporte	Clase1 de transporte	Clase2de transporte	Clase3 de transporte	Clase4 de transporte
AS0	96	96	48	48	0	0	0	0
AS1	96	48	48	0	0	0	0	0
AS2	0	0	0	0	0	0	0	0
AS3	0	0	0	0	0	0	0	0
LS0	2	2	2	255	0	0	0	0
LS1	0	0	0	0	5	0	0	0
LS2	0	0	0	0	12	12	12	0

Tabla 5.8 Número de bytes en la trama según clase de transporte

La Figura 5.9 muestra la estructura de una trama ADSL basada en la clase de transporte 1 enviada por la ATU-C. En este caso, el fast byte debe estar presente, aunque todos los bits de datos procedan del buffer de datos entrelazado.



Figura 5.9 Estructura de trama basada en clase de transporte 1.

La Tabla 5.9 muestra la configuración por defecto de los buffers para la clase de transporte basadas en servicios múltiplos de 2.048 Mbps. Partiendo de la clase de transporte 2M-1 con AS0, AS1 y AS2 enviando 64 bytes en cada trama ADSL, entonces se tienen tres canales portadores en sentido downstream operando a 2.048 Mbps (64 bytes x 8 bits/byte x 4000/seg), la cual es una opción establecida para la clase de transporte 2M-1. En este caso, basado en el tamaño por defecto del buffer, esta es, la configuración por defecto. Además, el canal LS0 opera a 64

kbps en ambas direcciones (2 bytes x 8 bits/byte x 4000/ segundo) en esta configuración.

Señal	Buffer de datos entrelazado			Buffer de datos fast		
	Clase2M-1 de transporte	Clase2M-2 de transporte	Clase2M-3 de transporte	Clase2M-1 de transporte	Clase2M-2 de transporte	Clase2M-3 de transporte
AS0	64	64	64	0	0	0
AS1	64	64	0	0	0	0
AS2	64	0	0	0	0	0
LS0	2	2	2	255	0	0
LS1	0	0	0	0	5	0
LS2	0	0	0	0	12	12

Tabla 5.9 Configuración de buffer

EL flujo de información ADSL tiene dos caminos posibles. Los buffers fast y entrelazados en los módems ADSL están asociados a cada tipo de servicio. Un sistema ADSL puede transportar múltiples servicios sobre una línea, y el MODEM conducirá los bits a los buffers apropiados, dependiendo del tipo de servicio. En el primer caso se ofrece mayor protección, y en el segundo se ofrece mayor rapidez.

5.2.4 MODOS DE DISTRIBUCIÓN ADSL

El enlace ADSL es como una tubería por la cual fluyen bits entre el ATU-R y el ATU-C. Dependiendo de la información que representen estos bits, se define un servicio. Se transmite una supertrama ADSL cada 17 milisegundos, es decir una secuencia de 68 tramas ADSL. Las tramas consisten tanto de datos fast (audio y video), como datos entrelazados (datos, Web).

El modo de distribución determina la forma en que se envían los bits de las tramas ADSL. La figura 5.10 presenta los cuatro modos de distribución definidos según el ADSL Forum, cuando se trata del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

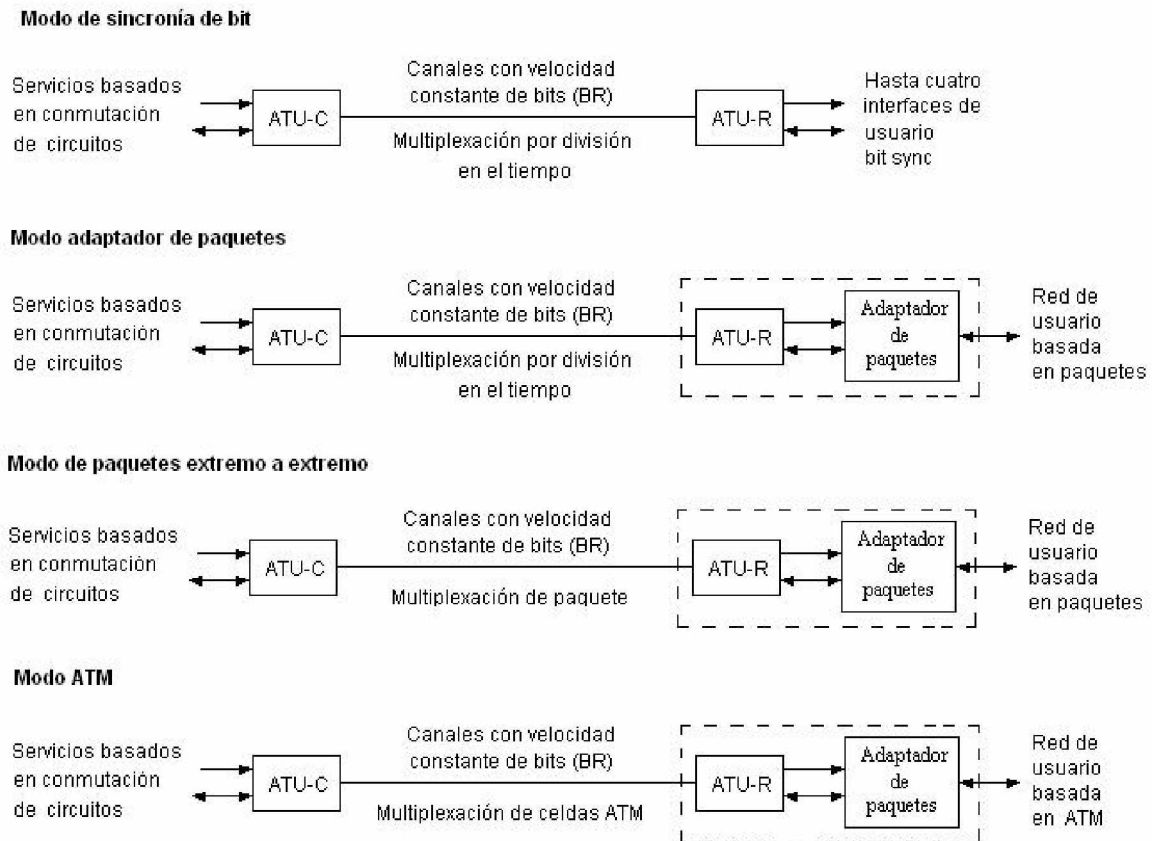


Figura 5.10 Modos de Distribución ADSL.

5.2.4.1 Modo de sincronía de bit. Es el más simple. En este modo, por cada ATU-R en el equipo del cliente, pueden ser colocados hasta cuatro dispositivos terminales, como un PC o un Set Top Box. Esto se debe a que se tienen definidos los cuatro flujos de bits en sentido descendente (desde el AS0 al AS3). El canal ascendente y los canales bidireccionales se componen al menos del canal de control C. Un flujo de bits simple comprendería un canal ascendente de 64 kbps y un canal descendente AS0 a 2.048 Mbps. En este modo, el ATU-C maneja los bits de usuario que llegan por el canal C o LS enviándolos a un conmutador de circuitos de la central.

5.2.4.2 Modo adaptador de paquetes. En este caso los dispositivos de usuario envían y reciben paquetes, los mismos que se disponen en las tramas ADSL de acuerdo con alguna función de adaptación de paquetes, la cual puede ser implementada en el ATU-R o en otro dispositivo exterior. En este modo, paquetes de diferentes fuentes y destinos de los equipos de usuario pueden compartir un único canal LS1 del enlace ADSL. El ATU-R mapea esos paquetes sobre canales

fijos en el enlace ADSL, mientras que del lado del ATU-C, detrás del nodo de acceso puede existir un enrutador de Internet.

Los paquetes son enviados como un flujo de bits en canales multiplexados en el tiempo (TDM) hacia el dispositivo final, puesto que a los puntos finales solo se llega mediante circuitos. De este modo, cada flujo de paquetes necesita su propio canal TDM en el enlace ADSL, y cada canal ADSL se comporta como un transporte CBR.

5.2.4.3 Modo de paquetes extremo a extremo. En este caso, los paquetes son multiplexados en los canales ADSL. Es decir, los paquetes con origen y destino en varios dispositivos de usuario no son mapeados en una secuencia de tramas ADSL representando AS o LSs, sino que son enviados por un enlace ADSL “sin canales”, en los que se producen unos flujos ascendentes y descendentes a una velocidad determinada. Además, los paquetes de usuario deben ser del mismo tipo que los usados por el proveedor del servicio en el enlace. Los dispositivos de usuario envían paquetes a y desde el dispositivo adaptador. En el final del enlace, en el ATU-C, los paquetes no son enviados hacia el punto final representado por el canal LS, sino que son enviados a sus propios servidores basándose en la dirección del paquete. Un ejemplo de este caso es una red de servicios basada en TCP/IP.

En este modo, los paquetes IP pueden ser multiplexados y conmutados (enrutados) hacia Internet en el lado del servicio del enlace ADSL. Otro tipo de paquetes como el video pueden ser transportados, además de paquetes IP, siempre que cliente y servidor entiendan el tipo de paquete que está siendo transportado (o el equipo del cliente soporte el tipo de paquete).

5.2.4.4 Modo ATM. El ATM multiplexa y envía celdas ATM desde un adaptador ATM (en el ATU-R), en vez de paquetes IP (o de cualquier otro tipo). En el lado del proveedor de servicios ADSL, el ATU-C vierte las celdas a una red ATM. La red ADSL negocia con las celdas ATM, las cuales deben formar parte del contenido de las tramas ADSL.

5.2.5 Redes de banda Ancha basadas en ADSL

Con el objeto de que un usuario residencial pueda tener acceso a servicios de banda ancha, el ADSL Forum estableció seis maneras diferentes de construir una arquitectura dentro de la cual forma parte el enlace ATU-R - ATU-C definido en uno de sus modos de distribución. Estas posibles redes se muestran en la Figura 5.11. Estos escenarios se derivan de combinar los cuatro modos de distribución de enlace ADSL con los equipos y tipos de tráfico típicos del resto de la red de banda ancha.

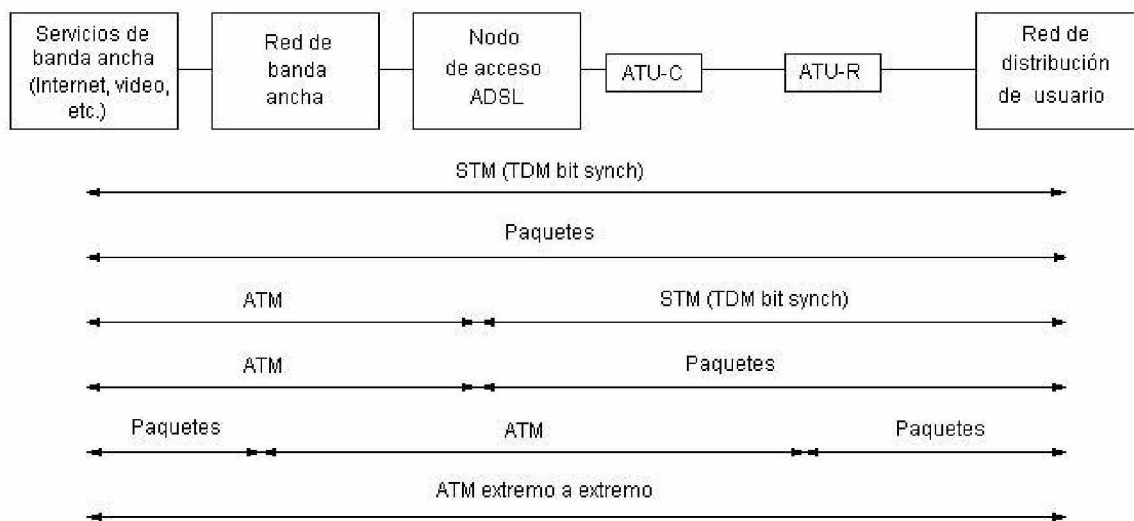


Figura 5.11 Posibles redes ADSL

La primera red ADSL posible, contempla el uso del modo de sincronía de bit extremo a extremo. De acuerdo a la documentación del ADSL Forum, el modo de sincronía de bit con multiplexación por división en el tiempo (TDM), se denomina Modo de transferencia Síncrono (STM). En este modelo de red, la información que viaja por el sistema ADSL es indiferente al mismo. La red ADSL se comporta como una tubería pasiva de bits y ofrece únicamente TDM y un flujo de bits constante sobre los canales ADSL establecidos, como AS0 o el LS1.

La segunda posible red transporta paquetes extremo a extremo. Estos paquetes pueden representar otros protocolos u otros servicios, siempre que ambos extremos entiendan el formato de los paquetes.

En la tercera red ADSL posible, el nodo de acceso se maneja en modo de sincronía de bit hacia el ATU-R, mientras que para acceder a los servidores de contenidos trabaja con celdas ATM. La ventaja de este modelo, es que los proveedores de servicios que ya cuentan con una red ATM pueden aprovechar las diferentes combinaciones de tráfico que usa ATM, sin necesidad de que los usuarios deban adaptarse a ATM.

EL cuarto modelo de red ADSL utiliza ATM en la parte de acceso a los contenidos, pero en el enlace ADSL se emplea paquetes.

El quinto modelo de red combina ATM y el transporte de paquetes de modo que los proveedores de servicio proporcionen servicios ADSL con interfaces de paquetes en los extremos de servidor y de usuario.

El último modelo de red que se presenta en la figura utiliza ATM de extremo a extremo, lo que implica el transporte de celdas en lugar de paquetes.

5.3 EI NODO DE ACCESO O DSLAM

El nodo de acceso es el elemento situado entre la red de transporte y la red residencial. La red de transporte comprende el equipo necesario para trasladar el tráfico telefónico y/o los servicios varios de cada uno de los nodos hacia la red conmutada, sea esta una red de circuitos o una red de paquetes. Esta red se basa en equipos de transmisión SDH por fibra óptica.

Cuando el proveedor de servicio menciona los enlaces backbone de su red, normalmente se refiere a los anillos SONET/SDH. Los anillos ayudan a evitar las interrupciones de servicio ya que si una señal que viaja en un sentido a través del cable es interrumpida por un fallo o una rotura en este cable, las señales se reencaminan por sí mismas por el otro camino que forma el anillo. Este reencaminamiento se produce en 60 mseg. La Figura 5.12 presenta una forma de interconectar tecnologías xDSL mediante anillos SDH. Esta red de datos está compuesta por switches o conmutadores ATM que forman el backbone, ubicados en distintas centrales de ANDINATEL.

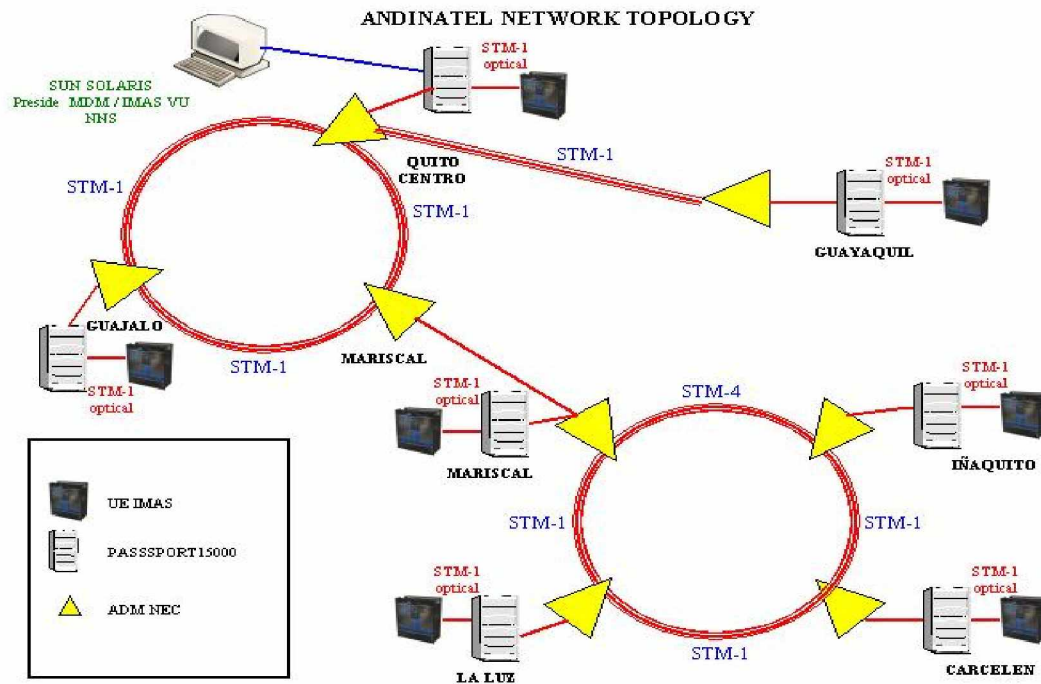


Figura 5.12 Topología de la Red de ANDINATEL

EL nodo de acceso se basa en multiplexores de acceso DSL o DSLAM. Un DSLAM en ADSL es utilizado para agrupar ATU-Cs lo que comprende la parte de acceso a los abonados. Por el lado de la red de transporte, el DSLAM puede tener uno o más puertos que den acceso a diferentes redes con servidores que proporcionen servicios de banda ancha. Estas redes de servicios pueden ser la misma RTC, un ruteador hacia Internet o un nodo ATM.

5.3.1 Características de los DSLAM

El DSLAM se coloca por lo general en el Wire Center de la central local ya que es necesario tener acceso a los bucles locales. Las características de un DSLAM típico son soportar ADSL con modulaciones DMT o CAP. EL filtro ATU-C se encuentra integrado en el propio DSLAM. La conexión a la red de acceso será probablemente en la mayoría de los casos una interfaz ATM (normalmente SONET/SDH de 155 Mbps) o una conexión tipo LAN Ethernet a 10/100 Mbps. El DSLAM típico no es un dispositivo pasivo, sino que tiene ciertas funcionalidades de enrutamiento o de bridging basados en celdas ATM o en paquetes IP. De igual modo, el protocolo SNMP es el utilizado para la gestión de red del DSLAM.

Finalmente, existe una gran variedad entre las líneas a las que puede dar servicio, y de precios asociados a esta configuración.

El DSLAM básicamente agrega el tráfico procedente de varios enlaces xDSL y lo concentra con técnicas como filtrado y eliminación de bits de relleno.

Se puede tener un DSLAM con capacidades integradas de enrutamiento IP con el objeto de conectarse a Internet o a otra red basada en paquetes IP sin la necesidad de usar dispositivos adicionales como por ejemplo un hub 10Base-T LAN.

Muchos DSLAM soportan interfaces capaces de conectarse al puerto de un conmutador ATM. Desde aquí el tráfico realizaría su camino hacia una red ATM de banda ancha donde se encontrarían localizados los servidores.

La Figura 5.12 presenta un ejemplo real de la infraestructura de una red de accesos xDSL en ANDINATEL. Para este caso, el elemento denominado IMAS (Figura 5.13) es un ejemplo de DSLAM de acceso xDSL, esta equipado para soportar servicio ADSL y SDSL. Tiene 16 slots disponibles, de los cuales 2 son para la tarjeta de control CSC y 14 para tarjetas de usuario. La tarjeta CSC contiene 2 puertos STM-1 para conexión hacia un conmutador ATM, para este caso el PP15K. Las tarjetas SDSL se colocan en el lado izquierdo del chasis y las ADSL en el extremo derecho. Esta distribución se debe a las características eléctricas de las tarjetas. La tarjeta SSC se utiliza para configuración master-slave y tiene 7 puertos STM-1.



Figura 5.13 DSLAM de Acceso Universal Edge IMAS Nortel

Otro ejemplo de DSLAM de acceso es el ASAM de ALCATEL equipado para soportar servicios ADSL y G.SHDSL. En este equipo, la tarjeta NT forma el corazón del sistema, a su cargo esta la administración de fallas, configuración y todas las tarjetas del ASAM, contiene el puerto STM-1 que se conecta al conmutador ATM (PP15K). La tarjeta PWR realiza la distribución de energía hacia los ventiladores y repisas. La tarjeta ACCU-C administra las alarmas de la oficina central, tiene un interfaz CRAFT para realizar administración local.

Las tarjetas ADLT y SDLT contienen 24 puertos de usuario y están colocadas siguiendo la misma distribución que en el caso de los IMAS. La tarjeta PSPC divide el espectro del POTS del espectro del ADSL.

En la siguiente tabla se resumen las principales características de los DSLAM anteriormente presentados:

DSLAM	Soporte xDSL	Niveles de servicio ATM	Códigos de corrección de error	Densidad por Rack	Densidad por Tarjeta
Alcatel ASAM 7301	ADSL, G.SHDSL, VDSL	UBR, UBR+, CBR, rt-VBR/nrt-VBR, GFR ¹³	Código Reed-Solomon Código de Trellis (genera 3dB de ganancia adicional de código)	768 líneas	- 48/24/12 líneas ADSL - 24/12 líneas VDSL - 24/12 líneas G.SHDSL
Nortel IMAS XpressDSL	ADSL, G.Lite, SDSL	CBR, VBRrt, and VBRnrt QoS	Código Reed-Solomon	728 líneas	- 20 líneas ADSL - 32 líneas SDSL - 32 líneas G.Lite

Tabla 5.10 Características de los DSLAM's.

Los DSLAM presentados no cuentan con funciones de conmutación, son simplemente DSLAM's de acceso. Todo el tráfico proveniente de estos DSLAM es enviado hacia un conmutador ATM, que para el caso de la Figura 5.12 es el Passport 15000 (PP15K). El PP15K tiene 16 slots disponibles para insertar tarjetas. Los dos primeros slots corresponden a la tarjeta CP (Control Processor), que es la encargada de realizar los procesos de conmutación en el passport. Una esta activa y la otra en standby. Las tarjetas STM-1 insertadas en el passport contiene 4 puertos disponibles para los enlaces troncales. Las tarjetas STM-4 dispone de 1 puerto. Este equipo trabaja solo a nivel de STM's, empaqueta y trabaja con ATM, razón por la cual para trabajar a nivel de tributarios es necesario utilizar otro equipo llamado PASSPORT 7480 (PP7480).

El PP7480 es considerado como un switch de frontera o acceso. Tiene 16 slots disponibles para insertar tarjetas. El primero y último slot corresponden a la tarjeta CP (Control Processor), que es la encargada de realizar los procesos de conmutación en el passport. Tiene un puerto STM-1 para conectarse al PP15K. Básicamente el PP7480 provee accesos E1 y soporta servicios Frame Relay, ATM, AAL1CES e IMA.

En este punto se ha cubierto la parte correspondiente a la Red de Transporte, comprendida por conmutadores ATM interconectados por anillos SDH, y la parte correspondiente a la Red de Acceso que involucra los DSLAM de acceso. Se observa que en este caso, en el lado del proveedor de servicios ADSL, el ATU-C vierte las celdas a una red ATM. ANDINATEL como proveedor

¹³ GFR: La categoría de servicio ATM Guaranteed Frame Rate (GFR) está pensada para tráfico Best Effort que se puede beneficiar de las garantías de un throughput mínimo. Entregando garantías de tasa para TCP sobre ATM con servicio GFR. El GFR ha sido recientemente propuesto en el Forum ATM como una actualización de la categoría de servicio UBR.

de servicio, cuenta con una robusta red ATM, con lo cual puede aprovechar las diferentes combinaciones de tráfico que usa esta tecnología, sin necesidad de que los usuarios deban adaptarse a ATM. Esto deja abierta la posibilidad de transportar ATM entre el ATU-R y el ATU-C, o también se podría tener un enlace a modo de paquetes entre estos dos elementos.

5.4 ADSL EN EL USUARIO

ADSL ofrece el ancho de banda suficiente (retardos lo suficientemente estables y tasas de error lo suficientemente bajas) para ofrecer varios tipos de servicios de video al usuario residencial. Dependiendo de las velocidades características asociadas a tales servicios, el Forum ADSL sugiere una serie de velocidades a las que ADSL debería operar en sentido upstream y downstream, Esto se presenta en la Tabla 5.11.

Aplicación	Downstream	Upstream
Difusión de TV	6 a 8 Mbps	64 kbps
Video Bajo Demanda	1.5 a 3 Mbps	64 kbps
Near video bajo demanda	1.5 a 3 Mbps	64 a 384 kbps
Educación a Distancia	1.5 Mbps	64 kbps
Telecompra	1.5 a 3 Mbps	64 kbps
Servicios de Información	1.5 Mbps	64 kbps
Juegos en red	1.5 Mbps	64 kbps
Videoconferencia	384 kbps a 1.5 Mbps	384 a 1.5 Mbps
Videojuegos	64 kbps a 2.8 Mbps	64 kbps

Tabla 5.11 Velocidades de upstream y downstream de ADSL

El rango de velocidades en video conferencia depende de la calidad del video y del nivel de detalle requerido. La educación a distancia, el near video bajo demanda, y video bajo demanda requieren anchos de banda en sentido downstream de hasta 3 Mbps. La video conferencia es un servicio que puede requerir el uso de una tecnología simétrica como HDSL o SDSL, o las últimas generaciones de ISDN.

Las imágenes de TV de alta definición, dependiendo de las técnicas de compresión digital utilizadas, requerirán de 6 a 8 Mbps mas o menos. Para el caso de HDTV que fue definida con el formato de compresión MPEG-2, cuenta en la actualidad con el formato de compresión MPEG-4 que fue utilizado sobre TCP/IP, cuenta con software capaz de generar tramas de video que se adapten a la difusión de televisión sobre una red de banda ancha con un requerimiento de hasta cuatro veces menor de ancho de banda, puesto que el peso de la información transmitida se reduce significativamente. El análisis de estas técnicas de compresión fue realizado en el Capítulo 3.

5.4.1 Equipos ADSL en el lado de usuario

El equipo terminal del enlace ADSL en el lado del usuario es el ATU-R. Este equipo puede tener varias presentaciones dependiendo de la relación que tenga con el filtro o splitter necesario para tener el servicio de datos y el servicio telefónico al mismo tiempo.

En una de estas presentaciones, el ATU-R y el filtro se alojan bajo la misma carcasa, parecido a un MODEM externo. Es conveniente colocarlo tan cerca del equipo terminal como sea posible, por consideraciones eléctricas y ambientales. La interfaz de usuario puede ser un conector serie básico para transportar los bits en serie hasta un dispositivo sobre un cable Cat-5, un adaptador para una LAN 10 Base-T (físicamente idéntico al tipo RJ) para conectar la ATU-R a una tarjeta de red interna 10 Base-T (NIC) en el PC que utilice el servicio ADSL, o ambos. Además los ATU-R puede incluir un conector USB, o un T1. Si la ATU-R actúa como un Hub 10 Base-T o se conecta a un Hub 10 Base T la ATU-R se denomina ADSL bridge.

La otra forma de ATU-R es similar a una tarjeta de MODEM interna, la misma que se colocaría en un slot de expansión libre en el bus del PC al igual que un MODEM interno o a través de un conector USB. En este caso el filtrado se realizaría mediante un filtro completo o un filtro pasa alto.

La tercera tiene relación con la forma en que se instala CDSL.

Los routers ADSL permiten a múltiples usuarios usar el servicio de Internet al mismo tiempo de modo que cada uno pueda hacer uso de funciones como flujos de video y audio. Estos routers tienen en su interior un MODEM ADSL que les permite la conexión de banda ancha por medio de las líneas telefónicas de cobre. La mayoría también tienen en su interior switches Ethernet que permiten conectar hasta 4 computadores al ADSL router, aunque algunos tienen solamente un puerto Ethernet de salida, y requieren un switch o hub adicional. Estos son normalmente usados cuando se requiere funciones de router a una red grande ya existente. La Tabla 5.12 presenta una lista de equipos terminales ADSL y sus principales características:





	Conexión a LAN o PC	Interfaz WAN	Conexión a Consola	Funciones xDSL	Velocidad	Alimentación
XAVI X2102r (SDSL) 	Cuatro conectores RJ-45	RJ-45	DB9, puerto serial	SDSL	144 Kbps a 2320 Kbps Simétrica sobre un par	12 Vdc
XAVI (ADSL)	Puerto Ethernet 10-Base-T RJ-45	RJ-11	DB-9 puerto serial	ADSL G-Lite o DMT	32Kbps a 1024Kbps	12Vdc
CISCO 827 (ADSL) 	Puerto Ethernet 10Base-T	RJ-45	RJ-45	ADSL	Hasta 800Kbps upstream y 8Mbps downstream	24V
SPEEDTOUCH serie 610 MARCA ALCATEL(ADSL) 	Puerto Ethernet 10Base-T RJ-45	RJ-11	DB-9 puerto serial	ADSL G.SHDSL VDSL Velocidad Adaptativa	832 kbps upstream y 8Mbps downstream	9V
PDBA PRO 302: Full Rate ADSL Tarjeta Interno 	PCI	2 jack RJ-11	PCI	ADSL	640 Kbps upstream y 8 Mbps downstream a 5.4 Km	5V

Tabla 5.12

Los dos primeros equipos son ATU-R SDSL y ADSL respectivamente. Pueden ser configurados para operar como bridge o como router. Son equipos de alto rendimiento, configuración simple y bajo consumo de energía. En este caso se trata de módems externos. La Figura 5.14 presenta un esquema de conexión de las interfaces que presentan estos equipos.

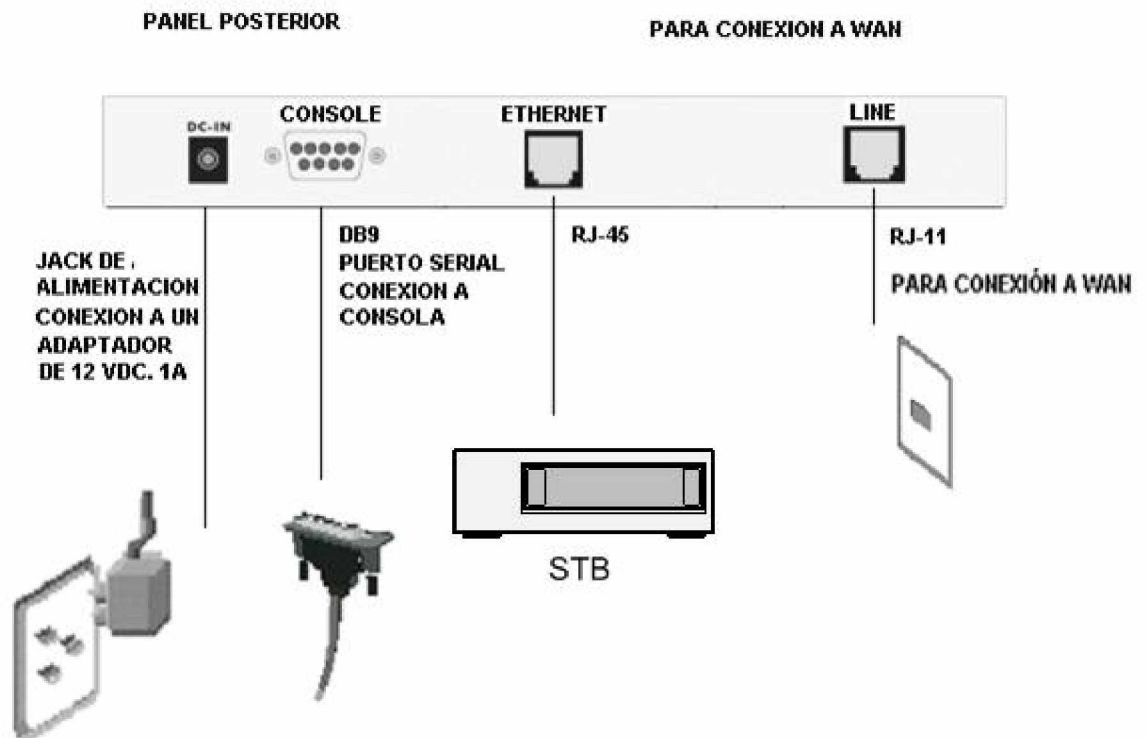


Figura 5.14 Interfaces MODEM ADSL.

Para el caso del CISCO 827 es un ruteador con soporte ATM/ADSL que envía datos sobre líneas ADSL de alta velocidad para conectar a Internet las Intranets corporativas o para interconexión de redes LAN.

El último ejemplo presentado, es una tarjeta interna que se inserta en el bus PCI de un PC. Este tipo de tarjetas son diseñadas principalmente para proveer conexión de alta velocidad al Internet, principalmente para usuarios residenciales y de oficina. Está provisto con un puerto RJ-11 para soportar POTS y ADSL simultáneamente. Además permite el soporte de ATM end to end ya que soporta los estándares RFC 1483 BPDU (Bridge Ethernet over ATM PVC), RFC 1483 RPDU (Routed IP over ATM PVC), RFC 1577 (Classic IP over ATM), RFC 2364 (PPP over ATM).

5.4.2 Los Set-Top-Boxes

Los equipos situados en el hogar del usuario se conectan a la red de acceso por medio del módem DSL. Ya que el servicio involucrado en este estudio es la difusión de televisión, se requiere de un equipo que nos permita visualizar el flujo de video proveniente de la red de banda ancha hacia el MODEM DSL instalado en la residencia del usuario. Estos equipos o decodificadores de video son conocidos como Set-Top-Boxes o STB. Los STB deben contar entre sus características principales, con interfaces que le permitan conectividad al módem DSL así como salidas estándar de video y audio con conexión a Televisores. Además, los STB deben soportar los estándares de codificación de video actuales.

La Tabla 5.13 presenta tres ejemplos de STB.

	SENTIVISION SV-510 IP Set-Top Box 	I3 Micro Technology Mood IP Set--Top Boxes 	Kreatel IP STB 1510 
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> - DSP 600MHz - RAM 64MB (Host) + 32MB (DSP) - Flash 2MB (Boot) + 32MB 	<ul style="list-style-type: none"> - DSP 324/600 - RAM 160 MB - Flash 4 o 36 MB 	<ul style="list-style-type: none"> - MIPS Procesor 420 - RAM 128 MB - Flash 256KB
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> - 10/100Mbps Ethernet RJ-45 - Video Out CVBS, S-Video, Component (Y-Pb-Pr), VGA - Video In CVBS, S-Video - Audio Out 2 x RCA, 1 x S/PDIF - Audio In 2 x RCA 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 /100 Mbps Ethernet (RJ-45) - Analog Telephony Port (FXS) RJ-11 - Video S-Video - Audio Out 2 x RCA, S /PDIF (RCA) - VGA and Component Video (Mini-DIN) 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 /100 Mbps Ethernet (RJ-45) - Audio Out 1 x RCA - S /PDIF (RCA) - 1xSCART RGB, S-Video y video compuesto - 1xRCA video compuesto
Codificación	Audio: <ul style="list-style-type: none"> - MPEG – 1 (MP3) - MPEG – 4 AAC Video: <ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows Media 9 - MPEG – 2,MP (2-10Mbps) - MPEG – 4 ASP 3Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> - Windows Media™ 9 Series - MPEG-2 HL@MP (HDTV) - MPEG-4 AVC Main Profile(H.264) - MPEG-1 	<ul style="list-style-type: none"> - MPEG-1 - MPEG-2
Sistema de Televisión	<ul style="list-style-type: none"> - NTSC - PAL 	<ul style="list-style-type: none"> - NTSC - PAL/SECAM 	<ul style="list-style-type: none"> - NTSC - PAL
Sistema Operativo	<ul style="list-style-type: none"> - Linux OS (kernel 2.4) - HTML 4.0 Web Browser 	<ul style="list-style-type: none"> - Linux OS (kernel 2.4) - Opera 7 browser 	<ul style="list-style-type: none"> - Linux Based
Alimentación	12 Vdc/ 10W	100-240 V AC,50-60 Hz 5W	5V, 9W

Tabla 5.13 Set Top Boxes

El primer equipo presentado en la tabla 5.13 es un Set Top Box con un amplio rango de aplicaciones, como VoD, IP-TV, PVR, Web Browser. Soporta varios formatos de codificación de video incluyendo el MPEG-4 AVC (H.264) y Windows Media 9. Soporta varias tasas de compresión asegurando una buena calidad de video, con un uso mínimo de ancho de banda. La codificación de audio que soporta varía entre las capas 2 y 3(MP3) de audio MPEG y MPEG-4 AAC. Permite interacción con el usuario a través de características básicas de VCR (FF, RW, Pause, Slow, Bookmark). Este equipo funciona también como un PVR (Personal Video Recorder) mediante el uso de codificación y decodificación MPEG-2. La salida de video es adaptable a pantallas con diferentes relaciones de aspecto. Soporta el transporte de los dos tipos de tramas MPEG y tramas RTSP/RTP. Cuenta con un motor de búsqueda HTML, soporta JavaScript 1.3 y SSL (v2/v3). Permite diagnóstico y monitoreo remoto (SNMP).



Figura 5.15 Puertos de Entrada/Salida en un STB

La Figura 5.15 presenta la parte posterior de un STB, en la cual se aprecian las interfaces de entrada y salida. Para la figura tenemos: Un interruptor de encendido/apagado, un conector de energía a 12 Vdc, un mini DIN 9-pin para conexión a teclado opcional, un puerto RJ-45 para Ethernet 10/100BaseT, 2 puertos USB, un VGA (RS-232 DB-15) que permite la conexión a un monitor de PC, un puerto de salida S/PDIF para audio digital, cuatro coaxial de salida de video HDTV (Y-Pb-Pr), entrada/salida de video mini DIN para S-Video, entrada/salida de video RCA, y entrada salida de audio RCA.

Las características de los otros equipos son similares. Algunos de los STB tienen un splitter incluido que permite la conexión con un teléfono analógico. En la Figura 5.16 se presenta un ejemplo de todas las posibles conexiones de un STB en la red de usuario. Este STB además de permitir la conexión con un Set de Televisión común, cuenta con un splitter para tener el servicio de telefonía

analógica. Tiene también un puerto Ethernet para conexión a PC y acceso a Internet. En cuanto al servicio de video, el STB tiene interfaces que le permiten disfrutar de sistemas de audio digital como los tan populares Teatros en Casa con sonido Dolby Digital y puertos USB. Además permite la conexión con un grabador DVD, elemento que se volverá muy popular puesto que se declaró a principios de éste año (2005) oficialmente el fin de la producción de equipos VHS.

Puesto que los servicios de video son servicios de entretenimiento, el equipo presentado en la figura es un claro ejemplo de que los fabricantes apuntan al desarrollo de un solo equipo que satisfaga las necesidades de los usuarios, evitando que la red de usuario se convierta en una montaña de equipos que muchas veces redundan en ciertas funciones.

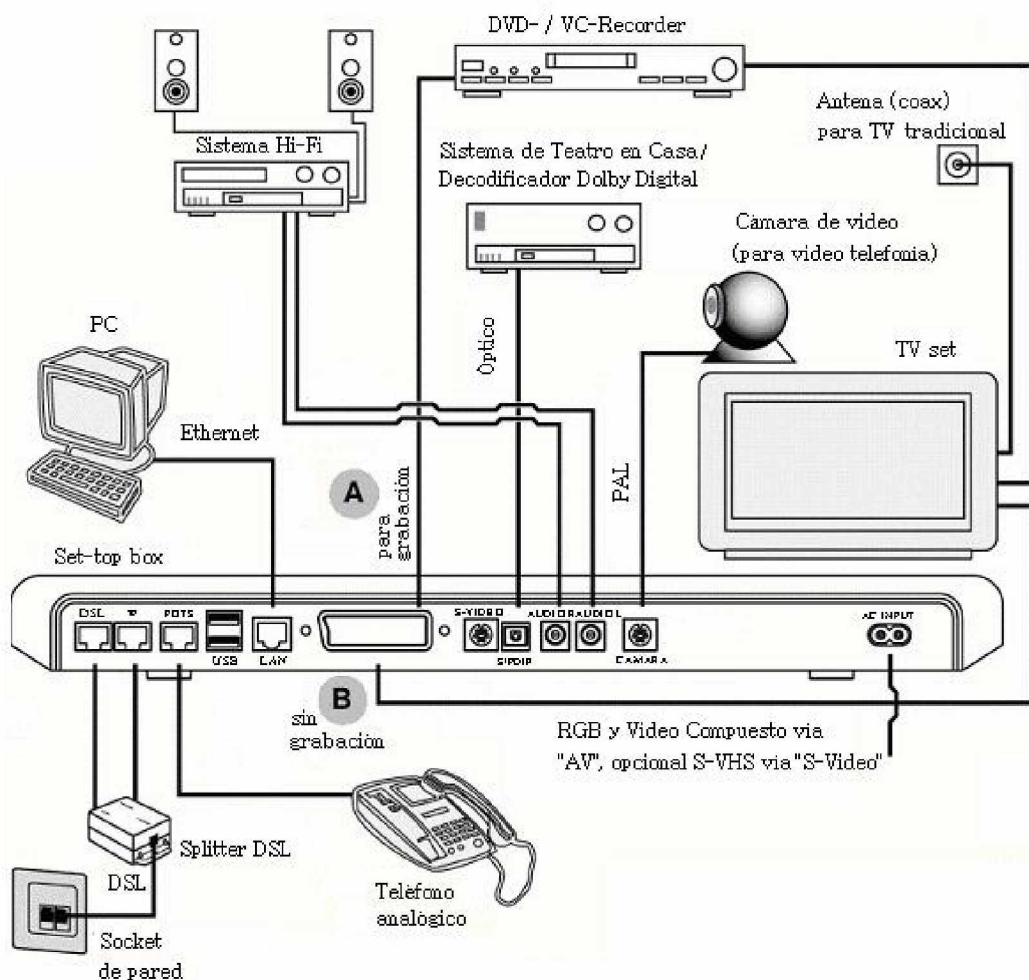


Figura 5.16 Ejemplo de posibles conexiones con un STB

CAPITULO 6

ANALISIS DE COSTOS

El servicio de Televisión como tal, entregado al abonado a través de su conexión ADSL, puede ser ofrecido por la misma PSTN (Public Telephonic Network), en este caso ANDINATEL, o bien por una empresa contratada por la PSTN, una empresa que utilice como carrier la PSTN, o una empresa que mantenga cierto tipo de convenios o contratos entre estas.

Para cualquiera de estos casos, la RED DE TRANSPORTE y la RED DE ACCESO, son parte de la PSTN, por lo que cualquier empresa que desee proveer el servicio de Televisión por ADSL habrá de preocuparse por la RED DE CONTENIDOS y la RED DE ABONADO.

En este capítulo se realiza la evaluación en base a los indicadores VAN y TIR comúnmente utilizados. Para ello partimos de la determinación de los Ingresos y Egresos que formarán parte de la implementación de éste servicio agregado.

6.1 PRESUPUESTO NECESARIO

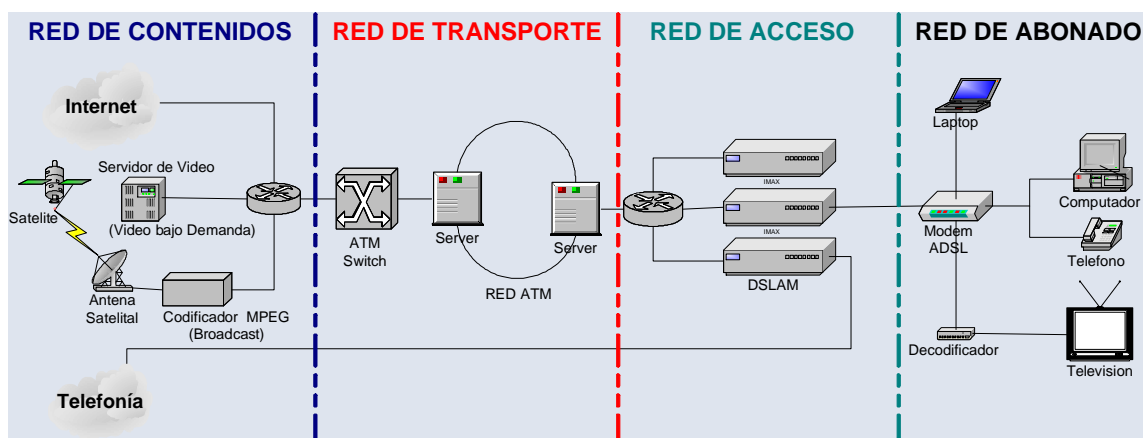


Figura 6.1 Solución Extremo a Extremo

En la Figura 6.1 presentada ya en el capítulo uno, la RED DE CONTENIDOS involucra el costo de arriendo de canales de televisión a través del enlace satelital. Cada satélite ofrece un paquete de canales, se tiene canales gratuitos y pagados. Además cada canal provee un decodificador propietario, cuyo costo depende de la empresa a contratarse. La Tabla 6.1 presenta una lista de los satélites orientados hacia nuestra zona y los canales que se ofrecen. La tabla presenta 28 canales divididos en siete paquetes, entre los cuales están HBO, HBO plus, ESPN, Movie City, CINECANAL, Warner Channel, CineMax, etc.

SATELITE	CANAL	COSTO POR PAQUETE	COSTO DEL EQUIPO (Receptor-Decodificador)	ANTENA
PAQUETE 1				
Panamsat 9	Cine Max	1400.00	1000.00	4.5 m
	Sony		1000.00	
	Warner (familiar)		1000.00	
	Mundo (cultura)		1000.00	
	Enterteiment (farándula)		1000.00	
	Action (series acción y Deportes Alto Riesgo)		1000.00	
	History Channel		1000.00	
PAQUETE 2				
Intelsat 806	MGM	250.00	1000.00	4.5 m
	Casa Club		1000.00	
PAQUETE 3				
Panamsat 3	Discovery Channel	750.00	1300.00	4.5 m
	Discovery Kids		1300.00	
	Discovery Health		1300.00	
	People & Arts		1300.00	
	Animal Planet		1300.00	
PAQUETE 4				
Panamsat 9	Fox Sport	600.00	1350.00	
	National Geographic		1350.00	
	USA Net Work		1350.00	
	Fox Películas		1350.00	
PAQUETE 5				
Panamsat 3	TNT	450.00	1435.00	
	Cartón Network		1435.00	
	CNN		1435.00	
PAQUETE 6				
Galaxy 8i	Cine Latino	450.00	215.00	
	Multipremier		215.00	
	Antena 3		215.00	
	Sas		215.00	
	Exa Tv		215.00	
PAQUETE 7				
Panamsat 3	Cine Canal	500.00	1500.00	
	Film Zone		1500.00	
TOTAL		\$ 4,400.00	\$ 26,080.00	

Tabla 6.1 Precios Arrendamiento Satelital

La Tabla 6.2 presenta los canales gratuitos y el costo del equipo receptor para los mismos.

SATELITE	CANAL	COSTO POR PAQUETE	COSTO DEL EQUIPO	ANTENA
Panamsat 9	Venevisión Continental	0	1000.00	
	AXN		1000.00	
	HTV		1000.00	
	Canal Caracol Internacional		1000.00	
	Mundo Visión		1000.00	
	La Cadena del Milagro		1000.00	
INTELSAT 806	ESPN	0	1000.00	
	Telefé		1000.00	
	Locomotion		1000.00	
Panamsat 3	Bloomberg	0	1300.00	
Hispasat	TV Galicia	0	1425.00	
	TV Española		1425.00	
	TV Cataluña		1425.00	
TOTAL			\$ 14,575.00	

Tabla 6.2 Precio Canales Gratuitos

Además, el proveedor al que se le contratan los paquetes de canales envía el diámetro de la antena que se necesita para la recepción de la señal. La Tabla 6.3 presenta el precio de las antenas y el diámetro correspondiente para la recepción de estos canales.

COSTO DE LAS ANTENAS			
CANTIDAD	TAMAÑO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3	4.5 m	1600.00	\$ 4,800.00
2	1.2 m	350.00	\$ 700.00
TOTAL			\$ 5,500.00

Tabla 6.3 Precio de Antenas

CANTIDAD	EQUIPO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
5	LNBs Banda C	50.28	251.4
2	LNBs Banda Ku	90.00	180.00
3	Demodulador Agil PicoMacon	186.74	560.22
1	Modulador Agil Pico MaconPf	592.53	592.53
38	Moduladores PCM 55	94.23	3,580.74
9	Procesadores5 SP600	125.2	1,126.80
4	Combinadores	52.70	210.8
TOTAL			\$ 6,502.49

Tabla 6.4 Equipos complementarios de la estación cabecera

La señal obtenida es enviada hacia el codificador de MPEG cuyo precio oscila entre \$7000 y \$8000, dependiendo si se trata de un PC dedicado para esta función o si se trata de un servidor especializado que realiza las funciones de combinador de las señales de contenido para realizar el broadcasting. En la red de contenidos también se encuentra involucrado el servidor de contenido para ofrecer el servicio de VoD, cuyo precio es similar al codificador de señales mencionado. En este caso no se contempla el uso de varios servidores distribuidos entre los DSLAM o nodos de acceso de la red, puesto que el estudio se centra al área de Iñaquito.

Para la RED DE ABONADO como se anota en la Figura 6.1, el servicio de Televisión a través del cable de cobre usando ADSL como última milla, es un servicio agregado al acceso de banda ancha que se está ofreciendo, por lo que no involucra la adquisición de módems ADSL para los abonados que ya cuenten con el servicio, es suficiente con proveer del Set Top Box apropiado a las necesidades del cliente. Y para los nuevos usuarios, existen en el mercado Set Top Boxes con compatibilidad DSL, los cuales ahorran el uso del MODEM DSL como un dispositivo externo. El precio de los STB oscila entre 200 y 400 dólares, en el mercado mundial.

6.1.1 Inversión

La Tabla 6.5 resume la inversión inicial de este proyecto.

INVERSIONES	
Equipos	
Equipos de la Red de Contenido	
Equipos Receptores	
Antenas	5500
Receptores Decodificadores	26080
Receptores Decodificadores Canales Gratuitos	14575
Equipos complementarios de la estación de cabecera	6502,49
Total:	\$ 52657,49
Codificador MPEG	\$ 8000
Servidores de VoD	\$ 8000
Total:	\$ 68657,49
Equipos de la Red de Abonado	
Set Top Box - DSL	\$ 12000
Total:	\$ 12000
Total Equipos	\$ 80657,49
Servicios	
Servicio Satelital	
Arrendamiento de Canales	\$ 52.800,00
Total Servicios	\$ 52.800,00
Total Inversión:	\$133457,49

Tabla 6.5 Inversión Inicial

El valor del arrendamiento de canales es establecido para un año. Para el costo invertido en STBs se considera que se empieza con 100 abonados el primer año y el costo unitario de STB es de \$ 120.

6.2 Comparación con otros proveedores de televisión prepagada

Las empresas proveedoras de Televisión por cable coaxial, ofrecen paquetes de 30 a 40 canales cuyo precio se encuentra entre los 16 y 25 dólares si es aéreo; y, paquetes de 57 a 73 canales desde 22 a 42 dólares. Lo que involucra un gasto anual por parte del cliente de 300 a 500 dólares por el servicio. Tomando en cuenta que el servicio de televisión digital provee una calidad muy superior a la acostumbrada, se asume un costo mensual de 40 dólares, más una suscripción de 20 dólares por el servicio, la cual el abonado debe cancelar una sola vez.

Estos precios son muy competitivos considerando que la PSTN tendría que asumir los costos por el enlace de última milla, ya que como se observa en la Tabla 6.6 los precios por los enlaces actualmente son:

TARIFAS ADSL PARA INTERNET
BAJADA SUBIDA PRECIO SERVICIO

64	32	\$ 60.00
128	32	\$ 102.00
192	64	\$ 144.00
256	64	\$ 181.00
256	128	\$ 209.00
384	96	\$ 271.00
512	128	\$ 367.00
512	256	\$ 383.00
768	192	\$ 425.00
1024	256	\$ 468.00
1024	512	\$ 502.00
1536	384	\$ 632.00
1536	768	\$ 690.00
2048	512	\$ 729.00
2048	1024	\$ 807.00

Tabla 6.6 Tarifas ADSL para Internet

Conforme aumente la demanda, estos precios tenderán a bajar, ya que si comparamos con otros países como por ejemplo México, el enlace de 256/64 tiene un costo equivalente a los 17 dólares y en Europa específicamente en Francia, se ofrece el servicio de Televisión digital por un costo de 40€ mensuales. Debido a que, como se expuso en el capítulo 5, para ofrecer HDTV con formato MPEG-2 es necesario entre 6 y 8M, gracias a la compresión que se obtiene con el formato MPEG-4, se lo puede reducir a 2M lo cual todavía es sumamente costoso para que lo asuma el abonado residencial ecuatoriano, en lo que se refiere a costo de última milla.

6.3 Tarifas Correspondientes al Pago del Servicio por parte del Suscriptor

Se estima un conjunto de 100 abonados ADSL que requieran el servicio de Televisión o VoD en el primer año de funcionamiento. Se espera captar otros 100 abonados por cada año. Es así que de cada año se tendría un ingreso por cobro

de suscripción a los abonados nuevos adicional al cobro por servicio tanto a los abonados nuevos como los anteriores. La Tabla 6.7 presenta esta valoración hecha para el primer año y la Tabla 6.8 presenta la proyección a 5 años.

Costo del servicio	Costo por suscripción	Clientes por Año	Suscripción Anual	Servicio Anual	Total al Año
\$40	\$20	\$100	\$2000	\$48000	\$50000

Tabla 6.7 Ingresos en el periodo de un año

Periodo Anual		Ingresos por Suscripción	Ingresos por Servicio	Ingreso Anual
1	2006	\$2000	\$48000	\$50000
2	2007	\$2000	\$96000	\$98000
3	2008	\$2000	\$144000	\$146000
4	2009	\$2000	\$192000	\$194000
5	2010	\$2000	\$240000	\$242000
6	2011	\$2000	\$288000	\$290000

Tabla 6.8 Ingresos proyectados a 6 años

6.4 Análisis Económico

6.4.1 Valor Actual Neto o Valor Presente Neto

Definido como el Valor presente de una inversión a partir de una tasa de descuento, una inversión inicial y una serie de pagos futuros.

La idea del VAN o VPN, es actualizar todos los flujos futuros al período inicial (cero), compararlos para verificar si los beneficios son mayores que los costos. Si los beneficios actualizados son mayores que los costos actualizados, significa que la rentabilidad del proyecto es mayor que la tasa de descuento, se dice por tanto, que “es conveniente invertir” en aquella alternativa.

Si se designa como VF_n al flujo neto de un período “n”, (positivo o negativo), y se representa a la tasa de actualización o tasa de descuento por “i” (interés), entonces el Valor Actual Neto (al año cero) del período “n” es igual a:

$$V.A.N = \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

La tasa empleada equivale al índice inflacionario. Por ejemplo para un periodo de cinco años se tiene, por ejemplo:

$$VAN = -I + F_{n1} / (1+i)^1 + F_{n2} / (1+i)^2 + F_{n3} / (1+i)^3 + F_{n4} / (1+i)^4 + F_{n5} / (1+i)^5$$

Si VAN = 0, solo se estará ganando la tasa de descuento aplicada.

Si VAN > 0, se estará ganando la tasa más el valor que resulte el VAN.

Entonces un proyecto se considera rentable tanto si VAN > 0 como si VAN=0.

6.4.2 Tasa Interna de Retorno

El TIR de un proyecto se define como aquella tasa que permite descontar los flujos netos de operación de un proyecto e igualarlos a la inversión inicial. El TIR es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero. Esta tasa es la que iguala los ingresos a los egresos descontados del proyecto.

Para esto se debe determinar cual es la "Inversión Inicial" del proyecto y cuales serán los "flujos de Ingreso" y "Costo" para cada uno de los períodos que dure el proyecto con el objeto de considerar los beneficios netos obtenidos en cada uno de ellos. Matemáticamente se puede reflejar como sigue:

$$0 = F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1} + \frac{F_2}{(1+d)^2} + \frac{F_3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+d)^n}$$

Esto significa que se buscará una tasa (d) que iguale la inversión inicial a los flujos netos de operación del proyecto, que es lo mismo que buscar una tasa que haga el VAN igual a cero.

Las reglas de decisión para el TIR son:

Si $TIR > i$ Significa que el proyecto tiene una rentabilidad asociada mayor que la tasa de descuento, por lo tanto es más conveniente.

Si $TIR < i$ Significa que el proyecto tiene una rentabilidad asociada menor que la tasa de descuento, por lo tanto es menos conveniente.

6.4.3 Calculo de VAN y TIR

La Tabla 6.9 presenta los flujos netos para un periodo de 6 años. Se ha considerado este periodo debido a la naturaleza del proyecto, es decir, de carácter técnico. La tasa de descuento considerada es de un 15%, que es la tasa que se espera recibir, es decir, es el costo de oportunidad.

Además, se incluye como costo la depreciación del equipo, el cual si bien no es un costo no Desembolsable puesto que no involucra movimiento de fondos, sin embargo es un costo que debe ser considerado debido a la vida útil de los equipos que son objeto de la inversión. Si la inversión inicial en equipos es de \$80657,49, la depreciación de equipos para un período de quince años tendrá el valor de -5377,166. Los costos por explotación de servicios cubren el arrendamiento satelital evaluado en el período de 1 año.

CALCULO DE LA TASA DE RETORNO (TIR) Y VALOR ACTUAL NETO (VAN)							
ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE CAJA LIBRE							
	0	1	2	3	4	5	6
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ingresos		50000	98000	146000	194000	242000	290000
Costos							
Costos de explotación de servicios		-52800	-52800	-52800	-52800	-52800	-52800
Actualización de activos (2.5%)		-50	-50	-50	-50	-50	-50
Inversión	-133457,49						
Depreciación de equipos		-5377,166	-5377,166	-5377,166	-5377,166	-5377,166	-5377,166
Flujo Neto		-8227,166	39772,834	87772,834	135772,834	183772,834	231772,834

Tabla 6.9 Flujo de Fondos

Con los valores obtenidos en la Tabla 6.9 se obtienen los siguientes resultados:

Tasa Interna de Retorno (TIR)	35%
Valor Actual Neto (VAN) (US\$)	\$ 216.372,42
Periodo de Recuperación (Años)	2,29
Periodo Recuperación Descontado (Años)	3,75

Este resultado indica que la puesta en marcha del proyecto es rentable.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la actualidad las empresas de Telecomunicaciones que sobrevivirán, no serán aquellas que cuenten con la mejor tecnología, si no, aquellas que ofrezcan, los mejores y más variados servicios a través de su Red. Las compañías de telecomunicaciones quieren competir con las compañías de cable por los servicios de Televisión e Internet. Debido a la gran demanda de servicios de Telecomunicaciones, las operadoras telefónicas existentes deben ingresar a competir, ofreciendo un servicio integral de acceso a Internet, TV digital interactiva y vídeo y audio bajo demanda a través de la misma línea telefónica.
- Se puede observar que en estos tiempos de rápidos cambios tecnológicos, en nuestro país como en muchos de Latinoamérica, se verá hecha una realidad el cambio a un sistema de Televisión Digital. Puesto que equipos terminales de diferentes redes tanto fijas como móviles cuentan con capacidades multimedia.
- Un servicio de red que sea conveniente para entregar Multimedia, necesita proporcionar el ancho de banda en demanda. Sin embargo, para las redes de banda ancha actual la asignación de ancho de banda se hace cuando se establece la conexión. Haciéndose necesario un cambio.
- Para los decodificadores que estarán en la casa de los abonados es decir los Set Top Box, se tiene la necesidad de arquitecturas abiertas, con esquemas de múltiples vendedores. Esto es con el objeto de que los Set Top Boxes soporten diferentes formatos de compresión multimedia.

-
- Este tipo de servicios extremo a extremo resultarán mas eficientes cuando se cuente con redes cuya asignación de recursos sea dinámica (soft-QoS) y los requerimientos de red dependan de los requerimientos del usuario e interactividad de la sesión y de las aplicaciones que los usuarios realicen.
 - Al transportar multimedia sobre redes TCP/IP, falta uno de los más importantes requerimientos del transporte multimedia, llamado calidad de servicio QoS por sus siglas en ingles. Nuevos métodos de QoS como el RSVP se encuentran en fase de desarrollo pero ninguno es inherente en TCP/IP. Por otro lado, ATM es una red basada en paquetes que es inherente a ofrecer QoS.
 - La seguridad es la principal preocupación de muchas aplicaciones para redes basadas en paquetes, como es ATM. En redes basadas en paquetes, el mismo medio físico es compartido por muchas aplicaciones. Consecuentemente, es muy fácil para una entidad mirar o alterar otro trafico por si misma.
 - Los DSLAM's con los que cuenta ANDINATEL ya soportan interfaces VDSL. Esto permitiría para el caso de ser necesario usar dichas interfaces para proveer HDTV con mayor velocidad. Esto implicaría mayor ancho de banda disponible por parte del proveedor de servicios, sin embargo, con las actuales técnicas de compresión no se hace necesario el uso de mayores velocidades, manteniendo el uso de las tarjetas ADSL actuales, lo que implicaría menores costos.
 - Con la aprobación del estándar G.992.5 por parte de la ITU, conocido como ADSL2+, los enlaces ADSL alcanzan mayores velocidades de transmisión descendentes en bucles cortos (24 Mbps) y mayores coberturas sobre bucles largos, es decir que se puede dar servicio a clientes con bucles de mayor longitud que si se usa ADSL convencional. El incremento de capacidad de transmisión se basa en la extensión del ancho de banda utilizable sobre el par de cobre, que pasa de 1,1MHz (ADSL) a 2,2 MHz.

-
- El Galaxy 13 es un satélite lanzado en el 2003 por el sistema Panamsat, con el objeto de ofrecer televisión de Alta Definición HDTV, en Norte América. Este satélite permite el acceso a canales HDTV tales como HBO HD, Cinemax HD, HDNet, Starz HD, FSN, HDNet Movies, ESPN HD, Encore HD, Wealth TV, The NFL Network and TNT HD. América del Sur todavía no cuenta con un satélite que distribuya canales directamente en formato de alta Definición.

 - Una ventaja del uso de DSL con relación a las redes de banda ancha que funcionan con cable MODEM, es a causa del DSLAM. El DSLAM provee una de las principales diferencias entre un usuario con servicio a través de ADSL y otro por medio de cable módems. Debido a que los usuarios de cable MODEM generalmente comparten un lazo de red que pasa a través de un vecindario, al añadir usuarios, baja el rendimiento en muchos casos. ADSL provee una conexión dedicada a cada usuario, hacia el DSLAM, lo que significa que cada usuario no verá empeorar su rendimiento cada vez que un nuevo usuario sea añadido, hasta que el número total de usuarios comience a saturar la conexión de alta velocidad hacia el Internet. En ese punto, una actualización por parte del proveedor de servicio puede proveer rendimiento adicional para todos los usuarios conectados al DSLAM.

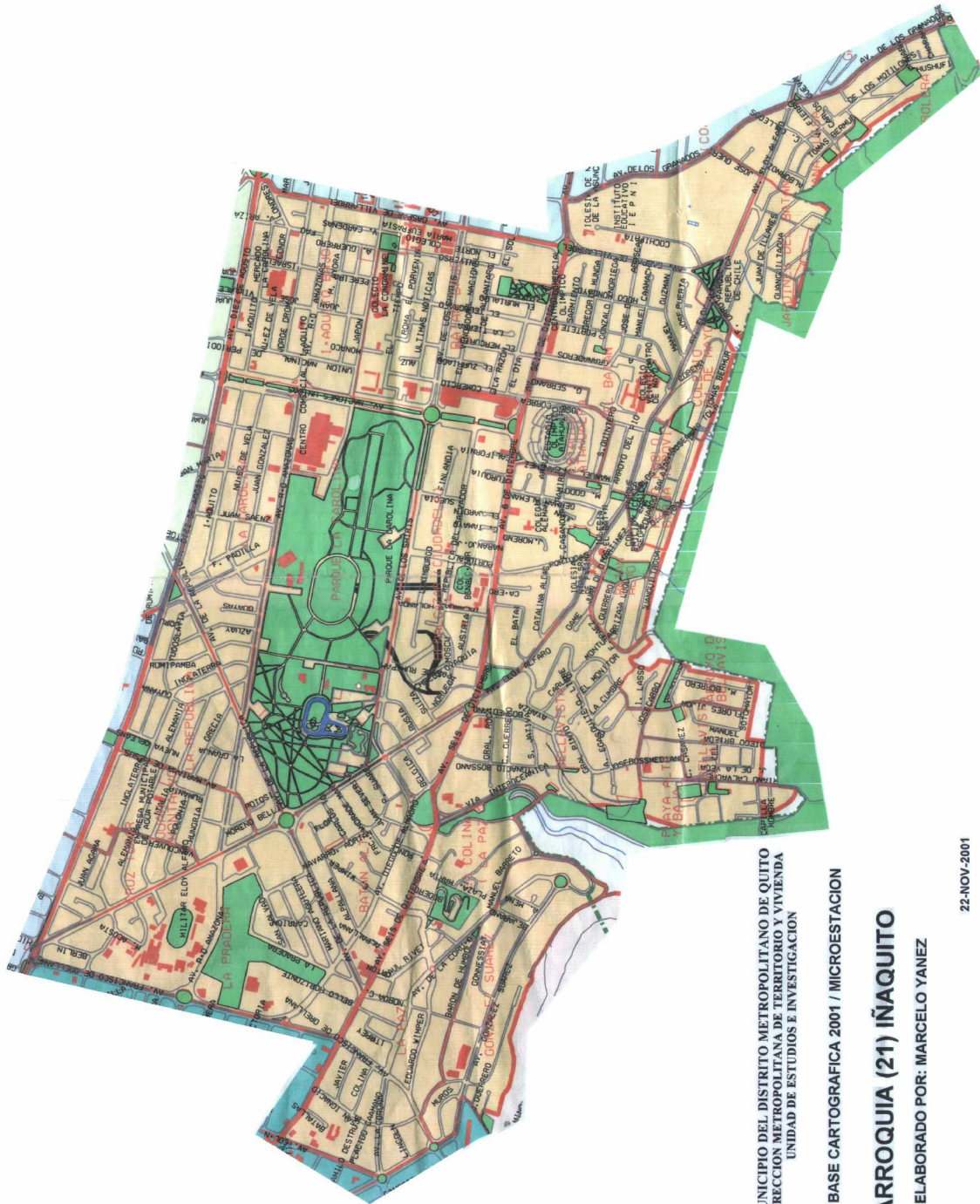
 - Una solución primordial, para la realización del proyecto sería la masificación del ADSL, con lo que se bajarían los costos y todos los abonados residenciales tendrían acceso a este tipo de servicios.

ANEXOS

ANEXO A

EL CODIGO ASCII							
SIMBOLO O CARÁCTER	COODIGO BINARIO	EQUIVALENTE DECIMAL	EQUIVALENTE HEXADECIMAL	SIMBOLO O CARÁCTER	COODIGO BINARIO	EQUIVALENTE DECIMAL	EQUIVALENTE HEXADECIMA
NUL	0000 0000	0	0	@	0100 0000	64	40
SCH	0000 0001	1	1	A	0100 0001	65	41
STX	0000 0010	2	2	B	0100 0010	66	42
ETX	0000 0011	3	3	C	0100 0011	67	43
EOT	0000 0100	4	4	D	0100 0100	68	44
ENQ	0000 0101	5	5	E	0100 0101	69	45
ACK	0000 0110	6	6	F	0100 0110	70	46
BEL	0000 0111	7	7	G	0100 0111	71	47
BS	0000 1000	8	8	H	0100 1000	72	48
HT	0000 1001	9	9	I	0100 1001	73	49
LF	0000 1010	10	A	J	0100 1010	74	4A
VT	0000 1011	11	B	K	0100 1011	75	4B
FF	0000 1100	12	C	L	0100 1100	76	4C
CR	0000 1101	13	D	M	0100 1101	77	4D
SO	0000 1110	14	E	N	0100 1110	78	4E
SI	0000 1111	15	F	O	0100 1111	79	4F
DLE	0001 0000	16	10	P	0101 0000	80	50
DC1	0001 0001	17	11	Q	0101 0001	81	51
DC2	0001 0010	18	12	R	0101 0010	82	52
DC3	0001 0011	19	13	S	0101 0011	83	53
DC4	0001 0100	20	14	T	0101 0100	84	54
NAK	0001 0101	21	15	U	0101 0101	85	55
SYN	0001 0110	22	16	V	0101 0110	86	56
ETB	0001 0111	23	17	W	0101 0111	87	57
CAN	0001 1000	24	18	X	0101 1000	88	58
EM	0001 1001	25	19	Y	0101 1001	89	59
SUB	0001 1010	26	1A	Z	0101 1010	90	5A
ESC	0001 1011	27	1B	[0101 1011	91	5B
FS	0001 1100	28	1C	\	0101 1100	92	5C
GS	0001 1101	29	1D]	0101 1101	93	5D
RS	0001 1110	30	1E	^	0101 1110	94	5E
US	0001 1111	31	1F	_	0101 1111	95	5F
Sp	0010 0000	32	20	`	0110 0000	96	60
!	0010 0001	33	21	a	0110 0001	97	61
"	0010 0010	34	22	b	0110 0010	98	62
#	0010 0011	35	23	c	0110 0011	99	63
\$	0010 0010	36	24	d	0110 0010	100	64
%	0010 0101	37	25	e	0110 0101	101	65
&	0010 0110	38	26	f	0110 0110	102	66
'	0010 0101	39	27	g	0110 0101	103	67
{	0010 1000	40	28	h	0110 1000	104	68
}	0010 1001	41	29	i	0110 1001	105	69
*	0010 1010	42	2A	j	0110 1010	106	6A
+	0010 1011	43	2B	k	0110 1011	107	6B
,	0010 1100	44	2C	l	0110 1100	108	6C
.	0010 1101	45	2D	m	0110 1101	109	6D
/	0010 1110	46	2E	n	0110 1110	110	6E
/	0010 1111	47	2F	o	0110 1111	111	6F
0	0011 1110	48	30	p	0111 1110	112	70
1	0011 1111	49	31	q	0111 1111	113	71
2	0011 1110	50	32	r	0111 1110	114	72
3	0011 1111	51	33	s	0111 1111	115	73
4	0011 1110	52	34	t	0111 1110	116	74
5	0011 1111	53	35	u	0111 1111	117	75
6	0011 1110	54	36	v	0111 1110	118	76
7	0011 1111	55	37	w	0111 1111	119	77
8	0011 1110	56	38	x	0111 1110	120	78
9	0011 1111	57	39	y	0111 1111	121	79
:	0011 1110	58	3A	z	0111 1110	122	7A
;	0011 1111	59	3B	{	0111 1111	123	7B
<	0011 1110	60	3C		0111 1110	124	7C
=	0011 1111	61	3D	}	0111 1111	125	7D
>	0011 1110	62	3E	~	0111 1110	126	7E
?	0011 1111	63	3F	DELete	0111 1111	127	7F

ANEXO B



MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO
DIRECCION METROPOLITANA DE TERRITORIO Y VIVIENDA
UNIDAD DE ESTUDIOS E INVESTIGACION

BASE CARTOGRAFICA 2001 / MICROESTACION

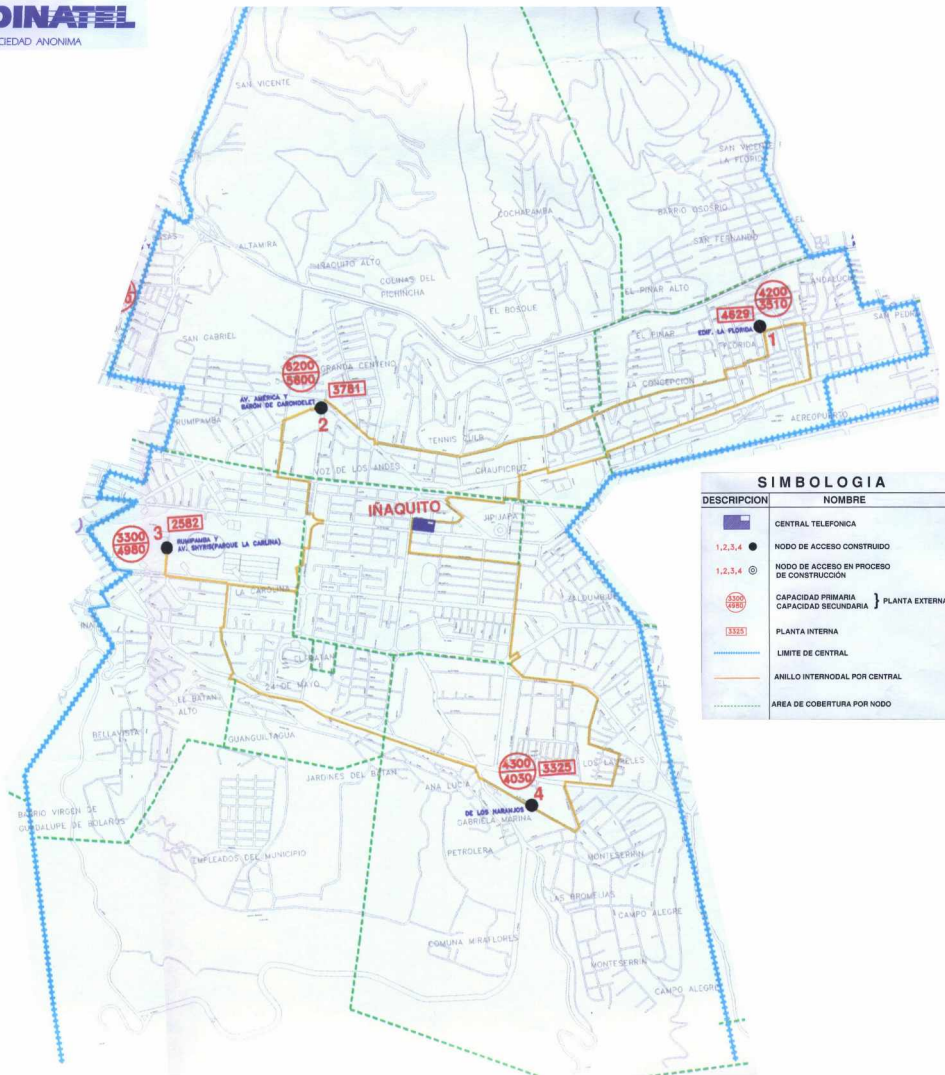
PARROQUIA (21) ÑAQUITO

ELABORADO POR: MARCELO YANEZ

22-NOV-2001



ANEXO C



ANEXO D

CLIENTE DE ENLACES E1 Y PBX PRIVADOS	CODIGO ACRONIMO	CENTRO DE CONEXIÓN	CANTIDAD DE E1s
BANRED \$	BANR	INQ1	1
CONECCEL (PORTANET) SCONE	CONE	INQ1	3
SERVICIO 911 \$	911	INQ1	1
DATAFAST CIA. LTDA.	DFAS	INQ3	1
ITABSA S.A. @	ITAB	INQ3	1
ACCESS INTERNET @	ACIN	INQ4	1
ANDINATEL VIC. TECNOLOGIA (IVR DE COBRO) (BANVT) @	ANVT	INQ4	1
ANDINATEL CALL CENTER (RELOJ DE COBRANZAS) (BRCOB)	RCOB	INQ4	1
ASOCIACION MUTUALISTA PICHINCHA (BMUTP)	MUTP	INQ4	1
AUDIO AUTO CARLINK @	AUCK	INQ4	1
BANCO DEL PICHINCHA	BNCP	INQ4	3+1
CABLE & WIRES (SWIRE)	WIRE	INQ4	1
CEMEXPO	CEXP	INQ4	1
CITY INVESTING COMPANY LTD.	CITI	INQ4	3
COMPUQUIP DOS	CMDO	INQ4	1
CONECCEL (PBX)	PBX	INQ4	1
CONECCEL (PORTANET) SCONE	CONE	INQ4	2
CORPORACION METROPOLITANA DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA CIUDADANA	CMSC	INQ4	2
DINERS CLUB (BDINE)	DINE	INQ4	2
ECUANET (SECUA)	ECUA	INQ4	4
GUIA TELEFONICA/PAGINAS AMARILLAS	PAMA	INQ4	1
GLAXO HITHKLINE ECUADOR	GLAX	INQ4	1
GRUPO BRAVCO (SGBRV)	GBRV	INQ4	2
ICARO S.A. @	ICAR	INQ4	1
INFONET (SINF0)	INFO	INQ4	1
JAIME ROA PIÑEROS @	JRPN	INQ4	1
LANCHILE - AEROLANE	LCHI	INQ4	1
LLOYDS TSB BANK	LLYB	INQ4	1
MEGADATOS ASEG.SUR (SMEGA)	MEGA	INQ4	10
MERCK ECUADOR C.A. @	MERK	INQ4	1
METROPOLINTAN TOURING S.A. (BMETT)	METT	INQ4	3
MOTRANSA C.A. @	MOTA	INQ4	1
NEXATEL S.A. @\$	NEXA	INQ4	3
OCCIDENTAL EXP.&PROD. CO (BOCCI)	OCCI	INQ4	1
OCCIDENTAL EXP.&PROD. CO (BOCH)	OCCI	INQ4	1
OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (ECUADOR S.A)	OCPE	INQ4	1
OMNES LTDA (BONNE) @	OMNE	INQ4	1
OWL SYSTEMS S.A. (SW01)	OWLS	INQ4	1
PACIFICTEL S.A EASYNET	PESY	INQ4	8
PETROPRODUCCION @	PTPC	INQ4	1
PEREZ COMPANC ECUADOR (BPERC)	PECO	INQ4	2
PHONE CENTER S.A.	PHON	INQ4	4
PLUSNET (SPLUS)	PLUS	INQ4	7
PRODATA (ANTERIOR SISTEMTEL) @	PROD	INQ4	3
PRODUBANCO	PDBC	INQ4	6
PRODUCTOS AVON ECUADOR S.A. (BAVON)	AVON	INQ4	1
PROINCO C.A. @	PROI	INQ4	1
QUIPORT S.A.	QIPR	INQ4	1
REDATOS CIA LTDA @	REDA	INQ4	1
REPSOL YPF ECUADOR S.A. (BREPS)	RYPF	INQ4	3
RÖCHE ECUADOR	ROCH	INQ4	1
TELECSA S.A. (EDIFICIO DORAL)	TLEC	INQ4	2
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL	SIST-3	INQ4	1
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL	SIS1-2-4	INQ4	1/3/1
TELESERVICIOS S.A.	TESV	INQ4	1
TELEVISION DEL PACIFICO TELEDOS S.A. GAMAVISION	TEV2	INQ4	1
TV CABLE (BTVC)	TVCB	INQ4	
UNISOLUTIONS INFORMATICA S.A.	UNIN	INQ4	2
URAZUL S.A.	URAZ	INQ4	1
SATNET	SATN	INQ4/L1/L1/L2/L3	8/1/8
CEMEXPO CLIENTE 1 (BCEMB Braganca)	CEX1	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 2 (BCEMP Óptica Los Andes)	CEX2	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 3 (BCEMX SRI)	CEX3	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 4 (BCEMM Moya Vaca)	CEX4	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 5 (BCEM1 Cemexpo 1)	CEX5	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 6 (BCEMF Ferias)	CEX6	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 7 (BCEMS Smart Business)	CEX7	INQ4	1
CEMEXPO CLIENTE 8 (BCEMJ Meat Jhonson Bristol)	CEX8	INQ4	1
CONECCEL (PBX1)	PBX1	INQ4	1
CONECCEL (PBX2)	PBX2	INQ4	1
CONECCEL (PBX3)	PBX3	INQ4	1
OPERADORA INTERNACIONAL (S/E116) \$	116	INQ4	1
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL	SIS1	INQ4	1
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL	SIS2	INQ4	3
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL	SIS3	INQ4	1
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES S.A SISTEMTEL (STUGU)	SIS4	INQ4	1
TELECSA S.A. (EDIFICIO VIVALDI)	TLE1	INQ4	2
TELESERVICIOS S.A.	TES1	INQ4	1

BIBLIOGRAFIA

- SABER ELECTRONICA EDICION ARGENTINA, TV DIGITAL, Edición STRAUSS Ergon, Editorial Quark S.R.L., Montevideo - Uruguay Febrero de 1998, 112 paginas.
- GORALSKI, Walter, *Tecnologías ADSL y xDSL*, edición primera, Osborne McGraw - Hill, Madrid - España año 2000, 361 páginas.
- SAPAG, Nassir, *Preparación y Evaluación de Proyectos*, cuarta edición, McGraw - Hill, Santiago - Chile año 2000, 439 páginas.
- CANDO, Jorge DUQUE, Byron, *Estudio, Análisis y Diseño Técnico - Económico de un Operador de Catv para el Sector de Solanda - Quito*, Proyecto de Grado ESPE, Sangolquí 2004, 140 páginas.
- PURI, Atul AT&T Labs Red Bank New Jersey. CHEN, Tsuhan Carnegie Mellon University Pittsburg - Pennsylvania, *Multimedia Systems, Standards And Networks*, edited by Marcel Dekker Inc, printed in the United States of America, year 2000, 636 pages.
- ANTENATEL, número 6, Edición Vicepresidencia de Desarrollo Organizacional, Gerencia de Comunicación e I. C., Quito - Ecuador, 26 de Noviembre del 2003, 36 páginas.
- REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL, número 2, Edición FOGGIN, Nicholas, Editorial El fin de un Mito, Madrid - España año 2002, 79 páginas.

- LAS TELECOMUNICACIONES, números 1 – 10, Edición DIARIO HOY, Quito - Ecuador, año 1997, 140 páginas.
- <http://www.dslforum.org/>, Forum DSL
- <http://www.videoedicion.org/>, TMPGEnc
- <http://www.tid.es/presencia/publicaciones/comsid/esp/articulos/vol72/codific/teccodif.html>, Tecnologías de codificación de contenidos audiovisuales para una nueva generación de servicios
- <http://www.vcodex.com/>, MPEG-4 AVC/H.264 Video Coding White Paper
- <http://www.telecomitalia.com/ITA/index.htm>, Telecom Lab Italia, MPEG-21 – Multimedia Framework
- <http://www.colorado.edu/physics/2000/tv/colortv.html>, Color and Color Television
- <http://www.gtis.ssr.upm.es/soci/regulaci/tvdigital/modtvdigit.htm#agentes>, Modelo y agentes de la televisión digital
- <http://books.nap.edu/html/whitepapers/ch-9.html>, An SDTV Decoder with HDTV Capability: An All-Format ATV Decoder
- http://www.kreatel.com/products_ipstb1510.htm, Kreatel IP – STB 1510
- http://www.i3micro.com/i3web/pdf/Mood_200_ProductSheet.pdf, Competitive IP-TV Set Top Boxes
- <http://www.telefonicaonline.com/on/es/micro/adsl/v2/home/>, La Nueva Televisión Digital de Telefónica

- <http://www.sentivision.com/products/stb/stb-en.html>, Sentivision SV-510 IP Set-Top Box (IP STB)
- <http://www.broadbandbuyer.co.uk/>, ADSL Modems, Speedtouch 610 Alcatel ADSL Router
- <http://www.linuxdevices.com/articles/AT9828442358.html>, Siemens HE or "Speedstream" STB
- http://products.nortel.com/go/product_content.jsp?segId=0&catId=null&parId=0&prod_id=44152&locale=en-US, Passport 15000 Multiservice Switch
- <http://www.sigmadesigns.com/index1.htm>, MPEG-4 and MPEG-2 Decoders
- <http://www.avdeals.com/default.htm>, DirecTV and HDTV Receivers
- <http://www.alcatel.com>, Alcatel 7300/7301 ASAM Line Cards, Video Services: Increasing ARPU using, Existing DSL and Multiservice IP Networks,
- <http://www.i3micro.com>, Mood TM IP Set--Top Boxes
- <http://www.ctdi.com>, IMAS XpressDSL Product Specifications

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1 Especificación de Contenedores Virtuales	24
Tabla 1.2 Velocidades SDH	26

CAPITULO 2 SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

Tabla 2.1 Formatos de transmisión en HDTV	65
Tabla 2.2 Canales de Televisión en el Ecuador	67

CAPITULO 3 TELEVISIÓN DIGITAL SOBRE ATM

Tabla 3.1 El Rango De Frecuencia De Varias Plataformas Vocales	85
Tabla 3.2 La Definición En Varias Plataformas Visuales.....	88
Tabla 3.3 Etapas de desarrollo de los estándares MPEG	112
Tabla 3.4 Detalles del plan de trabajo del MPEG-7.....	172
Tabla 3.5 Escenarios de Aplicación, Claves para criterio de diseño de Video en Redes Banda ancha.....	181
Tabla 3.6 Trafico en ATM y Parámetros de QoS.....	183

CAPITULO 4

DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

Tabla 4.1 Capacidad Total Iñaquito.....	203
Tabla 4.2 Ocupación general de Puertos ADSL y G.SHDSL de ALCATEL.....	204
Tabla 4.3 Ocupación general de Puertos ADSL y SDSL de NORTEL	204

CAPITULO 5

EQUIPOS DE ACCESO A LA RED Y DE ULTIMA MILLA

Tabla 5.1 Tecnologías xDSL	207
Tabla 5.2 Velocidades ADSL en los cables de cobre.....	209
Tabla 5.3 Velocidades de los subcanales ADSL.....	218
Tabla 5.4 Velocidades de los subcanales ADSL para 2.048 Mbps	219
Tabla 5.5 Canales portadores dúplex soportados por clase de transporte.....	221
Tabla 5.6 Canales de transporte para velocidades de canal ATM	222
Tabla 5.7 Funciones de los bits indicadores en dirección downstream.....	227
Tabla 5.8 Número de bytes en la trama según clase de transporte	230
Tabla 5.9 Configuración por defecto de los buffers	230
Tabla 5.10 Características de los DSLAM's	238
Tabla 5.11 Varios tipos de servicios de video	239
Tabla 5.12 Equipos terminales ADSL.....	241
Tabla 5.13 Set Top Boxes	242

CAPITULO 6

ANALISIS DE COSTOS

Tabla 6.1 Precios Arrendamiento Satelital	247
Tabla 6.2 Precio Canales Gratuitos.....	248

Tabla 6.3 Precio de Antenas	248
Tabla 6.4 Equipos complementarios de la estación cabecera.....	249
Tabla 6.5 Inversión Inicial.....	250
Tabla 6.6 Tarifas ADSL para Internet.....	251
Tabla 6.7 Ingresos en el periodo de un año	252
Tabla 6.8 Ingresos proyectados a 6 años.....	252
Tabla 6.9 Flujo de Fondos.....	254

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

Figura 1.1 Solución extremo a extremo.....	2
Figura 1.2 Arquitectura ejemplo de Red de contenidos.....	3
Figura 1.3 DSLAM en la red de acceso.....	5
Figura 1.4 Red de Abonado en un entorno ADSL.....	6
Figura 1.5 Red Extremo a Extremo Para la Televisión sobre ADSL	6
Figura 1.6 (a) Enlaces sin central telefónica. (b) Enlaces con central telefónica....	9
Figura 1.7 Cable Trenzado de Cuatro Pares.....	10
Figura 1.8 Ejemplo de interconexión de Centrales de tránsito y locales	10
Figura 1.9 FDM	11
Figura 1.10 TDM	14
Figura 1.11 Tasas de Transmisión PDH en kbps	16
Figura 1.12 Multiplexación estándar PDH europeo	17
Figura 1.13 PDH añade bits de justificación.....	18
Figura 1.14 Varias señales tributarias en una red SDH	21
Figura 1.15 Estructura de trama STM – 1	22
Figura 1.16 Arquitectura de red SDH	22
Figura 1.17 Composición de trama STM -N	24
Figura 1.18 Multiplexación Add-Drop	27
Figura 1.19 Tipos de Configuración de Anillo.....	28
Figura 1.20 Anillo Central.....	29
Figura 1.21 Anillo Cumbayá	29
Figura 1.22 Anillo Sur Oeste	30
Figura 1.23 Anillo del Valle.....	30

Figura 1.24 Anillo Norte.....	30
Figura 1.25 Estructura típica de la Central al Abonado	32
Figura 1.26 Esquema del interior de una Central Telefónica.....	32
Figura 1.27 Ejemplo de encaminamiento de una llamada.....	34
Figura 1.28 Esquema de una cámara telefónica	36
Figura 1.29 Foto de ductos y cámaras telefónicas	36
Figura 1.30 Distribución de cables telefónicos en un distrito.....	37
Figura 1.31 Armario Telefónico (a) y (b).....	38
Figura 1.32 Armario de 1200”.....	38
Figura 1.33 (a) Regleta de RP (b) Regleta de RS	39
Figura 1.34 Foto de poste con caja y cables de dispersión.....	40
Figura 1.35 Esquema de la red de dispersión	40

CAPITULO 2

SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

Figura 2.1 Televisor Antiguo.....	44
Figura 2.2 Aparato Receptor Construido por Telefunken	45
Figura 2.3 Rostro de un Bebe	46
Figura 2.4 Rostro de un Bebe con Macrobloques	47
Figura 2.5 Trazado de Izquierda a Derecha en un TRC.....	48
Figura 2.6 Entrelazado	49
Figura 2.7 Señal de video compuesto	50
Figura 2.8 Señal de crominancia.....	51
Figura 2.9 Señal de Video Compuesto y Audio.....	52
Figura 2.10 Sistema pan y scan	60
Figura 2.11 Metodo letterboxing.....	60
Figura 2.12 Ejemplo de dispositivo DVB	62
Figura 2.13 Diagrama de la red de Televisión por Cable	68

CAPITULO 3

TELEVISIÓN DIGITAL SOBRE ATM

Figura 3.1 Pixel's cuadrado A, rectangular B	73
Figura 3.2 Televisor para MUSE	74
Figura 3.3 TV con conmutación MUSE y NTSC.....	74
Figura 3.4 Cantidad de líneas visibles en una pantalla de 4:3	78
Figura 3.5 Diferentes Etapas y Alternativas con PAL PLUS.....	78
Figura 3.6 Televisor PAL-PLUS	80
Figura 3.7 Diagrama de Bloques del Sis. DIVINE	82
Figura 3.8 Decodificación para audio, video y datos de varias fuentes.....	83
Figura 3.9 Rango de frecuencias de la audición humana.....	84
Figura 3.10 Distribución espectral del S-VHS y Hi 8	87
Figura 3.11 Señal de Video Compuesta.....	88
Figura 3.12 Compresión Digital de Video.....	89
Figura 3.13 Parámetros de la Imagen en Movimiento	90
Figura 3.14 Proceso matemático de la DCT.....	91
Figura 3.15 Cuantización.....	92
Figura 3.16 Coordenadas de frecuencia espacial	92
Figura 3.17 Exploración y Lectura en zig-zag y Compresión	93
Figura 3.18 Bloques Circuitales para Compresión de Señales en Movimiento	94
Figura 3.19 Relación de 6:3:1 para imágenes "I"; "P"; "B"	94
Figura 3.20 Tipos de compresión de señal.....	98
Figura 3.21 Ejemplo de submuestreo e interpolación.....	99
Figura 3.22 Esquema del DPCM.....	100
Figura 3.23 Cuantización del Error de Predicción de Pixel.....	103
Figura 3.24 Transformada Discreta del Coseno DCT.....	106
Figura 3.25 Ponderación	108
Figura 3.26 Lectura en zig-zag.....	109
Figura 3.27 Codificación híbrida DCT/DPCM.....	109
Figura 3.28 Estructura de I-, P-, y B-imágenes en codificación MPEG-1	116
Figura 3.29 Sistema Demultiplexor y decodificador de video MPEG-1	117
Figura 3.30 Sistema MPEG-2.....	125

Figura 3.31 Decodificador de Video MPEG-2.....	127
Figura 3.32 Diagrama para codificación MPEG-2 de video escalable.....	128
Figura 3.33 Diagrama generalizado para codificación audio multicanal MPEG-2 compatible hacia atras.....	130
Figura 3.34 Diagrama generalizado de codificación MPEG-2 de audio avanzado (AAC) multicanal	132
Figura 3.35 Muestra Céntrica DSM-CC del MHEG, lenguaje de programación y Red.....	133
Figura 3.36 Interacción DSM-CC usuario-red y usuario-usuario	135
Figura 3.37 Varias partes del MPEG-4.....	138
Figura 3.38 Integración de Plataforma de Trabajo para Tecnología de Entrega	139
Figura 3.39 Modelo Computacional.....	142
Figura 3.40 Arquitectura de un Terminal MPEG-4	144
Figura 3.41 Modelo del Sistema Decodificador	146
Figura 3.42 Decodificación Visual MPEG-4.....	153
Figura 3.43 Segmentación Semántica de la Imagen en VOP's.....	154
Figura 3.44 Estructura de una Codificación VOP	155
Figura 3.45 Sistema Demultiplexor y Decodificador de Video MPEG-4	156
Figura 3.46 Decodificador MPEG-4 de Video Escalable	157
Figura 3.47 Malla de nodo de Puntos.....	159
Figura 3.48 Codificación de Audio Natural y sus Aplicaciones.....	163
Figura 3.49 Codificación de Audio MPEG-4.....	163
Figura 3.50 Alcance del MPEG-7	169
Figura 3.51 Diagrama UML de la descripción visual del esquema MPEG-7	172
Figura 3.52 Modelo del Sistema de Transporte Multimedia en Redes ATM.....	178
Figura 3.53 Cambios de Tasa de bit de video en una sesión multimedia	185
Figura 3.54 Perfil de suavidad.....	188
Figura 3.55 Plataforma dinámica para el control de QoS.....	190
Figura 3.56 Administración dinámica de AB dentro del modelo ATM.....	191
Figura 3.57 Administración dinámica de AB dentro del modelo de Internet.....	192
Figura 3.58 VBR+ extensiones de UNI para soft-QoS	194
Figura 3.59 VBR+ extensiones de UNI para soft-QoS	194
Figura 3.60 VBR+ extensiones de UNI para soft-QoS	195

CAPITULO 4

DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN POR CABLE

Figura 4.1 Crecimiento de Clientes	205
--	-----

CAPITULO 5

EQUIPOS DE ACCESO A LA RED Y DE ÚLTIMA MILLA

Figura 5.1 Arquitectura ADSL definida por el ADSL Forum.....	210
Figura 5.2 Arquitectura ADSL.....	212
Figura 5.3 Cancelación de eco en ADSL.....	214
Figura 5.4 Espectro DMT	214
Figura 5.5 Caso ideal	216
Figura 5.6 Caso real.....	216
Figura 5.7 Supertrama ADSL	225
Figura 5.8 Estructura del byte de cabecera fase data	226
Figura 5.9 Estructura de trama basada en clase de transporte 1.....	229
Figura 5.10 Modos de Distribución ADSL.....	231
Figura 5.11 Posibles redes ADSL	233
Figura 5.12 Topología de la Red de ANDINATEL.....	235
Figura 5.13 DSLAM de Acceso Universal Edge IMAS Nortel.....	237
Figura 5.14 Interfaces MODEM ADSL.....	242
Figura 5.15 Puertos de Entrada/Salida en un STB.....	244
Figura 5.16 Ejemplo de posibles conexiones con un STB.....	245

CAPITULO 6

ANALISIS DE COSTOS

Figura 6.1 Solución Extremo a Extremo	246
---	-----

ACTA DE ENTREGA

El proyecto de grado “Estudio del Servicio de Televisión por Cable de Cobre utilizando Tecnología ADSL”, fue entregado a la Facultad de Ingeniería Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, 19 de Julio de 2005

Elaborado por:

Paúl Avilés

Ana Cristina Paredes

EL DECANO DE LA F.I.E

EL SECRETARIO ACADEMICO

Ing. Marcelo Gómez Cobos
Tcrn. EM

Dr. Jorge Carvajal