



*UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO*

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

“Perspectivas sobre el Sistema de  
Televisión por IP en México”

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES

PRESENTA:

**JULIO CÉSAR MARTÍNEZ SÁNCHEZ**



ASESOR DE TESIS:

**ING. ARTURO LANDEROS AYALA**

CIUDAD UNIVERSITARIA

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo de investigación lo dedico:*

- *A mi padre Adrian Martínez Galindo, por apoyarme incondicionalmente y a quién nunca podré pagar el sacrificio y ayuda que me ha brindado. Gracias por enseñarme a pelear por las metas que parecen inalcanzables.*
  
- *A mi madre Reyna Sánchez Mundo, que cuyas acciones y forma de ser han sido un ejemplo, le agradezco la vida y lo que soy, por lo que le dedico mis éxitos futuros.*
  
- *A mi hermana María Guadalupe Martínez Sánchez, de quién he recibido cariño y apoyo incondicional, gracias por estar conmigo y en todo.*
  
- *A toda mi familia, con cariño, por dejarme sentir su gran calidez humana, gracias por ser parte importante en mi vida. Los quiero.*
  
- *A todos mis amigos y compañeros, por ayudarme en mi formación personal y profesional. Ustedes son una parte importante en mi vida, Gracias.*

- *Al Ingeniero Arturo Landeros Ayala, por su compromiso, apoyo, consejos, tiempo y confianza, para la culminación de este trabajo.*
  
- *A La UNAM por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.*
  
- *A mis profesores que ofrecieron toda su sabiduría y experiencia, para que pueda ser un profesional de excelencia, lo lograron.*
  
- *Gracias*

*Ingeniero en Telecomunicaciones*

*Julio César Martínez Sánchez*

## CONTENIDO

Lista De Ilustraciones.....	vii
Lista de Tablas.....	x
Introducción .....	1
Objetivo.....	3
Planteamiento y delimitación del problema.....	3
Aportaciones.....	4
Estructura de la Tesis .....	4
<b>1. Origen y Evolución de la IPTV .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Funcionamiento de la Televisión Analógica .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1. Funcionamiento de la Televisión Monocromática (Blanco y Negro) .....</b>	<b>12</b>
1.1.1.1. Disco de Nipkow .....	13
1.1.1.2. Principio de la Descomposición y Transmisión de la Imagen .....	15
1.1.1.3. Transmisión de la Imagen .....	16
1.1.1.4. Producción de Imágenes Móviles en Cinematografía .....	17
1.1.1.5. Transmisión Eléctrica de Imágenes en Movimiento .....	18
1.1.1.6. Procedimiento de Exploración Entrelazada .....	18
1.1.1.7. Señal de Línea y Señal de Sincronismo .....	19
1.1.1.8. Impulsos de Cuadro (Impulsos de Trama).....	20
1.1.1.9. Relación de Aspecto.....	21
1.1.1.10. Máxima Frecuencia de Transmisión.....	22
1.1.1.11. Modulación en la Emisora .....	22
1.1.1.12. Distribución de Frecuencias de Imagen y Sonido.....	23
1.1.1.13. Diagrama de Bloques de una Emisora de Televisión .....	24
<b>1.1.2. Funcionamiento de la Televisión a Color (Cromática) .....</b>	<b>25</b>
1.1.2.1. Mezcla de Luz .....	26
1.1.2.2. Diferencia entre Color y Luz .....	26
1.1.2.3. Señales de Luminancia y Señales Cromáticas.....	27
1.1.2.4. Crominancia .....	28
1.1.2.5. Señal de Ráfaga.....	29
1.1.2.6. La Cámara de Televisión y sus Señales.....	30
1.1.2.7. Generación de la Señal de Luminancia.....	31
<b>1.1.3. Estándares de la Televisión Analógica .....</b>	<b>32</b>
1.1.3.1. Sistema NTSC.....	33
1.1.3.2. Sistema PAL.....	34
1.1.3.3. Sistema SECAM.....	35
1.1.3.4. Comparación entre los Estándares .....	36
<b>1.2. De la Televisión Analógica a la Televisión Digital .....</b>	<b>38</b>
<b>1.2.1. Introducción a la Tecnología Digital.....</b>	<b>39</b>
1.2.1.1. Conversión Analógica-Digital.....	40
1.2.1.2. Conversión Digital-Analógica.....	43
<b>1.2.2. Formatos de Televisión Digital .....</b>	<b>44</b>
1.2.2.1. TDT.....	44
1.2.2.2. CATV .....	44
1.2.2.3. DVB-T.....	46
1.2.2.4. DVB-S.....	47

1.2.2.5. DVB-H .....	50
1.2.2.6. Televisión por Internet .....	51
1.2.2.7. HDTV .....	52
1.2.3. Estándares de la Televisión Digital .....	53
1.2.3.1. ATSC .....	53
1.2.3.2. DVB .....	55
1.2.3.3. ISDB-T .....	56
1.3. Comparación entre los Sistemas de Televisión Analógico y Digital .....	57
1.4. Televisión sobre IP .....	59
1.4.1. Descripción Técnica .....	60
1.4.2. Ventajas y Desventajas .....	62
1.4.3. Aplicaciones .....	64
<b>2. Introducción a los Sistemas de Video-Streaming .....</b>	<b>68</b>
2.1. Codificación del Contenido Multimedia .....	70
2.1.1. Codificación de Audio .....	71
2.1.2. Codificación de Video .....	75
2.1.3. Códec's utilizados por los Sistemas de Video-Streaming .....	78
2.2. Tipos de Servicios en el Video-Streaming .....	79
2.2.1. Transmisiones en Directo (Live) .....	79
2.2.2. Transmisiones Bajo Demanda (On Demand) .....	81
2.2.3. Transmisiones Casi Bajo Demanda (en Falso-Directo) .....	82
2.3. Componentes de un Sistema de Video-Streaming .....	82
2.3.1. Servidor de Video-Streaming .....	83
2.3.2. Red de Comunicaciones .....	84
2.3.3. Usuarios de Contenidos Multimedia .....	84
2.4. Formatos de los Archivos de Video-Streaming .....	85
2.4.1. Meta-Archivos (Meta-Files) .....	85
2.4.2. Archivos de Audio .....	86
2.4.3. Archivos de Video .....	86
2.5. Operación de los Servidores de Video-Streaming .....	87
2.5.1. Control de Recursos .....	87
2.5.2. Planificadores .....	88
2.5.3. Políticas de Servicio .....	89
2.5.4. Sistema de Almacenamiento .....	91
2.6. Arquitecturas Utilizadas en los Sistemas de Video-Streaming .....	91
2.6.1. Arquitecturas Centralizadas .....	92
2.6.2. Arquitecturas de Servidores Independientes .....	95
2.6.3. Arquitecturas Basadas en Servidores-Proxy .....	96
2.6.4. Arquitecturas Distribuidas a Nivel de Usuario .....	98
<b>3. Funcionamiento de un Canal de IPTV .....</b>	<b>101</b>
3.1. Proceso de Transmisión de un Canal de Televisión .....	101
3.1.1. Modelo de Transmisión General .....	101
3.1.2. Modelo de Transmisión Reducido .....	104
3.2. Requerimientos de Hardware y Software .....	105
3.2.1. Sistemas Operativos Soportados .....	106
3.2.2. Hardware Soportado .....	111
3.2.3. Requisitos de la Red de Comunicación .....	112
3.3. Características Técnicas .....	113
3.3.1. Ancho de Banda .....	115
3.3.2. Familia xDSL .....	116
3.3.2.1. ADSL2 .....	118
3.3.2.2. ADSL2+ .....	119

3.3.2.3. VDSL .....	121
3.3.3. Tráfico de IPTV.....	123
3.3.4. Tamaño de la Imagen.....	126
3.3.5. Definición.....	128
3.4. Compresión de Archivos .....	129
3.4.1. Técnicas de Compresión de Video .....	131
3.4.1.1. MPEG-1 .....	131
3.4.1.2. MPEG-2.....	135
3.4.1.3. MPEG-4 (H.264).....	136
3.4.2. Técnicas de Compresión de Audio .....	138
3.5. Equipo Técnico .....	139
3.5.1. Servidores IP .....	139
3.5.2. Hubs .....	145
3.5.3. Soluciones de Última Milla.....	146
3.5.4. Módem-Router ADSL .....	150
3.5.5. Decodificador Digital (Set Top Box).....	153
3.5.6. Media Center .....	158
3.6. Arquitectura de Red .....	159
3.6.1. Red de Usuarios.....	160
3.6.2. Red Principal .....	161
3.6.2.1. Modelo OSI Aplicado a IPTV .....	164
3.6.2.2. Capas de Encapsulamiento.....	165
3.6.2.3. Topología de la Arquitectura de Red para IPTV .....	167
3.6.2.4. Encabezados MPEG .....	168
3.6.2.5. Análisis Activo y Pasivo de Video.....	170
3.6.2.6. Velocidad en el Cambio de Canal (Zap Rate) .....	174
4. Servicios Ofrecidos.....	176
4.1. Video Bajo Demanda (VoD) .....	176
4.2. Mayor Contenido.....	179
4.3. Publicidad a la Carta .....	181
4.4. Servicios de Información .....	183
4.5. e-Learning.....	187
4.6. Servicios de Facturas y Correo Electrónico .....	189
4.7. Convergencia de Voz, Datos y Video.....	192
5. Mercado Mundial de la IPTV.....	196
5.1. Principales Sistemas de IPTV que Operan .....	198
5.2. Desarrollo de Tecnología .....	199
5.3. Futuro Próximo en México .....	202
5.4. Impacto de la IPTV .....	205
5.5. Regulación de la IPTV .....	206
Conclusiones .....	209
Glosario .....	213
Bibliografía.....	215
Referencias.....	216

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### CAPÍTULO 1

• <b>Figura 1.1</b> Proceso de escaneo .....	13
• <b>Figura 1.2</b> Operación del disco de Nipkow .....	14
• <b>Figura 1.3</b> Escaneo por medio del disco de Nipkow .....	14
• <b>Figura 1.4</b> Exploración .....	15
• <b>Figura 1.5</b> Gráfica de voltaje correspondiente a una línea de la imagen.....	16
• <b>Figura 1.6</b> Transmisión de una imagen.....	17
• <b>Figura 1.7</b> Representación de movimiento por sucesión de imágenes .....	17
• <b>Figura 1.8</b> Transmisión de una sucesión de imágenes.....	18
• <b>Figura 1.9</b> Señal de sincronismo de una línea.....	20
• <b>Figura 1.10</b> Señales de sincronismo para la primera y segunda imagen .....	21
• <b>Figura 1.11</b> Máxima frecuencia de transmisión .....	22
• <b>Figura 1.12</b> Señal de video modulada.....	23
• <b>Figura 1.13</b> Espectro en frecuencia de un canal de Televisión .....	24
• <b>Figura 1.14</b> Formación de una señal de Televisión .....	25
• <b>Figura 1.15</b> Principio de color en una imagen.....	27
• <b>Figura 1.16</b> Triángulo de colores para determinar el valor de crominancia.....	28
• <b>Figura 1.17</b> Círculo cromático .....	29
• <b>Figura 1.18</b> Señales de ráfaga y sincronismo.....	30
• <b>Figura 1.19</b> Trayectoria de los haces de color en una cámara de Televisión .....	31
• <b>Figura 1.20</b> Circuito para la generación de la señal de luminancia .....	32
• <b>Figura 1.21</b> Distribución mundial de los diferentes estándares .....	36
• <b>Figura 1.22</b> Elementos de un sistema de video .....	38
• <b>Figura 1.23</b> Convertidor Analógico-Digital .....	40
• <b>Figura 1.24</b> Cuantización .....	41
• <b>Figura 1.25</b> Codificación.....	42
• <b>Figura 1.26</b> Convertidor Digital-Analógico .....	42
• <b>Figura 1.27</b> Distribución de señales por satélite .....	48
• <b>Figura 1.28</b> Diagrama a bloques de un transmisor de Televisión por satélite.....	49
• <b>Figura 1.29</b> Diagrama a bloques de un receptor de Televisión por satélite.....	49

### CAPÍTULO 2

• <b>Figura 2.1</b> Esquema entre el servidor y los clientes de un sistema de Video-Streaming.....	68
• <b>Figura 2.2</b> Diferencia entre Streaming y transferencia clásica .....	70
• <b>Figura 2.3</b> Transformación de ondas de presión a señales discretas .....	71
• <b>Figura 2.4</b> Nivelación del error de cuantización .....	72
• <b>Figura 2.5</b> Transformación de ondas de presión a paquetes de bits.....	72
• <b>Figura 2.6</b> Transformación de paquetes de bits a ondas de presión.....	73
• <b>Figura 2.7</b> Ejemplo de una señal de audio con silencio.....	73
• <b>Figura 2.8</b> Ejemplo de modulación ADPCM.....	74
• <b>Figura 2.9</b> Esquema de almacenamiento en Buffer.....	74
• <b>Figura 2.10</b> Codificación de audio del Transmisor.....	75



- **Figura 2.11** Codificación de audio del Receptor ..... 75
- **Figura 2.12** Proceso de codificación de video ..... 76
- **Figura 2.13** Proceso de eliminación de redundancia de la imagen ..... 76
- **Figura 2.14** Proceso de compresión para cada imagen de video..... 76
- **Figura 2.15** Agrupación en cuadros de una imagen a comprimir ..... 77
- **Figura 2.16** Proceso de una emisión en directo..... 79
- **Figura 2.17** Clasificación de señales en directo según el tipo de fuente ..... 80
- **Figura 2.18** Clasificación de señales en directo según el tipo de transmisión ..... 81
- **Figura 2.19** Proceso de transmisión bajo demanda..... 81
- **Figura 2.20** Proceso de transmisión casi bajo demanda ..... 82
- **Figura 2.21** Componentes de un sistema de Video-Streaming ..... 83
- **Figura 2.22** Módulos que componen un servidor de Video-Streaming..... 87
- **Figura 2.23** Esquema de arquitectura centralizada ..... 92
- **Figura 2.24** Esquema de servidores paralelos..... 93
- **Figura 2.25** Esquema de un clúster de servidores..... 94
- **Figura 2.26** Esquema de arquitectura de servidores independientes..... 95
- **Figura 2.27** Esquema de arquitectura basada en un servidor principal centralizado ..... 97
- **Figura 2.28** Esquema de arquitectura basada en un servidor principal paralelo..... 98

### CAPÍTULO 3

- **Figura 3.1** Estructura de un canal de Televisión (Modelo General)..... 102
- **Figura 3.2** Multiplexor de video ..... 103
- **Figura 3.3** Estructura de un canal de Televisión (Modelo Reducido) ..... 104
- **Figura 3.4** Reproductor de Windows Multimedia ..... 107
- **Figura 3.5** Pantalla de inicio del reproductor Quick Time ..... 109
- **Figura 3.6** Visualización de Flash Player ..... 110
- **Figura 3.7** Utilización de frecuencias para ADSL..... 117
- **Figura 3.8** Utilización de frecuencias para ADSL2+ ..... 119
- **Figura 3.9** Requerimientos de ancho de banda para el servicio de IPTV..... 120
- **Figura 3.10** Localización de frecuencias para 10 Base-S..... 122
- **Figura 3.11** Localización de frecuencias para ETSI Plan 997 ..... 122
- **Figura 3.12** Localización de frecuencias para ETSI Plan 998 ..... 123
- **Figura 3.13** Representación de una red IP ..... 123
- **Figura 3.14** Flujo de video ideal a 3.75 Mbps ..... 125
- **Figura 3.15** Ráfaga de paquetes con un flujo de video IP de 3.75 Mbps ..... 125
- **Figura 3.16** Tres flujos de video IP a 3.75 Mbps agregados a un router ..... 126
- **Figura 3.17** Proceso de submuestreo para MPEG-1 ..... 132
- **Figura 3.18** Proceso de escaneo en zigzag..... 134
- **Figura 3.19** Ejemplo de estimación de movimiento ..... 135
- **Figura 3.20** Localización de los diferentes tipos de servidores en un sistema IPTV..... 145
- **Figura 3.21** Jerarquía de las redes de distribución de video ..... 146
- **Figura 3.22** Comparación entre FTTE<sub>x</sub> y FTTC<sub>b</sub>..... 148
- **Figura 3.23** Distribución de un flujo de datos de IPTV..... 151
- **Figura 3.24** Posibles aplicaciones de ADSL ..... 160

---

- **Figura 3.25** Red con cable coaxial ..... 161
- **Figura 3.26** Relación entre los protocolos de modelo TCP/IP y en tiempo real ..... 164
- **Figura 3.27** Modelo OSI aplicado a IPTV ..... 165
- **Figura 3.28** Capas de encapsulamiento ..... 166
- **Figura 3.29** Topología de la arquitectura de red para IPTV ..... 167
- **Figura 3.30** Estructura de un encabezado PES ..... 168
- **Figura 3.31** Encabezado MPEG-TS ..... 178
- **Figura 3.32** Análisis activo ..... 171
- **Figura 3.33** Eventos presentes en el cambio de canal ..... 174

## CAPÍTULO 4

- **Figura 4.1** Transmisión de VoD sobre un sistema IPTV ..... 179
- **Figura 4.2** Guía de programación electrónica ..... 183
- **Figura 4.3** Servicios interactivos de noticias ..... 184
- **Figura 4.4** Navegador de video interactivo ..... 184
- **Figura 4.5** Muestras de música ..... 185
- **Figura 4.6** Juegos interactivos ..... 185
- **Figura 4.7** Información meteorológica bajo demanda ..... 185
- **Figura 4.8** Base de datos de servicios de información ..... 186
- **Figura 4.9** Digitracker ..... 186
- **Figura 4.10** Tele-shopping ..... 190
- **Figura 4.11** Navegación por la Red en Televisión ..... 190
- **Figura 4.12** Telebanca ..... 191

---

**ÍNDICE DE TABLAS****CAPÍTULO 1**

- **Tabla 1.1** Relación entre el color y los niveles de señal eléctrica ..... 16
- **Tabla 1.2** Longitudes de onda para algunos colores..... 27
- **Tabla 1.3** Longitudes de onda para colores primarios ..... 28
- **Tabla 1.4** Tazas de transmisión y ancho de banda para Televisión Digital ..... 31
- **Tabla 1.5** Resoluciones definidas para el estándar ATSC ..... 54
- **Tabla 1.6** Modulaciones para los diferentes estándares de DVB ..... 55
- **Tabla 1.7** Aplicaciones potenciales de IPTV ..... 65

**CAPÍTULO 3**

- **Tabla 3.1** Archivos soportados por el reproductor de Windows Multimedia ..... 107
- **Tabla 3.2** Ancho de banda necesario para un sistema de Video-Streaming ..... 113
- **Tabla 3.3** Tecnologías de red caseras de acceso xDSL ..... 116
- **Tabla 3.4** Comparación entre velocidades de descarga para ADSL2 y ADSL2+ ..... 119
- **Tabla 3.5** Velocidades de transmisión para VDSL ..... 121
- **Tabla 3.6** Formatos de Televisión Digital ..... 128
- **Tabla 3.7** Las partes del estándar MPEG-1 ..... 131
- **Tabla 3.8** Modulación diferencial de pulsos codificados ..... 134
- **Tabla 3.9** Partes que forman el estándar MPEG-2 ..... 136
- **Tabla 3.10** Parámetros superiores para el estándar MPEG-2 ..... 137
- **Tabla 3.11** Niveles de los arreglos redundantes de discos independientes (RAID) ..... 143
- **Tabla 3.12** Número de flujos máximos de video ..... 162
- **Tabla 3.13** Identificación de paquetes ..... 169
- **Tabla 3.14** Mediciones en el análisis Activo ..... 172
- **Tabla 3.15** Mediciones en el análisis Pasivo ..... 173

**CAPÍTULO 4**

- **Tabla 4.1** Estándares de codificación de voz ..... 192

**CAPÍTULO 5**

- **Tabla 5.1** Tiempo de descarga de una hora de video ..... 196

## INTRODUCCIÓN

Un invento que cambio radicalmente la forma de vida del siglo XX, es la **TELEVISIÓN**. Debido al nacimiento de esta nueva tecnología nació la forma de entretenimiento más utilizada en el mundo, gracias a la diversión que ofrece y a la variedad de información que mostraba.

La Televisión sigue siendo muy utilizada en nuestros días, esto puede ser explicado fácilmente, ya que una de las principales razones es que los operadores se han encargado de proporcionar contenidos de todo tipo, para satisfacer los gustos de cada uno de los televidentes.

Otra razón importante por la cuál la Televisión sigue estando a la vanguardia es que su contenido a evolucionando desde su origen, por lo que los temas que se pueden tratar en la Televisión de hoy son de gran importancia para la actual sociedad, esto es porque en cierta forma los problemas y soluciones que se pueden ver en alguno de los programas de Televisión, son perfectamente aplicables a la vida real de una persona. Por consiguiente, algunos dicen que “la Televisión es un reflejo de la vida real”.

La Ingeniería ha jugado un papel fundamental en el desarrollo y el buen funcionamiento de la Televisión, algunos de los principales retos que ha enfrentado la Ingeniería en esta área es la evolución y mejora de los equipos de recepción y transmisión de Televisión, la mejora en la calidad de la imagen, además, la disminución en los precios de operación para los operadores del servicio, con lo cuál, se pueden ofrecer mejores precios a los usuarios.

La importancia de la Televisión en nuestros días es enorme, porque además de ser una forma de entretenimiento utilizada por la mayoría de las personas, tiene la ventaja de poder transmitir todo tipo de información de forma rápida y exacta. Gracias a esto, las personas, desde hace muchos años, están inmediatamente informadas de todo lo que pasa en el mundo, la Televisión desde su origen se ha considerado un sistema de Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) y se ha convertido en la forma más utilizada para dar a conocer los diferentes sucesos ocurridos en el mundo.

En las últimas décadas, con el nacimiento y rápido desarrollo de las computadoras y el Internet, se ha presentado un fenómeno donde más personas utilizan las computadoras y el Internet como forma de entretenimiento y fuentes de información. Esto ha hecho que la Televisión pierda un poco de usuarios y fuerza en su utilización.

Aunque la calidad del servicio en la transmisión de Televisión es muy buena y no existen demasiadas quejas de parte de los usuarios en los últimos años. El uso de la Televisión ha venido a menos y cada vez surgen nuevas Tecnologías de la Información y Comunicaciones que provocan que la Televisión este perdiendo su lugar en la cima de las comunicaciones.

Este proceso de disminución de televidentes, aunque lento, va siendo cada vez más peligroso para el futuro de la Televisión. Este fenómeno, aunque para los usuarios es

transparente, para los operadores y proveedores de Televisión es muy preocupante, porque se ven obligados a desarrollar nuevos servicios y aplicaciones para que su servicio pueda seguir estando a la vanguardia y ser el mejor.

La solución a este problema y por la que han apostado la mayoría de los operadores de Televisión es la transmisión de **Televisión utilizando el Protocolo de Internet**, mejor conocida como **IPTV**, por sus siglas en inglés que significan “**Internet Protocol Television**”. Esta nueva forma de ver Televisión es completamente diferente, porque ofrece nuevas y mejores características en su funcionamiento y más aplicaciones para los usuarios, además, para los proveedores es una evolución y mejora viable para ofrecer sus servicios de Televisión.

El surgimiento de esta forma de Televisión mantendrá la influencia que siempre ha tenido en la humanidad. Esto es, porque nuestra cultura no puede entenderse sin este aparato tan común y corriente, además es imposible pensar que la humanidad pueda vivir sin él.

El origen de la IPTV trae consigo nuevos y diferentes conceptos, además de un gran desarrollo tecnológico, esto es, porque para operar este tipo de servicio es necesario contar con redes de datos innovadoras, como las que se tiene en los últimos días. Con esto, en lugar de que el crecimiento de Internet y sus usuarios fueran un problema para la Televisión, se encuentra una solución fácil: la de utilizar el Internet para el desarrollo de la Televisión por Internet.

La IPTV presenta algunas ventajas sobre la Televisión convencional que conocemos hoy en día, e hizo de las redes de datos un aliado muy importante, ya que aprovecha al máximo la infraestructura de las redes de datos existentes y genera un crecimiento en éstas. Por lo que la ayuda entre la IPTV y el Internet es mutua.

Cabe mencionar que esta tecnología es relativamente nueva y aunque ya es utilizada, solo es aplicada en algunos países de Europa y Estados Unidos, principalmente. Esto indica que su mercado es aún muy extenso y con seguridad la IPTV tiene un gran futuro en el mundo, por lo que en los próximos años hay que enfrentar el cambio hacia este sistema.

La IPTV trae consigo un creciente desarrollo en las redes de datos, generando una rápida evolución y perfeccionamiento de la IPTV y las redes de datos de manera simultánea.

En países como México, aunque ya es conocida y esta siendo presentada a los consumidores, no se utiliza esta tecnología por completo, será en algunos años cuando se pueda dar este paso en la evolución de la Televisión. Ya que todavía se necesita que los proveedores de este servicio perfeccionen su forma de transmitir Televisión y el número de operadores crezca un poco para que se presente una buena competencia entre ellos, trayendo consigo una baja en los precios finales del producto y una mejor calidad para el usuario final, además de que se genere un mayor número de aplicaciones y servicios para que se ofrezcan a los Televidentes.

Este trabajo de investigación es muy importante, porque esta dirigido a todo tipo de personas interesadas en el área de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, en especial la IPTV. Además, presenta una estructura sencilla, que es entendible para cualquier tipo de personas. Es importante que los alumnos y maestros estén informados acerca de la IPTV y este trabajo puede lograr una perfecta comprensión del tema. Además, la gran parte de las personas serán en un futuro, usuarios de la IPTV, por lo que este trabajo permite el perfecto entendimiento de la tecnología y describe algunas de sus aplicaciones más importantes y utilizadas.

Los operadores del servicio de IPTV también pueden verse satisfechos con el hecho de que las personas conozcan un poco más acerca del funcionamiento de su tecnología y de las ventajas que ofrece, lo que trae como consecuencia un crecimiento en su número de clientes y personas interesadas en este tipo de servicios.

## **OBJETIVO**

El objetivo de este trabajo de tesis es investigar, analizar y explicar el funcionamiento del sistema de **“Televisión sobre el Protocolo de Internet”**, así como los diferentes conceptos y equipos que se necesitan para la operación y transmisión de Televisión Digital por Internet. Además, se estudiará el origen y desarrollo de la IPTV, su funcionamiento, los servicios que ofrece y su demanda en el mercado mexicano actual y futuro.

## **PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

En este trabajo se hace referencia únicamente al desarrollo y funcionamiento de la Televisión por IP. Por lo que se analizan temas y conceptos referentes al funcionamiento técnico básico de este sistema de transmisión de Televisión. Aunque en algunas ocasiones es necesario mencionar otros conceptos, tales como: Televisión analógica, Televisión por Satélite y Cable, etcétera; solo se mencionan para entender el origen y la evolución para llegar a transmitir Televisión digital, por lo que, este trabajo tiene como objetivo fundamental: explicar el funcionamiento básico de la Televisión Digital y su transmisión por las redes de datos utilizando el Protocolo de Internet.

Otra aclaración importante, es que para poder entender bien los conceptos que se manejan en este escrito, se menciona el tema del servicio de transmisión de Televisión por Internet, es decir, utilizando el Protocolo de envío de paquetes de datos por Internet.

Para evitar confusiones, la diferencia que existe entre IPTV y Televisión por Internet es que básicamente, el servicio de IPTV es controlado por el proveedor del servicio que se encarga de administrar la red de transmisión de cada usuario, para enviar los programas y contenidos correspondientes a cada suscriptor. A diferencia de la Televisión por Internet

que se presenta como un sistema menos controlado, porque los contenidos y el acceso a ellos están abiertos de forma permanente a los usuarios.

La diferencia que existe entre estos dos sistemas no es sobre su modo de transmisión, ya que los dos sistemas utilizan las redes de datos de Internet y su Protocolo; la diferencia se encuentra en el modelo de explotación y negociación de los sistemas, es decir, que el sistema de IPTV esta completamente controlado por los operadores y la red de transporte de la Televisión por Internet no puede ser controlada por el operador.

La diferencia anterior ofrece grandes ventajas a la IPTV, porque se pueden controlar los contenidos, usuarios y se pueden ofrecer los respectivos servicios interactivos como el Video bajo Demanda (VoD), y ofrecer al operador la oportunidad de tener un negocio controlado y restringido.

## **APORTACIONES**

Con el desarrollo de este trabajo se pretende dar a conocer el origen, desarrollo y funcionamiento de la IPTV, con la finalidad de que todo tipo de personas estén familiarizadas con el concepto de IPTV y así evitar que se tenga un desconocimiento de parte de los usuarios potenciales de este servicio.

En México se está empezando a desarrollar y comercializar este tipo de servicio de transmisión de Televisión y muchos de los usuarios no saben cuales son las diferencias y por lo tanto, ignoran las ventajas en la calidad de transmisión y las diferentes aplicaciones que se ofrecen.

Este trabajo explica claramente el funcionamiento y ventajas de la IPTV. Por lo tanto, cuando se presente un completo desarrollo y evolución en este tipo de transmisión de Televisión, con este trabajo se ofrece a los usuarios una explicación completa acerca del funcionamiento y aplicaciones del sistema.

## **ESTRUCTURA DE LA TESIS**

### **Capítulo 1. Origen y Evolución de la IPTV**

Se analiza la historia general de la Televisión, iniciando, obviamente, con el origen y funcionamiento básico de la Televisión analógica en blanco y negro, su evolución a la Televisión analógica a color, otra de los temas importantes, es conocer los diferentes estándares de funcionamiento que se presentaron con los sistemas de Televisión analógica. Después, hablamos sobre las diferencias principales que existen entre la Televisión analógica y digital, mencionando sus ventajas y desventajas. Y finalmente mencionamos los conceptos generales de la IPTV, como su significado, características principales y mencionamos algunos de los servicios que ofrece.

## **Capítulo 2. Introducción a los Sistemas de Video-Streaming**

Un concepto fundamental del funcionamiento de la IPTV, son los Sistemas de Video-Streaming que permiten la transmisión de archivos de video por las redes de datos utilizando una tecnología llamada Streaming. Tratamos los diferentes tipos de Streaming existentes, sus componentes, los diferentes tipos de codificación y de formatos que utiliza para su funcionamiento. Un tema importante es conocer la forma óptima de operación de los servidores Streaming y las principales arquitecturas existentes para el tipo de transmisión de contenidos multimedia para IPTV.

## **Capítulo 3. Funcionamiento de un Canal de IPTV**

Este capítulo, aunque es muy técnico, es muy importante en su contenido, porque estudia los requisitos necesarios para tener un buen funcionamiento en los sistemas de IPTV, además se mencionan los sistemas operativos utilizados y los diferentes tipos de equipo (Hardware) necesario. Además, se estudia el manejo de los datos en formato digital dentro de un sistema de transmisión de video y audio, esto es, gracias a la digitalización de los diferentes tipos de datos, después la compresión utilizada para reducir el ancho de banda necesario, para una rápida transmisión, además, se utilizan para recibir los datos correctamente para la formación de la imagen con buena calidad.

## **Capítulo 4. Servicios ofrecidos**

En el funcionamiento de la IPTV se obtienen muchas mejoras, como la calidad de la imagen, además de varias ventajas y aplicaciones para el entretenimiento de los usuarios, en este capítulo se habla acerca de los diferentes servicios y aplicaciones ofrecidos por los proveedores de IPTV. Algunos de los servicios más importantes son: Video bajo Demanda (VoD), Publicidad a la carta, e-Learning, y diferentes servicios de información.

## **Capítulo 5. Mercado Mundial de la IPTV**

Debido a la buena aceptación que ha tenido la IPTV por parte de los usuarios, este sistema de Televisión esta creciendo rápidamente, con lo cual, muchos operadores pueden darse cuenta que el apostar por este sistema de Televisión es una forma segura de seguir en el mercado. Por lo que, en este capítulo hablamos del estado actual que tiene la IPTV en diferentes lugares del mundo como Europa, EUA y se menciona el futuro próximo de este servicio en diferentes países en especial México, que ofrece un futuro alentador para los proveedores de este servicio.

## **Conclusiones**

Este apartado además de resaltar el cumplimiento de los objetivos planteados, es una opinión personal, que se forma después de realizar este trabajo. Al concluir, se menciona la importancia de este trabajo y de los sistemas de IPTV, además las aportaciones y experiencias que me deja el hecho de escribir este trabajo.



### **Bibliografía y Referencias**

Se mencionan los diferentes libros utilizados, además de revistas, sitios en Internet, diccionarios y artículos leídos para escribir este trabajo. Los cuáles pueden ayudar a los lectores interesados para que se informen más acerca de la IPTV.

# *CAPÍTULO I*

## **1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA IPTV**

Las Tecnologías de la Información y Comunicaciones han presentado una evolución muy rápida desde el siglo pasado, se puede observar que cada una de estas Tecnologías evoluciona constantemente para ofrecer mejoras en sus servicios, tales como: un menor costo en su producción y distribución, además de una mejor calidad y mayor número de servicios ofrecidos.

En el caso de la Televisión, su historia describe esencialmente la búsqueda de un dispositivo adecuado para la exploración y transmisión de imágenes en movimiento. Con esta idea se inició el diseño y desarrollo de lo que hoy conocemos como Televisión en sus diferentes formatos de transmisión y presentación.

El origen de la IPTV trae consigo una larga historia, es esencial conocer el nacimiento de la Televisión Analógica, para después mencionar algunas de sus mejoras tecnológicas y posteriormente se obtiene la nueva forma de ver Televisión. La IPTV es revolucionaria porque ofrece, además de la Televisión de Alta Definición (HDTV), acceso a Internet de Banda Ancha y Telefonía IP (VoIP) a todo tipo de personas. Con lo cual se genera una excelente opción para estar bien informado y contar con diferentes formas de entretenimiento para los usuarios.

La Televisión ha sido, en las últimas décadas, la más importante fuente de información para el público en general, por lo que algunas de las ventajas más importantes que ofrece la IPTV a los usuarios es: mayor cantidad de información y mejor calidad en su presentación. Esto se debe a que la IPTV se presenta de manera Digital, por tanto, la calidad de video y sonido son mejores en comparación con la Televisión Analógica, además se evitan los problemas presentados en la transmisión de Televisión Analógica como: interferencias, fantasmas, etcétera.

De acuerdo con el comportamiento que ha presentado el mercado actual, se prevé que la transición al sistema de IPTV, en México y algunos otros países, será lenta, debido a que no todos los televidentes pueden cambiar de manera inmediata su acostumbrado método de ver Televisión. Entonces, algunos televidentes seguirán utilizando la Televisión Analógica por varios años más, hasta que se tenga una infraestructura óptima en los sistemas de red existentes y sean capaces de ofrecer un buen servicio, con precios razonables para los usuarios.

Para explicar la causa por la que el servicio de IPTV no es ofrecido en todo México, hay que mencionar que, hasta hace algunos años, la capacidad de las conexiones no tenían el Ancho de Banda (BW) suficiente para la correcta operación de este tipo de servicio, por lo que solo es ofrecido a un número pequeño de usuarios, en donde las redes de datos ofrecen una capacidad y diseño óptimo.

Al hablar sobre la Televisión, es necesario saber que es uno de los inventos más importantes y más utilizados por la humanidad en general; respecto a su origen hay que mencionar que fue el resultado de un largo proceso de investigación y experimentación

que se llevo a cabo en diferentes partes del mundo de forma simultánea, en las primeras décadas del siglo XX.

Se sabe que dos inventores son los que se disputan la invención de la Televisión, sus nombres son: Philo T. Farnsworth, de nacionalidad norteamericana y Vladimir Zworyk, ruso. Además, en 1904, los alemanes presentaron su propio diseño de Televisión, que representa la primera propuesta técnica documentada de la Televisión a color.

La primera patente de Zworyk fue registrada en 1910 y presentó el diseño de una Televisión mecánica que funcionaba mediante la utilización de tubos de rayos catódicos y con el cual se obtenía un servicio de transmisión y recepción de imágenes con algunas limitaciones. Posteriormente, en 1925, Zworyk presentó una nueva propuesta que contenía la descripción de una Televisión electrónica a color, la cual nunca logró tener éxito, ya que el diseño no funcionaba correctamente.

Los norteamericanos, de la mano de Farnsworth, en el año de 1927, lograron la primera transmisión de una señal de video a color y, aunque fue tan solo una simple línea, se demostró la posibilidad de transmitir imágenes a color de forma analógica como la utilizada en nuestros días. La primera noticia que se tiene sobre el uso de la Televisión, se dio a conocer el 8 de abril de 1927, cuando se anunciaba en los periódicos la primera transmisión de New York a Washington. Con lo que se demostró que la transmisión de video era una realidad y se inició el largo camino de experimentos y pruebas, hasta lo que actualmente conocemos como Televisión y que seguirá evolucionando pasando por la IPTV y llegando a nuevas formas de transmisión.

En México, se presentaron varios acontecimientos importantes en el desarrollo de la Televisión, la noticia principal se dio en 1939, cuando el Ingeniero Guillermo González Camarena realizó experimentos con un sistema de circuito cerrado de Televisión en un laboratorio dentro de las instalaciones de la estación de radio XEFO. El joven ingeniero de 17 años de edad había estudiado en el Instituto Politécnico Nacional y trabajo varios años experimentos de este tipo, hasta que en 1939, cuando la Televisión en blanco y negro ya funcionaba en algunos países, Guillermo impactó al mundo al presentar su invento de la Televisión a Color, que funcionaba con un diseño propio llamado "Sistema Tricromático Secuencial de Campos".

Esta patente se obtiene tanto en México como en Estados Unidos el día 19 de agosto de 1940, por lo que se empieza a utilizar este sistema de Televisión a color con fines científicos principalmente. Posteriormente, Guillermo González Camarena, junto a Emilio Azcárraga, Romulo O'Farril y Miguel Alemán, fundaron el antecesor directo de lo que ahora es Televisa, que se llamó Telesistema Mexicano, S.A.

Con los sucesos anteriores, se presentó un rápido cambio a la Televisión Analógica a color en todo en mundo. En lo que a México corresponde, también se dieron grandes acontecimientos.

El Sistema Tricromático Secuencial de Campos, diseñado por el Ing. González Camarena, fue un logro en extremo importante para la transmisión de imágenes y audio, aún en nuestros días, un claro ejemplo es que las naves espaciales estadounidenses de la Agencia Nacional para el Estudio del Espacio Exterior (NASA), están equipadas con este sistema para la transmisión de señales, cuando las naves se encuentran en el espacio exterior.

La primera transmisión de Televisión comercial en blanco y negro en México fue el 19 de agosto de 1946, tuvo gran éxito, por lo que el 7 de septiembre del mismo año, se inaugura la primera estación experimental de Televisión en Latinoamérica, llamada XEIGC. Este canal transmitió todos los sábados, durante dos años un programa de espectáculos y entrevistas.

El 31 de agosto de 1946, el Ing. González Camarena lanzó su primera transmisión de Televisión por el canal XHGC, que sigue funcionando hasta nuestros días y es uno de los más conocidos en la Televisión mexicana.

En septiembre de 1948, se iniciaron transmisiones diarias desde el Palacio de Minería, acerca de la “Primera Exposición Objetiva Presidencial”. Miles de personas fueron testigos del inicio de la Televisión, gracias a los aparatos que se encontraban instalados en varios centros comerciales. Por todo lo anterior, se conoce al Ingeniero Guillermo González Camarena como el “Padre de la Televisión Mexicana”.

Posteriormente, en el año de 1951, se transmiten desde la Escuela Nacional de Medicina, lecciones de anatomía. El gran éxito alcanzado por la Televisión en todo el mundo, iniciaba el lanzamiento en México de varios canales, como XHDF-TV, conocido como el canal 4, además XETV o canal 6 y XEQ-TV o canal 9, que fueron los primeros canales de Televisión en México.

Una de las primeras innovaciones tecnológicas que se presenta en favor de la Televisión es el origen de las cintas de video que permiten grabar programas de Televisión y evitar las transmisiones de programas en vivo, con esto el número de errores que se presentaban en las transmisiones eran menores y además se genera la posibilidad de exportar algunos de los programas grabados a otros países de Latinoamérica y Estados Unidos, principalmente telenovelas.

A mediados de la década de los 40's, se presentó en Estados Unidos un experimento que constaba de una pequeña red de Televisores conectados entre sí, fue el inicio de la Televisión por Cable. La red estaba constituida por un sistema de antenas, amplificadores y mezcladores de señal, la señal combinada era distribuida por medio de un cable a sus vecinos y les permitía ver diversos programas, de buena calidad, sin necesidad de disponer de una antena por cada Televisión.

Otro hecho importante para México se presenta en 1968, cuando se incursiona en la era de las comunicaciones vía satélite y se transmite a todo el mundo, los diversos eventos presentados en la XIX Olimpiada. La transmisión de Televisión por medio de satélites geoestacionarios fue un éxito, porque permitía la transmisión de manera casi instantánea,

lo que mejoró la comunicación mundial y permitió a los usuarios enterarse de las noticias y eventos mundiales de una forma rápida y precisa. Aunque, en la Televisión por satélite se tienen pequeños retrasos en la transmisión, podemos considerarlos como mínimos y las noticias se obtienen casi en tiempo real y con una muy buena calidad.

Los primeros experimentos de Televisión Digital se utilizaron para llevar las señales de Televisión a ciudades o poblaciones que se encontraban fuera del alcance de las estaciones difusoras de Televisión. Esta forma de transmisión tuvo una gran demanda, y para los años 60's, la Televisión Digital por Cable (CATV), transmitía 20 canales de Televisión, independientes de las estaciones locales.

En España las primeras redes de Televisión por Cable aparecieron a principios de los años 80's, especialmente en la modalidad conocida como vídeo comunitario, donde en un edificio o grupo de edificios se enviaba a través del sistema de una antena colectiva de Televisión la señal de un reproductor de vídeo mediante el cual el "administrador del sistema" pasaba películas. Estas pseudoredes, fueron evolucionando y a finales de esa década surgen las primeras redes de CATV que ya transmitían diversos canales extranjeros, la mayoría procedentes de satélites, e incluso añadían alguno de producción propia, especialmente de carácter local, para hacerlos más atractivos.

Debido al gran éxito que tiene la transmisión de audio y video, han surgido nuevas técnicas que permiten transmitir Televisión Digital por medio de ondas electromagnéticas. Los estándares utilizados son el ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzada), la DVB (Transmisión de Video Digital) y la ISDB (Transmisión de Servicios Digitales Integrados). Los tres estándares anteriores contienen a las características técnicas de operación para la transmisión de Televisión Digital.

El desarrollo de tecnología digital, para la transmisión de Televisión, es cada vez mayor, principalmente porque ofrece diversas ventajas con respecto a los sistemas analógicos, esto propicia una mayor utilización en los sistemas de comunicación, como Radiodifusión, Televisión y Telefonía.

La solución más viable para la transmisión de Televisión Digital en el Mundo y a la cual está apostando la mayoría de los operadores, es la **IPTV**. Las razones son varias, por ejemplo su bajo costo en nueva infraestructura, la posibilidad de ofrecer mayores servicios de valor agregado, el bajo costo que pueden obtener los usuarios, la mejora en la calidad de audio y video, además de la posibilidad de ofrecer un servicio de Televisión interactiva que daría un giro completo a la utilización de la Televisión.

Todo esto permite al usuario tener un mayor control en el horario de cada programa, así como en el contenido de los canales, por lo que se considera que se convertiría de simple espectador a un programador y diseñador de programación de canales de acuerdo a su gusto.

## **1.1. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA**

Para explicar el funcionamiento básico de la Televisión Analógica, es necesario saber que las señales analógicas son las que representan las señales de audio y video de una manera continua, es decir, están definidas en cada instante de tiempo con un nivel de voltaje y corriente, este es el principio general de las señales analógicas. Posteriormente veremos las ventajas y desventajas que presentan las señales analógicas en comparación con las señales digitales.

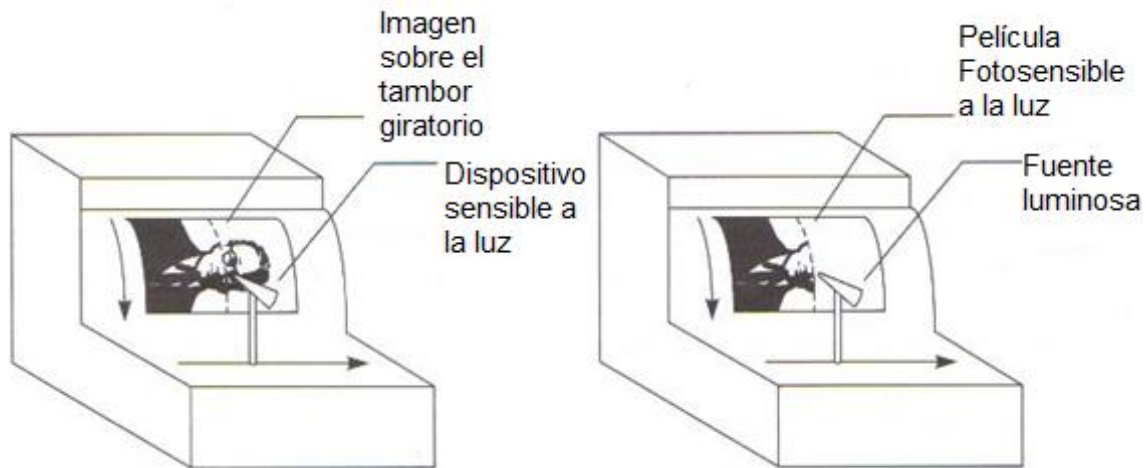
### **1.1.1. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEVISIÓN MONOCROMÁTICA**

El principio de funcionamiento de la Televisión se basa en el hecho de que las imágenes a transmitirse están formadas por muchos puntos con diferentes niveles de luz, estos puntos son llamados elementos de dibujo o “píxeles”. La información que se obtiene de cada uno de estos puntos de luz, proviene de cada una de las escenas que se van a transmitir y deben estar organizadas de manera lógica para ser llevados al equipo receptor, que los imprimirá en la pantalla como una imagen. Obviamente, el número de puntos de luz necesitado para formar una imagen clara debe ser muy grande, lo cual no es práctico, porque se necesita llevar un gran número de píxeles para cada uno de los canales transmitidos. Para resolver este problema, se necesita un método de simplificación que evita que este proceso se genere un exceso de puntos.

El proceso de simplificación es llamado “escaneo”, que básicamente examina cada uno de los puntos de luz. Para la transmisión de imágenes en movimiento, se necesita primero hacer el escaneo de cada una de las imágenes.

El proceso de escaneo funciona de la siguiente manera, primero se coloca una fotografía sobre un tambor giratorio y un dispositivo eléctrico sensible a la luz colocado sobre la fotografía; como el tambor se mantiene en constante giro, el dispositivo sigue un camino a través de la imagen, con cada giro del tambor, el dispositivo se desplaza por la fotografía. Esto crea un escaneo helicoidal formado por el tambor giratorio. La salida eléctrica del dispositivo sensible a la luz, es proporcional a la reflectancia de la imagen, es decir que, las áreas más brillantes en la imagen generan un mayor nivel de voltaje en la señal eléctrica en comparación con las áreas oscuras. Del lado del receptor se presenta una operación inversa, una película sensible a la luz es colocada sobre un tambor giratorio, se coloca una fuente de luz y se genera el mismo recorrido helicoidal a través de la película. Un alto nivel de alimentación eléctrica recibida en la fuente de luz resulta en una luz brillante, cuando se expone la película a la luz se genera una imagen oscura y viceversa, un bajo nivel de voltaje en la entrada eléctrica genera una baja exposición de luz que produce un área transparente sobre la película fotosensible. Con este proceso se puede reproducir una imagen en forma de negativo. Este es el principio básico de las técnicas de fotografía.

Un detalle importante es que ambos tambores, el que transmite y el que recibe, deben estar sincronizados, es decir, necesitan girar a una misma velocidad, además el inicio del escaneo debe ocurrir simultáneamente en ambos casos y la proporción del avance helicoidal debe ser el mismo en ambos casos. En caso contrario, la reproducción de la imagen trae consigo distorsiones geométricas, como estiramientos o compresión de las imágenes.



**Figura 1.1** Proceso de escaneo

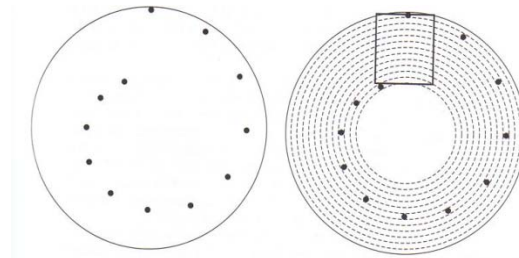
Aunque el escaneo de palabras sobre películas fotosensibles para imágenes fijas con esta técnica es bueno, el problema se presenta de manera más compleja y diferente, debido a que en el ojo humano no se pueden recibir este tipo de imágenes de manera correcta.

El ojo humano presenta un fenómeno llamado “persistencia de visión” que permite seguir viendo un estímulo en forma de luz por un instante después de que la luz es apagada. Por lo que la aplicación del escaneo en el ojo humano requiere que sea ejecutado repetidamente y de forma suficiente para que la persistencia del ojo pueda visualizar de manera correcta las líneas escaneadas de la imagen.

#### 1.1.1.1. DISCO DE NIPKOW

Una de las soluciones que se presentaron al problema anterior fue desarrollada en 1883, cuando el Ingeniero alemán Paul Nipkow desarrollo un nuevo método de escaneo, que consiste en un disco que gira de forma mecánica, para localizar de forma precisa los orificios colocados en una espiral.

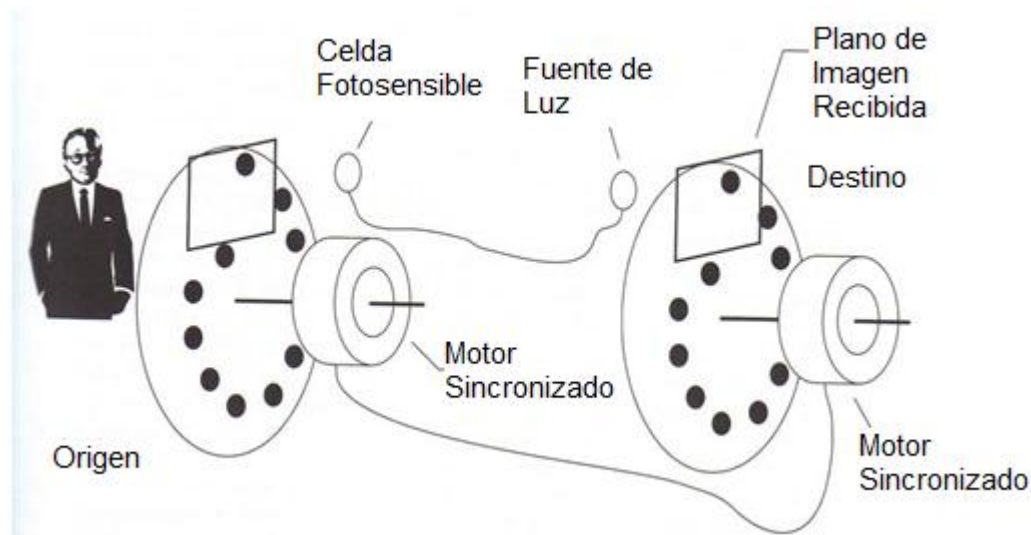




**Figura 1.2** Operación del disco de Nipkow

Como el disco se mantiene rotando, solo una perforación se encuentra localizada en la imagen que será transmitida. Una de las perforaciones completa un escaneo de izquierda a derecha y otra perforación comienza desde la izquierda un escaneo ligeramente debajo de la perforación anterior. Esto se hace sucesivamente, hasta que se terminan de escanear cada una de las perforaciones, con lo cual se indica que se ha terminado una vuelta completa del disco. Entonces, la punta de la imagen es escaneada nuevamente.

La patente para esta nueva idea fue concedida a Nipkow en Alemania y registrada el 6 de enero de 1884, aunque todavía no se había construido un sistema que funcionara con este principio.



**Figura 1.3** Escaneo por medio del disco de Nipkow

Fue hasta 1923, cuando John Logie Baird del Reino Unido construyó un sistema sencillo basado en el escaneo del disco de Nipkow. Utilizó dos discos, uno en el lugar de la transmisión y otro disco estaba colocado en el lugar de recepción a algunos pasos de distancia. El disco transmisor tenía detrás una celda de Selenio sensible a la luz y el disco receptor tenía una fuente de luz controlada en proporción a la señal obtenida de la celda de Selenio. Una vez que los discos estaban sincronizados en su rotación y velocidad, las perforaciones en cada disco se presentaban en una misma localización y cada disco, transmisor y receptor, presentaba la misma imagen.

Este diseño, debido a la naturaleza mecánica del disco de Nipkow, no funcionaba eficazmente con imágenes de gran tamaño ya que necesitaba grandes velocidades de giro para conseguir una mejor definición.

Los primeros dispositivos realmente satisfactorios diseñados para captar imágenes, fueron el ionoscopio, inventado por Vladimir Kosma Zworykin en 1923 y posteriormente el tubo disector de imágenes, desarrollado por Philo Taylor Farnsworth. Estos dispositivos funcionaban correctamente y representan el principio básico de la Televisión. Su funcionamiento es similar al principio de funcionamiento del cine, que requiere transmitir un mínimo de 25 imágenes por segundo, con esta velocidad se produce en el observador la impresión de que la imagen se encuentra en movimiento, debido a la lentitud de reacción que presenta el ojo humano.

### 1.1.1.2. PRINCIPIO DE LA DESCOMPOSICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LA IMAGEN

Desde hace muchos años existen procedimientos para la transmisión de imágenes y textos por medios eléctricos, principalmente conocidos como telegrafía o teletransmisión de imágenes. En dichos sistemas, el primer paso de su funcionamiento es la exploración por líneas mediante un fotodetector que transforma los valores de luminosidad o brillo de cada uno de los puntos de la imagen en valores eléctricos.

Estas oscilaciones de corriente llegan en orden sucesivo al lugar de recepción donde vuelven a ser transformadas en valores de luminosidad, con la utilización de una lámpara o bombilla incandescente. La luz de la lámpara, es concentrada mediante un sistema óptico, que explora un papel fotográfico y produce los ennegrecimientos correspondientes.

El principio fundamental de la transmisión de imágenes consiste, en explorar por puntos los valores de luminosidad de la imagen o texto, transmitiéndolos sucesivamente al lugar de reproducción. Para esto, la imagen se descompone, en una trama de líneas paralelas de recorrido oblicuo descendiente en un ancho de línea. Al llegar al extremo de cada línea, el dispositivo de exploración tiene que retroceder rápidamente, recorriendo en un salto todo el ancho de la imagen hasta el principio u origen de la línea siguiente.



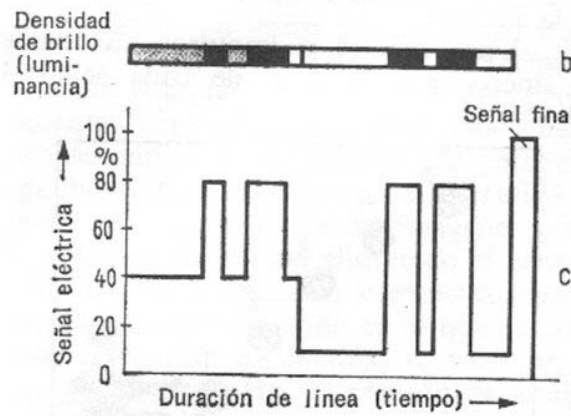
Figura 1.4 Exploración

Con el objeto de que dicho retroceso se realice correctamente, además de las oscilaciones de corriente que se producen por los puntos de distinta luminosidad de la imagen, al final de la línea se prevé una señal especial que inicia el retroceso y cuida que la línea siguiente empiece exactamente en el lugar correcto. Esta señal consta de un impulso de corriente de mayor intensidad proveniente del emisor. Los valores de intensidad se clasifican, del modo siguiente:

Valores de luminosidad (Brillo)	Señal eléctrica
Blanco	10 %
Gris medio	40 %
Negro	80%
Señal final	100 %

**Tabla 1.1** Relación entre el color y los niveles de señal eléctrica

Presentamos un ejemplo de cómo se produce la exploración de la imagen, además del gráfico de luminosidad para la línea 12 y la gráfica correspondiente de señal eléctrica.



**Figura 1.5** Gráfica de voltaje correspondiente a una línea de la imagen

En esta operación ya se anticipa un detalle propio de la Televisión a color: la luminosidad de un punto de la imagen puede designarse también por densidad de brillo o luminancia. Al desarrollo de la señal según la gráfica anterior se le designa como señal de luminancia. El término luminosidad o brillo se suele emplear más para expresar la impresión óptica de toda la imagen.

### 1.1.1.3. TRANSMISIÓN DE LA IMAGEN

El esquema de transmisión de imagen comprende las siguientes etapas:

- ✓ Exploración lineal de la imagen, que se emplea como sonda de exploración un fino haz electrónico en el tubo de cámara.
- ✓ Los valores de luminosidad de cada uno de los puntos de la imagen se transforman en señales eléctricas.

- ✓ Estas señales son transportadas en orden sucesivo al lugar de la reproducción.
- ✓ Las señales eléctricas vuelven a ser transformadas en valores de luminosidad. En un receptor de televisión este proceso se realiza en el tubo de imagen.
- ✓ Los mencionados valores de luminosidad actúan linealmente sobre la superficie de la imagen.
- ✓ Unas señales o impulsos adicionales de sincronismo al final de cada señal de línea contribuyen a que el haz inscriptor retroceda con rapidez al principio de la línea siguiente.

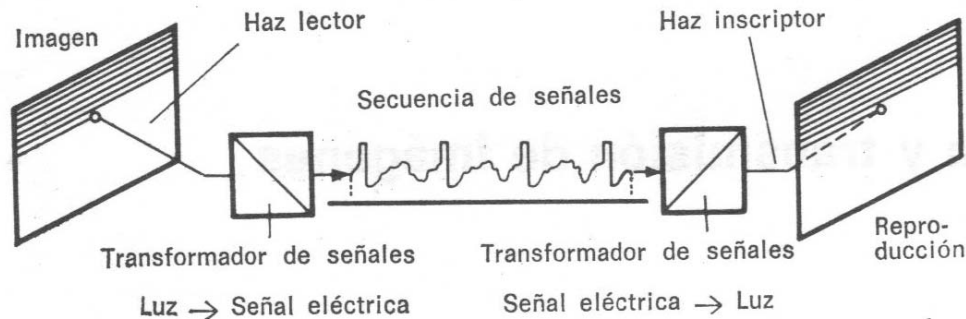


Figura 1.6 Transmisión de una imagen

#### 1.1.1.4. PRODUCCIÓN DE IMÁGENES MÓVILES EN CINEMATOGRAFÍA

En la reproducción de una película cinematográfica, la sensación de movimiento se produce por la rápida sucesión de imágenes individuales, en cual, la siguiente imagen representa una fase más del movimiento. Estas imágenes se proyectan en orden sucesivo sobre la pantalla. Cada una de las imágenes permanece inmóvil durante muy breve tiempo, siendo sustituida a intervalos por la imagen siguiente. Así, por ejemplo, si se reproduce un jugador golpeando la pelota, ésta se hallará en la primera imagen junto al pie del jugador, en la segunda imagen la pelota se encuentra en la posición 2, en la tercera imagen en la posición 3 y así sucesivamente.

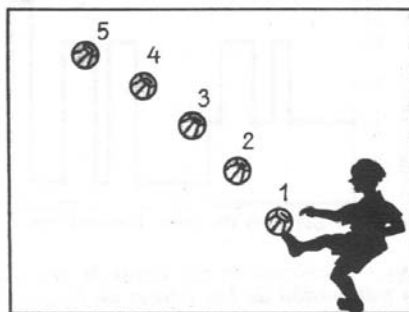
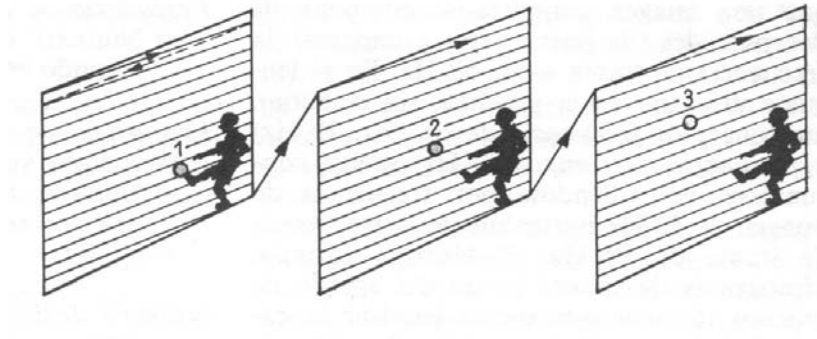


Figura 1.7 Representación de movimiento por sucesión de imágenes

Debido a la inercia del ojo, a una velocidad de 16 a 25 imágenes por segundo, las imágenes parciales se funden en un movimiento continuo. En cinematografía la velocidad normal es de 24 cuadros o imágenes por segundo, es decir, en un segundo pasan 24 imágenes, con un intervalo de oscurecimiento entre cada una de ellas.

#### 1.1.1.5. TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE IMÁGENES EN MOVIMIENTO

Todos los principios anteriores componen la transmisión de imágenes en movimiento, la siguiente figura ilustra imágenes individuales sucesivas en distintas condiciones de movimiento. Cada una de ellas vuelve a descomponerse en líneas y puntos, cuyos valores de luminosidad son a su vez transformados en oscilaciones de tensión y transmitidos en orden sucesivo.



**Figura 1.8** Transmisión de una sucesión de imágenes

Al final de cada línea se emite una señal sincronizada consistente en un impulso de corriente, emitiéndose varios de ellos en orden sucesivo una vez terminada la exploración de un cuadro o imagen completa. Dichos impulsos dan lugar a que comience una nueva imagen por el ángulo superior izquierdo. Estas imágenes parciales se funden luego en un movimiento progresivo, parecido al efecto que produce la película sobre el ojo.

Las escenas animadas se encuentran en continuo movimiento, por lo que los puntos de la imagen ya se desplazan durante la exploración. No obstante, esta circunstancia no altera en absoluto estas explicaciones, ya que la imagen individual siguiente ya contiene, en los lugares correspondientes, la próxima fase de movimiento.

#### 1.1.1.6. PROCEDIMIENTO DE EXPLORACIÓN ENTRELAZADA

Para obtener una imagen televisiva sin centelleos se transmiten solo 30 imágenes por segundo y se adopta una solución; en efecto, primeramente se transmiten en  $1/60$  de segundo sólo líneas impares y en la siguiente fracción de  $1/60$  de segundo, las líneas pares, de manera que en  $2/60 = 1/30$  de segundo se forma una imagen completa o cuadro. A este procedimiento, que consiste en saltar una línea, se le denomina

procedimiento de entrelazado de líneas o de interlíneas. La impresión recibida por el ojo es de 60 imágenes por segundo, quedando así eliminado el centelleo. El número de imágenes completas (cuadros) exploradas por segundo es lo que se conoce por frecuencia de cuadro; su valor en Televisión es de 30 Hz. El número de imágenes parciales (campos) exploradas en un segundo es la frecuencia de campo o frecuencia vertical, ya que al comenzar una nueva imagen parcial el punto inscriptor tiene que saltar hacia arriba (verticalmente). Una imagen se compone de dos parciales (de líneas pares e impares), la frecuencia de trama es de 60 Hz.

Cada trama de la imagen debe comenzar siempre a la misma altura, puesto que resultaría difícil proyectar un circuito para empezar en el punto superior de la imagen alternativamente una línea más arriba o más abajo. Por dicho motivo la primera imagen parcial (líneas impares) termina con una semilínea, comenzando la siguiente imagen de trama arriba, con la segunda mitad de una línea. Ambas tramas constan del mismo número de líneas más una semilínea, que dan como resultado una imagen completa de Televisión compuesta de un número impar de líneas.

#### 1.1.1.7. SEÑAL DE LÍNEA Y SEÑAL DE SINCRONISMO

La señal de línea consta del contenido de la imagen y de la señal de sincronismo al final de la línea. A una frecuencia de líneas de 15,625 Hz el tiempo disponible para esta última, será:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{15625} = 64 \times 10^{-6} = 64 \mu s$$

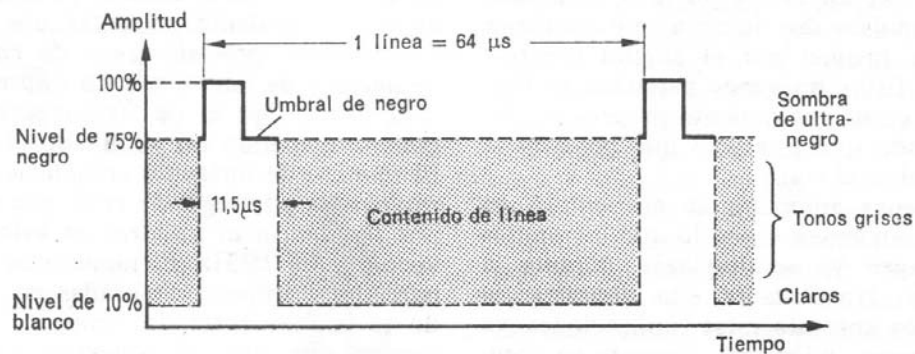
De este tiempo hay que considerar que 11.5  $\mu s$  son para las señales de exploración y de sincronismo, que se componen de un pequeño pedestal o umbral correspondiente a un impulso de sincronismo de unos 5  $\mu s$  de ancho y de otro umbral, también de unos 5  $\mu s$ .

El valor de los impulsos de sincronismo es de 75 a 100 % de la amplitud máxima de la señal de línea. El nivel de 75 % representa al mismo tiempo el nivel de negro correspondiente a las partes más oscuras de la imagen. Por consiguiente, las señales de sincronismo aparecen en la imagen con una mayor oscuridad que el negro; es decir, se encuentran comprendidas en el margen del infra o ultranegro, por lo que quedan fuera del campo de la imagen. El umbral posterior impide que el retroceso de la línea aparezca en forma de una línea blanca, resaltando así que el haz en retroceso es explorado en oscuridad.

El desarrollo de luminosidad de una línea se realiza entre dos impulsos de línea en forma de oscilaciones de amplitud. El impulso final de la línea representa en cierto modo un toque de timbal mediante el cual se avisa al receptor del comienzo de una nueva línea. Al contenido de la imagen se designa abreviadamente por B; al nivel de negro, por A y a la



señal de sincronismo, por S. Este es el motivo por el que a la señal compuesta o completa de imagen de Televisión monocromática se conoce como señal BAS.



**Figura 1.9** Señal de sincronismo de una línea

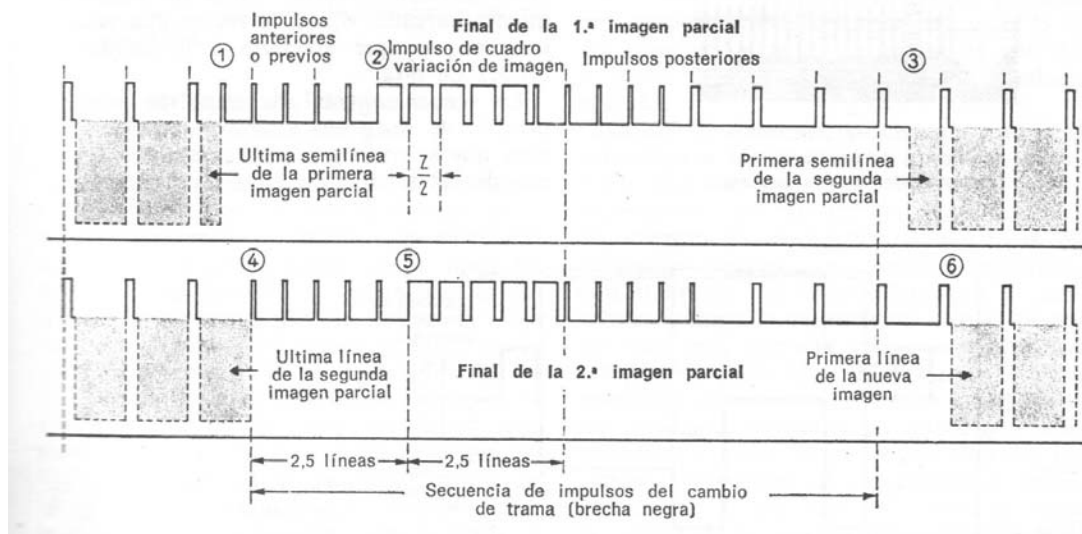
#### 1.1.1.8. IMPULSOS DE CUADRO (IMPULSOS DE TRAMA)

Los impulsos al final de una imagen parcial son más anchos que los impulsos de línea, emitiéndose varias señales en orden sucesivo. Por lo tanto, cuando el impulso de línea coincide con un toque de timbal, que pone al receptor sobre aviso anunciándole el principio de una nueva línea, los impulsos de trama corresponden a un redoble de timbal de varias longitudes de línea de duración, anunciando el comienzo de un nuevo elemento de imagen (o imagen parcial).

En la siguiente figura, la primera imagen parcial termina con una media línea, punto 1, le siguen luego cinco impulsos anteriores o previos (impulsos de igualación o compensación). En el punto 2, se inicia el primero de los cinco impulsos de cuadros anchos en la mitad de una línea. A continuación siguen cinco impulsos posteriores estrechos. En el punto 3, empieza la semilínea derecha superior del segundo elemento de imagen, entre los impulsos posteriores y el principio de la segunda imagen parcial, se insertan algunos impulsos de nivel negro. Durante este intervalo el haz inscriptor puede desplazarse hacia arriba sin dejar ninguna clase de impresión luminosa.

La segunda imagen parcial, en el punto 4, termina con una línea completa. El siguiente impulso ancho de cuadro debe iniciarse, por tanto, en el punto 5, en la mitad de la línea con el objeto de que en el punto 6 pueda comenzar la línea completa del nuevo cuadro. El desplazamiento de ambas series de impulso en anchura de una semilínea debe mantenerse con gran precisión en el emisor, con objeto de evitar que se produzca un tambaleo mutuo entre ambas imágenes parciales. Los impulsos de igualación contribuyen a que en el receptor se formen, para ambas tramas, señales de sincronismo perfectamente uniformes. Si ambos impulsos anchos de cuadro se iniciaran inmediatamente al final de la línea, en el receptor podrían producirse, en la separación de impulsos de línea y de imagen, señales de sincronismo desiguales, por lo que las líneas

de las imágenes parciales podrían sufrir un desplazamiento pareado, o sea, formarse una doble imagen, lo que afectaría a la calidad y nitidez de ésta.



**Figura 1.10** Señales de sincronismo para la primera y segunda imagen

La secuencia total de impulsos para el cambio de imágenes esta dispuesta de manera que se mantiene constante el ritmo de las señales de línea. Por cada línea de trazos verticales, que corresponden al impulso de línea, hay un flanco de impulso ascendente. De este modo el impulso de línea se mantiene incluso durante el cambio de imagen, por lo que al iniciar la nueva imagen el comienzo de la línea se realiza con toda exactitud.

### 1.1.1.9. RELACIÓN DE ASPECTO

La imagen de televisión tiene una altura de 525 líneas. El ancho de la imagen guarda una proporción de 4:3 con respecto a la altura (Relación de Aspecto). Los puntos de la imagen a retransmitir deben tener las mismas dimensiones en ambos sentidos.

En un ancho de línea habrá por tanto:

$$525 \times \frac{4}{3} = \frac{2100}{3} = 700$$

Es decir, 700 puntos de imagen.

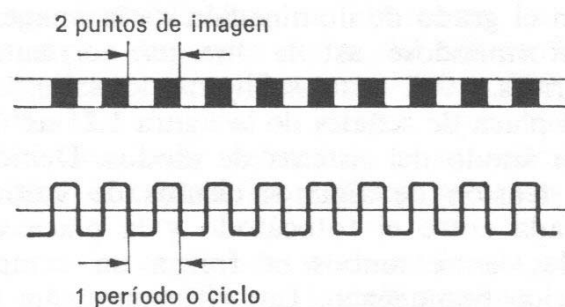
En total, una imagen con 525 líneas comprenderá 367,500 puntos de imagen.

O sea que durante un segundo se retransmiten 30 cuadros, resultará un total de 11.025 millones de puntos de imagen por segundo.



### 1.1.1.10. MÁXIMA FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN

Si esta frecuencia de 11.025 millones de puntos de imagen es, por casualidad, alternativamente blanca y negra, también variará de un modo alternativo la corriente de un valor máximo a uno mínimo, o sea, de dos puntos de imagen se formará un periodo de tensión alterna de la imagen y por tanto una frecuencia fundamental de  $11.025/2 = 5.5125$  MHz. En la práctica este caso extremo no se presenta con frecuencia. Cuando se presenta un caso de éstos con tan finos detalles de imagen, hay que contar por lo general con una cierta falta de nitidez. Por tal motivo, en la norma de televisión se limita una frecuencia máxima de transmisión de 6 MHz. Los amplificadores de Televisión deben poder ampliar uniformemente una banda de frecuencias de corriente continua de hasta 6 MHz y en esto reside precisamente la gran dificultad.



**Figura 1.11** Máxima frecuencia de transmisión

A la banda de frecuencias de 6 MHz, que contiene toda la información de imagen en forma de variaciones de amplitud y frecuencia, se le denomina banda de videofrecuencia; en forma abreviada, frecuencia de video o señal de video. A la parte del receptor de televisión en blanco y negro que amplifica esta mezcla de frecuencias, se le designa por amplificador de video. La señal de video es equivalente a la señal de densidad luminosa o luminancia expuesta anteriormente, puesto que transmite en orden sucesivo los valores de luminosidad de cada uno de los puntos de la imagen. En la técnica de Televisión a color, por motivos matemáticos, a la señal de video se le designa señal Y.

### 1.1.1.11. MODULACIÓN EN LA EMISORA

Las curvas de radiofrecuencia se componen de la suma de señales de imágenes reales y de los impulsos de línea, trama y de igualación. La radiofrecuencia de la emisora resulta modulada en amplitud con esta mezcla de señales BAS que suministra la cámara de Televisión. Para poder reproducir todos los detalles de la señal de video, hasta la máxima frecuencia de 6 MHz, hay que contar con un número de oscilaciones mucho mayor en el emisor con objeto de que incluso en las puntas más finas de la señal de video como, por ejemplo, en los pequeños picos, queden eliminadas varias oscilaciones de radiofrecuencia. Además, los circuitos oscilantes a frecuencias elevadas generan el suficiente ancho de banda para poder transmitir el espectro de frecuencia de 6 MHz. Por

esta razón en Televisión se han adoptado las bandas de frecuencias de emisión de 60 MHz, 200 MHz y 500 a 800 MHz.

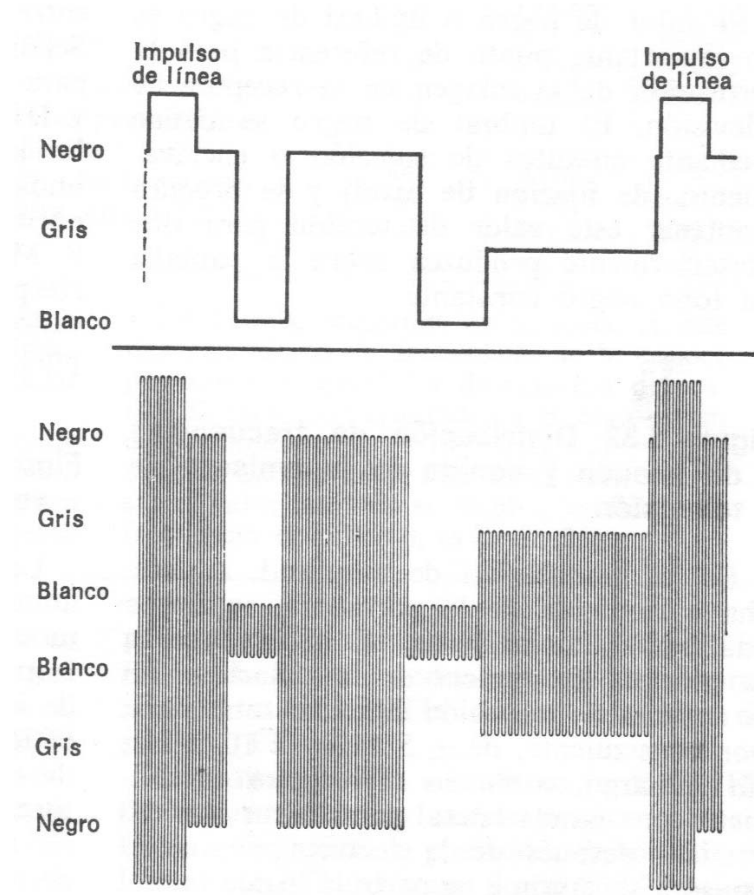
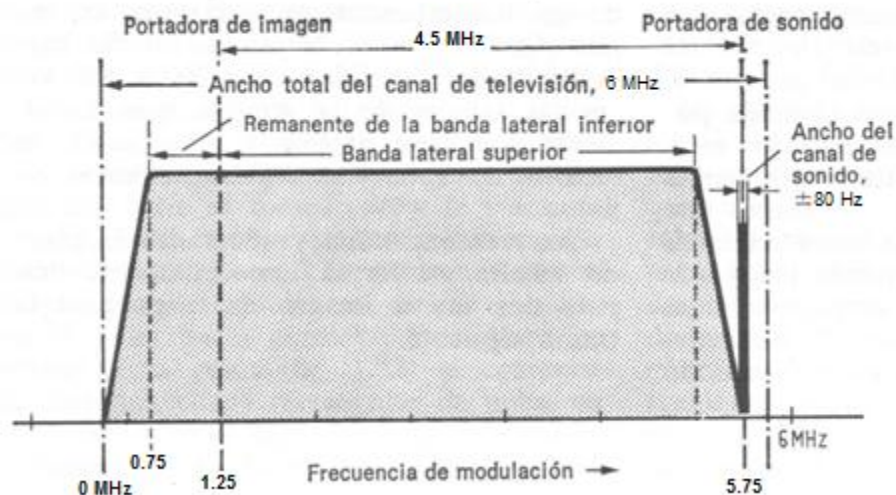


Figura 1.12 Señal de video modulada

**1.1.1.12. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE IMAGEN Y SONIDO EN LA EMISORA DE TELEVISIÓN**

La transmisión de Televisión involucra la transmisión de 2 señales, sonido y video. El sonido utiliza una modulación de Frecuencia y el video una modulación de Amplitud.

La siguiente figura muestra el espectro de frecuencias para un canal de radiotelevisión estándar (NTSC). El ancho de banda total es de 6 MHz. La portadora de la imagen esta espaciada a 1.25 MHz arriba del límite inferior del canal y la portadora de sonido esta a 0.25 MHz abajo el límite superior del canal; las portadoras de imagen y sonido tienen siempre 4.5 MHz de separación entre ellas. La subportadora de color esta ubicada a 3.58 MHz arriba de la portadora de imagen.



**Figura 1.13** Espectro en frecuencia de un canal de Televisión

La radiodifusión de Televisión comercial utiliza una transmisión de Banda Lateral Vestigial. Para la información de la imagen, la banda lateral inferior es de 0.75 MHz de ancho y la banda lateral superior es de 4 MHz, en consecuencia, las frecuencias bajas de video se enfatizan en relación a las frecuencias altas de video. La portadora de sonido de frecuencia modulada tiene un ancho de banda de  $\pm 80$  kHz aproximadamente y 25 kHz de desviación para una modulación al 5 %. Debido a las diversas clases de modulación, en el receptor se reducen las posibilidades de perturbaciones entre las frecuencias de sonido e imagen.

#### 1.1.1.13. DIAGRAMA A BLOQUES DE UNA EMISORA DE TELEVISIÓN EN BLANCO Y NEGRO

Para poder transmitir una señal de Televisión completa hay que combinar conjuntamente tres grupos distintos de señales:

1. Se amplifica el espectro de frecuencia de audio proveniente del micrófono, con lo que la emisora de audio queda así modulada en Frecuencia.
2. La cámara de Televisión suministra la señal de imagen B, que resulta controlada por los impulsos horizontales y verticales de deflexión.
3. El mismo generador de impulsos suministra los pulsos de borrado o de supresión del haz y sincronización, es decir, la señal AS.

Las señales de video y AS se suman en un codificador formando una señal BAS completa que se aplica al emisor de video de amplitud modulada. Las oscilaciones de radiofrecuencia de las emisoras de sonido e imagen se radian a través de la antena común. El diagrama de la señal BAS representa valores de tiempo. En cambio, en el espectro de modulación, en el eje horizontal se representan valores de frecuencia. En el receptor los procesos se desarrollan en sucesión inversa que en el emisor. En aquél, el

espectro de modulación debe primero amplificarse y de esta simplificación se derivan la banda de frecuencias de audio para el altavoz y las señales B, para el tubo de Televisión. La señal AS se descompone en impulsos H y V, que sincronizan las tensiones deflectoras para el haz electrónico del tubo de imagen.

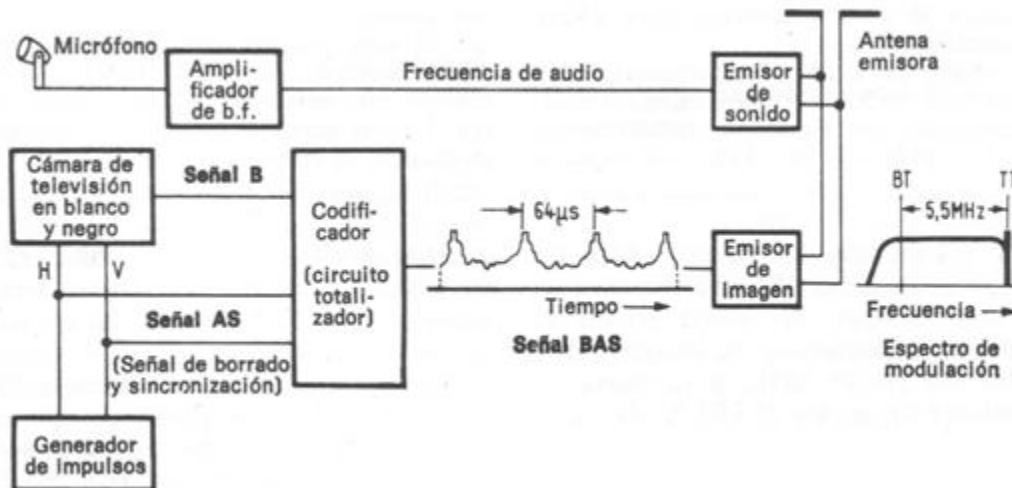


Figura 1.14 Formación de una señal de Televisión

### 1.1.2. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEVISIÓN A COLOR

La llegada de la Televisión a color se esperaba algunos años después del inicio de la Televisión en blanco y negro, y así se cumplía el sueño de todos los televidentes, además, se terminaba el reto para los investigadores de todo el mundo. En esos días, los televisores cromáticos llegaron de una manera sorprendentemente rápida, después de demostrar el buen funcionamiento de los receptores de prueba.

Con el origen de la Televisión a color fueron agregándose diversos términos técnicos y físicos hasta entonces desconocidos, tales como pasa banda de croma, ráfaga de color, tríada de puntos de fósforo, máscara de sombra, etcétera.

En la Televisión a color no se transmiten colores, sino señales, que en el receptor se transforman debidamente. Lo primero que hay que saber por anticipado es cuántas informaciones diferentes son necesarias para una transmisión de Televisión a color. Ante todo habrá que continuar radiando las señales mencionadas anteriormente en Televisión en blanco y negro. Dichas señales son las siguientes:

1. La modulación de imagen en blanco y negro, conocida por señal de video y que actualmente se designa por densidad lumínica o señal Y.
2. La modulación de sonido, es decir, conversaciones y música.
3. Las señales de sincronización para la frecuencia de campo (60 Hz) o frecuencia vertical.

4. Las señales de sincronización para la frecuencia de línea (15.625 kHz).
5. La propia onda de emisión, la frecuencia de portadora de la imagen.
6. La frecuencia de portadora de audio (igual a la portadora de video  $\pm 5.75$  MHz).

La frecuencia de imagen y de sonido se consideran por separado. En realidad son las verdaderas portadoras de la información. Además de las seis señales expuestas, en la Televisión a color hay que considerar otras tres más:

7. La señal de color (verde, azul, rojo).
8. La señal de saturación cromática (colores pálidos o intensos).
9. La frecuencia de portadora de color, sobre la que van impresas las señales 7 y 8. Esta frecuencia se halla también comprendida en la señal de sincronismo de color, "burst".

En la televisión a color no hay señales de crominancia, ni señales de saturación cromática separadas, sino que la portadora de color se modula con señales diferenciales de color que se designan por V y U, en las que ya se hayan comprendidas las dos informaciones de 7 y 8. A esta portadora de color, de modulación especial, se le designa por señal de crominancia F.

De la señal compuesta de la imagen o señal BAS del receptor blanco y negro se forma la señal compuesta de color o señal FBAS del receptor de Televisión a color.

#### **1.1.2.1. MEZCLA DE LUZ**

Efectos similares se consiguen con haces luminosos de otros colores, pudiendo incluso obtenerse el blanco por combinación de tres o más haces de color. De lo expuesto se desprenden dos importantes conclusiones:

- Una tonalidad de determinado color puede compensarse mediante una radiación luminosa de color apropiado.
- Con haces luminosas de color puede formarse, por mezcla, otros colores, incluso el blanco.

#### **1.1.2.2. DIFERENCIA ENTRE COLOR Y LUZ**

En primer lugar observamos que la luz siempre lleva asociado algún color, o una combinación de ellos; esto nos sugiere que el color ha de estar relacionado con alguna propiedad física de la luz. En ocasiones el color de la luz es difícil de definir a simple vista, pero hay formas de determinar aproximadamente qué proporción de cada color está contenida en cualquier tipo de luz. Otra observación es que dos factores contribuyen al color de los objetos: éstos mismos y la luz que los ilumina. Por ejemplo, una hoja de papel blanco es blanca cuando está iluminada por la luz del Sol, pero se ve roja cuando se la ilumina con luz roja.

La luz visible se compone de oscilaciones electromagnéticas con longitudes de onda de 780 hasta 390 nm.

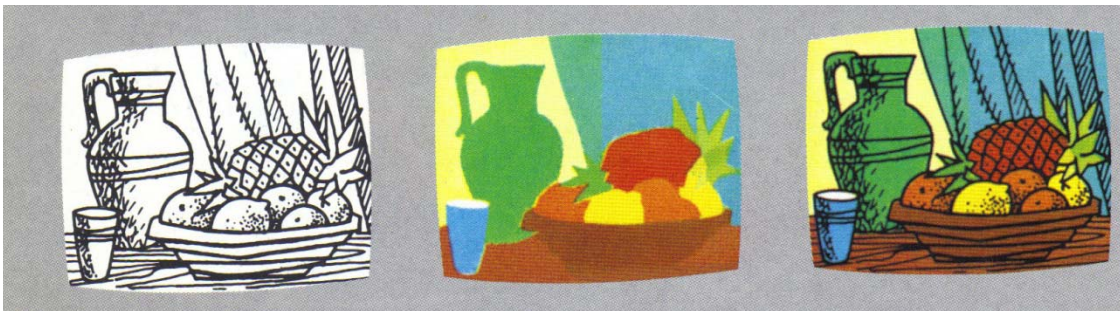
La luz brilla; para ello tiene que haber una fuente luminosa continua. También el tubo de imagen en color está formado en realidad por innumerables y diminutas fuentes de luz.

380...450 nm	Violeta
450...482 nm	Azul
497...540 nm	Verde
575...580 nm	Amarillo
585...595 nm	Naranja
600...780 nm	Rojo
nm = nanómetro = $10^{-9}$ m	

**Tabla 1.2** Tabla de longitudes de onda para algunos colores

### 1.1.2.3. SEÑALES DE LUMINANCIA (Y) Y CROMINANCIA

En la Televisión a color la formación de la imagen de color se asemeja a lo que sucede en los cuadernos para colorear de los niños. En estos cuadernos viene dibujada la imagen en blanco y negro. Si el niño pinta con lápices de color las superficies según se indica, resultará una imagen diferente.



**Figura 1.15** Principio del color en una imagen

De lo expuesto se deduce lo siguiente:

1. La imagen en blanco y negro (señal Y) debe contener todos los detalles mas finos de la misma; es decir, deberá tener una gran longitud de onda.
2. Las señales de color pueden ser más toscas, o sea, de longitud de onda más estrecha. A pesar de ello, de la combinación conjunta resulta una imagen correspondiente.

En la Televisión a color se utilizan tres señales cromáticas: azul (B), rojo (R) y verde (G). Mezclando éstos tres colores primarios se forman todos los demás; a la inversa, puede descomponerse luz de color en éstos tres colores fundamentales. Para la Televisión a color se tomaron los colores primarios siguientes:

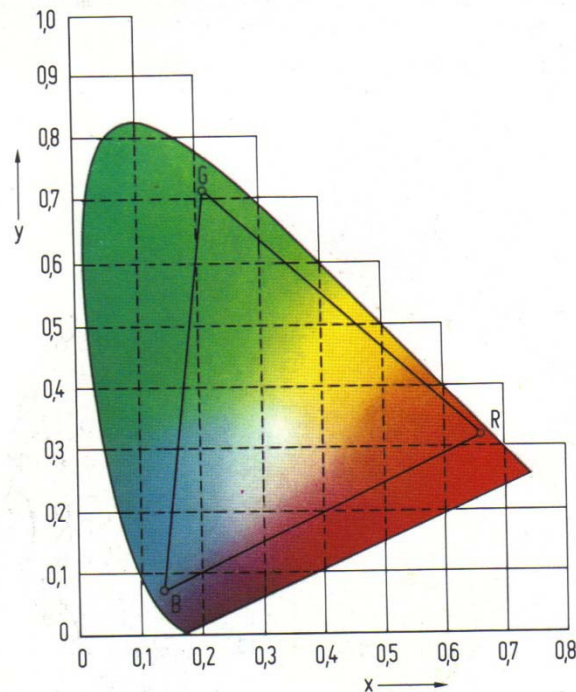


Color	Rojo	Verde	Azul
Longitud de onda (nm)	600	540	450

**Tabla 1.3** Longitudes de onda para los colores primarios

**1.1.2.4. CROMINANCIA**

Existe un sistema de coordenadas de color, que consiste en una especie de triángulos, cuyos ángulos se hallan ocupados por tres colores: azul, verde y rojo respectivamente. A lo largo de los lados del triángulo un color se funde paulatinamente en otro. Entre el verde y el rojo se observa una secuencia de colores lo mismo que sucede con el arcoíris, en el que el verde se funde en amarillo y naranja hasta el color rojo. Estos colores, así designados comúnmente, son perfectamente distinguibles por cualquier persona.

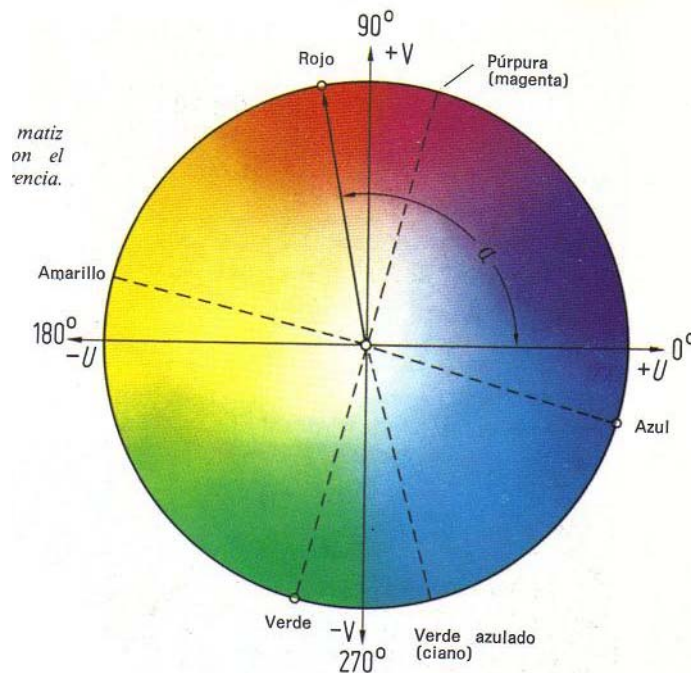


**Figura 1.16** Triángulo de colores para determinar el valor de crominancia

Hacia el centro del triángulo citado los colores van palideciendo. El punto blanco se encuentra en la intersección de las coordenadas  $x = 0.3$ ,  $y = 0.3$ . Se da por supuesto que los colores en R, G y B del triángulo policromo corresponden a las tres sustancias luminiscentes del tubo de imagen en color. Mezclando los haces de color de estas tres fuentes luminosas, pueden formarse todos los matices indicados en la figura.

La red triangular de coordenadas de color se transforma en la Televisión a color en un círculo. Imaginemos que el triángulo R – G – B esté formado por una cuerda de color dispuesta entre tres clavos. Si se retiran estos clavos y se forma con la cuerda un círculo, podrán indicarse los matices por un ángulo  $\alpha$ . Al ángulo  $\alpha = 100^\circ$  le correspondería el

color rojo y al  $\alpha = 240^\circ$ , un matiz verde. Los pares de colores que en el círculo se encuentran en oposición o enfrentados, como el amarillo y el azul o el rojo y el verde azulado, se llaman complementarios.



**Figura 1.17** Círculo cromático

En el círculo de la figura, se hacen pasar los ejes de coordenadas por el centro, representándolos por  $U$  y  $V$  con objeto de no confundirlos con los de las coordenadas  $x$ ,  $y$  de la figura anterior.

#### 1.1.2.5. SEÑAL DE RÁFAGA (BURST)

Al aparecer la Televisión a color fue necesario proceder a la transmisión continua de una nueva señal desde el emisor al receptor, la llamada frecuencia de portadora de color, de unos 4.43 MHz. Para ello es suficiente transferir solo unos pocos periodos o ciclos de dicha frecuencia dentro de una señal de línea. Incluso para estos impulsos se halló un lugar: al umbral posterior de la señal de sincronismo se le agregó de diez a doce periodos de la mencionada frecuencia de 4.43 MHz. La siguiente imagen muestra una representación muy ampliada de los impulsos de exploración en negro.

Al tren de oscilaciones adicional de corta duración se le llama en Estados Unidos "burst" (ráfaga). En realidad las oscilaciones se manifiestan en forma de ráfagas en el umbral negro.



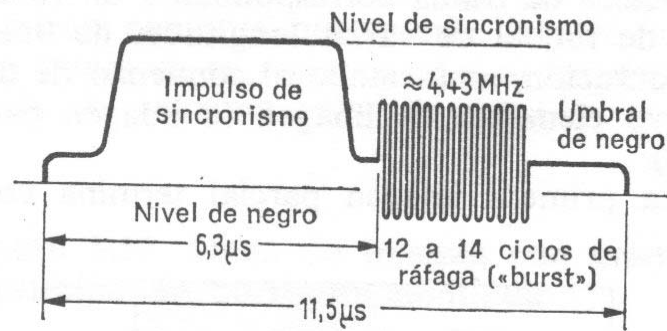


Figura 1.18 Señales de ráfaga y sincronismo

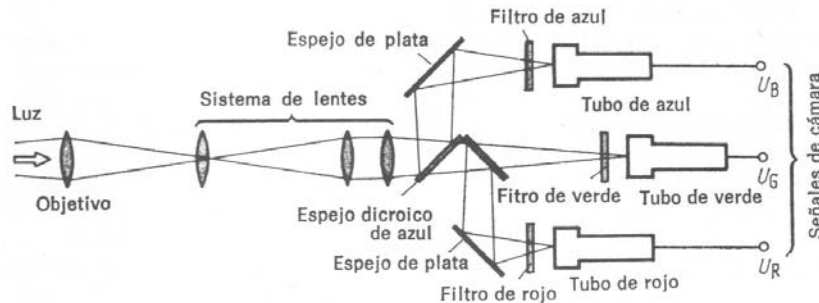
### 1.1.2.6. LA CÁMARA DE TELEVISIÓN Y SUS SEÑALES

Cada receptor en blanco y negro debería poder recibir emisiones en color aunque, lógicamente, en reproducción monocromática y, a la inversa, cada receptor de Televisión a color tendría que ser apropiado para recibir emisiones en blanco y negro. Además, en Televisión a color la información cromática adicional debía emitirse en el mismo canal de frecuencia o bien en el mismo espectro de modulación.

Así, por ejemplo, en la Televisión a color la información en blanco y negro no se obtiene directamente en un tubo de cámara, sino por un sistema más laborioso a través de tres señales. Aunque una de estas tres señales de color no se utiliza, las otras dos se conforman y conjuntamente se modulan a una frecuencia de portadora única, este espectro de modulación se inserta en el espectro de blanco y negro. En el receptor hay que realizar también complicadas transformaciones para volver a separar las señales de blanco y negro de las de color, con objeto de completar la información de color que falta. Para poder explicar como se obtiene de una escena en color las señales eléctricas para la transmisión en color, en primer lugar hay que generar señales parciales de los tres colores primarios rojo, verde y azul. Para ello son necesarios tres tubos de cámara que se daltonizan artificialmente. Cada uno de ellos suministra una sucesión de impulsos de línea, igual que en el tubo de cámara de blanco y negro, aunque dichas señales sirven solo para un color fundamental. Hay también cámaras con cuatro tubos, de los que uno de ellos genera directamente la señal Y.

La luz que proviene de la escena captada incide sobre varios espejos deflectores, pasando primero por dos espejos descomponedores de luz (dicróicos), como cierta clase de gafas de sol, que reflejan determinadas imágenes a color, dejando pasar el espectro restante. El primer espejo refleja la porción de luz azul sobre un espejo de plata opaco y desde éste es proyectada sobre un tubo de cámara a través de un filtro de azul, generándose así una señal  $U_B$ . El segundo espejo dicróico refleja la porción roja de la luz sobre otro tubo de cámara, mediante un espejo de plata y a través de un filtro de rojo, formándose de este modo la tensión de señal  $U_R$ . La proporción verde de la luz pasa a través de los dos

espejos, incidiendo sobre el tercer tubo de cámara después de pasar por un filtro de verde. De esta manera a la salida se obtienen las tres tensiones de señal independientes  $U_B$ ,  $U_G$  y  $U_R$ . Una superficie de blanco radiante suministra, a través de los filtros citados, colores fundamentales saturados en un 100 % y tensiones máximas de salida.



**Figura 1.19** Trayectoria de los haces de color en una cámara de Televisión a color

### 1.1.2.7. GENERACIÓN DE LA SEÑAL DE LUMINANCIA

De estas tres señales cromáticas se genera primeramente en un matriz la señal de luminancia  $Y$ , que corresponde a la actual señal de video en la televisión monocromática, es decir, a los valores de luminosidad o bien los valores de gris de cada uno de los puntos de la imagen. A este proceso se le puede imaginar como si de una fotografía de color se confeccionara una en blanco y negro, en la que los colores se hallaran transformados en los tonos grises correspondientes.

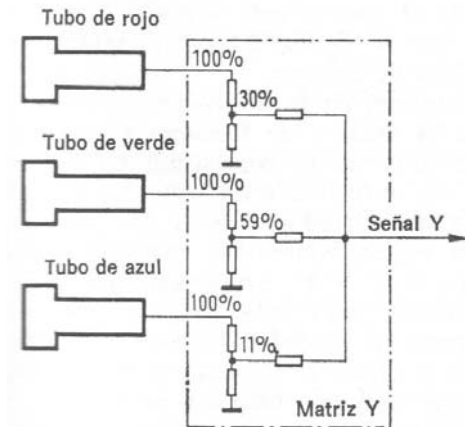
En la transformación que se realiza en el tubo de cámara se toma en cuenta la sensibilidad del ojo humano a los colores. La luz verde se percibe con mayor brillo que la azul y la roja. Por esto se conectan las tensiones de salida de los tres tubos de cámara a divisores de tensión, derivándolas a 30 % (rojo), 59 % (verde) y 11 % (azul). Las tensiones se suman a través de resistencias de desacoplo. De esta manera la señal  $Y$  para una superficie blanca será:

$$Y = 0.30 U_R + 0.59 U_G + 0.11 U_B$$

Esta fórmula que simplificada para mayor facilidad de representación, se convierte en:

$$Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$$

Cuando en lugar de una superficie blanca brillante se reproduce una imagen que sólo contenga en sus distintas partes determinados colores, la suma de las tensiones cromáticas es menor.



**Figura 1.20** Circuito para la generación de la señal de luminancia

### 1.1.3. ESTÁNDARES DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA

Hace varios años no importaba mucho si había varios centenares de idiomas en el mundo ni una docena aproximadamente de sistemas de Televisión incompatibles entre sí. La distancia era un gran aislante, pero los tiempos cambian.

Hoy los satélites unen a los países a través de la Televisión, además del Internet que ofrece video, sonido y textos a cualquier persona, en cualquier lugar con una computadora. Repentinamente, los estándares incompatibles y los idiomas incomprensibles son relevantes, porque ahora resulta que crean barreras en la comunicación y la comprensión.

Aunque el total ha disminuido, todavía hay en el mundo varios sistemas incompatibles de Televisión (métodos técnicos para la transmisión de imagen y sonido). Esto significa que un programa producido en un país no puede ser automáticamente visto en otro sin ser previamente convertido al estándar local.

Ha habido unos 14 estándares de transmisión en diferentes momentos. Hoy, excluyendo HDTV/DTV (Televisión de Alta Definición/TV Digital) existen fundamentalmente tres sistemas distintos (con variaciones significativas entre los países).

Las diferencias entre estos tres sistemas de transmisión internacional se centran fundamentalmente en 3 áreas:

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

Con el origen de las primeras transmisiones de Televisión comercial, fue necesario que se desarrollaran diferentes reglas de operación para que los diferentes fabricantes de aparatos transmisores y receptores de Televisión se sujetaran a sus características de funcionamiento y así puedan operar de manera correcta y sin problemas entre ellos.

Los tres sistemas de transmisión de Televisión más importantes son: NTSC que empezó sus operaciones en Estados Unidos, el otro es conocido como PAL originario de Alemania y que opera en Europa y el último es SECAM utilizado en Francia y algunos países que pertenecían a la antigua Unión Soviética. Hablemos de cada uno de estos sistemas y sus diferentes características de operación para conocerlos mejor.

### **1.1.3.1. SISTEMA NTSC**

En el año de 1941, se fundó el Comité Nacional de Sistemas de Televisión que desarrollo el primer estándar de Televisión llamado NTSC (National Television Systems Committee). Las empresas Americanas del ramo, presentan las principales características de operación en la transmisión de Televisión en blanco y negro. Al desarrollarse la tecnología de transmisión de Televisión a color, se tuvo que modificar este estándar en el año de 1953, para que los fabricantes conocieran las restricciones que debían tener los equipos para su funcionamiento. Finalmente, en 1984 este estándar fue nuevamente modificado para agregar la tecnología del sonido estéreo y de esta forma, tenga una compatibilidad con la Televisión analógica.

NTSC es un sistema que ofrece actualmente 482 líneas de resolución vertical, con una variedad de 16 millones de colores diferentes, en este sistema se transmiten 525 líneas, de las cuales algunas se utilizan para la sincronización vertical y subtítulos cerrados, además funciona con una velocidad de aproximadamente 30 cuadros por segundo (exactamente 29.97 cuadros), que es equivalente a decir 60 campos por segundo. La relación de aspecto que se utiliza en este sistema es 4:3.

El sistema NTSC es utilizado primordialmente en los Estados Unidos, Canadá, Cuba, Groenlandia, México, Panamá, Puerto Rico, Japón, Filipinas y parte de América del Sur.

Para garantizar la compatibilidad con el sistema NTSC en blanco y negro, el sistema NTSC de color mantiene la señal monocromática de blanco y negro como componente de luminancia de la imagen de color, mientras que para la señal de color se han creado dos componentes de crominancia los cuales se modulan con una modulación de amplitud en cuadratura sobre una subportadora de 3.5795 MHz.

Un canal de televisión transmitido en el estándar NTSC, requiere la utilización de 6 MHz de ancho de banda (BW) para contener la señal de video, más una banda de resguardo de 250 kHz entre la señal de video y la de audio. Los 6 MHz de ancho de banda se distribuyen de la siguiente forma: 1.25 MHz para la portadora de video principal con dos bandas laterales de 4.2 MHz, las componentes de color a 3.5795 MHz sobre la portadora de video principal, la portadora de audio principal de 4.5 MHz transmitida sobre la señal

de video principal y los últimos 250 kHz de cada canal para la señal de audio estereofónica en frecuencia modulada.

Los problemas de transmisión e interferencia tienden a degradar la calidad de la imagen en el sistema NTSC, alterando la fase de la señal de color, por lo que en algunas ocasiones el cuadro pierde su equilibrio del color en el momento de ser recibido, esto hace necesario incluir un control de tinte, que no es necesario en los sistemas PAL o SECAM. Otra de sus desventajas es su limitada resolución de solo 525 líneas verticales, la más baja entre todos los sistemas de televisión, lo que da lugar a una imagen de menor calidad en comparación con otros sistemas que utilizan el mismo ancho de banda. Además, la conversión de los formatos cinematográficos a NTSC requiere un proceso adicional conocido como “pulldown de 3:2”.

### **1.1.3.2. SISTEMA PAL**

Como ya mencionamos el sistema NTSC adolecía de un pequeño defecto (el matiz de color podía ser falseado por condiciones de transmisión desfavorables). Por esto, en el año 1963, en Alemania, el profesor Bruch, de Telefunken, desarrolló el procedimiento PAL (Línea Alternada en Fase) que compensa este inconveniente de un modo automático pero que, sin embargo, introducía otra complicación a causa de las múltiples transformaciones de señales. No obstante, la técnica general ha madurado y se halla totalmente superada, por lo que en la actualidad la adopción de este sistema es ya universal y es utilizado en la mayor parte del mundo.

PAL, se utiliza en la mayor parte de Europa Occidental exceptuando Francia, además en la mayoría de los países africanos, asiáticos, también en Australia y algunos países Latinoamericanos.

El sistema PAL se deriva del estándar NTSC, como ya mencionamos, incorporando algunas mejoras técnicas, no obstante, los conceptos fundamentales de la transmisión de señales han sido adoptados del sistema NTSC. El nombre PAL, hace referencia al modo en que la información de crominancia de la señal de video es transmitida, siendo invertida en fase en cada línea, permitiendo la corrección automática de los posibles errores en fase al cancelarse entre si. Estos errores son producidos por el retardo de las señales en su llegada o procesado, durante la transmisión por radiofrecuencia.

Aprovechando que habitualmente el contenido de color de una línea y la siguiente es similar, en el receptor se compensan automáticamente los errores de tono de color tomando para la muestra en pantalla el valor medio de una línea y la siguiente, dado que el posible error de fase existente entre ambas será contrario. De esta forma, en lugar de apreciarse dicho error como un corrimiento del tono (como ocurre en NTSC), se aprecia un ligero defecto de saturación de color, que es mucho menos perceptible a la percepción del ojo humano.

Las líneas en las que la fase está invertida con respecto a como se transmitirían en NTSC se llaman a menudo líneas PAL y las que coincidirían se les denomina líneas NTSC. En el único aspecto en el que el NTSC es superior al PAL es en evitar la sensación de parpadeo que se puede apreciar en la zona de visión periférica cuando se mira la Televisión en una pantalla grande (más de 21 pulgadas), porque la velocidad de refresco es superior (30 Hz en NTSC frente a 25 Hz en PAL). Las 100 líneas extra en los sistemas PAL y SECAM (625 líneas) permiten mayor detalle y claridad en la imagen de vídeo. Esto, en los sistemas más recientes se consigue evitar utilizando una frecuencia de 100 Hz (cada imagen se almacena y se vuelve a reproducir).

De las 625 líneas con las que cuenta el sistema PAL, solo se tiene una resolución vertical efectiva de 576 líneas, que se combinan con 768 columnas (720 columnas efectivas). Este sistema funciona con una relación de aspecto de 4:3. Así como 25 cuadros por segundo (40 milisegundos) están 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 (escaneando) algunos fotogramas de la película a intervalos cíclicos.

Para el uso de este sistema se utiliza un ancho de banda total de 5 MHz, en la cuál la frecuencia portadora de crominancia se encuentra a 4.4336 MHz, modulada en amplitud y fase. La frecuencia de la señal P (PAL) esta a 7.8 kHz (un medio de la frecuencia de líneas).

Este sistema posee algunas variantes como: PAL-B, G, H, I y N. Algunos países del Este de Europa que abandonaron el sistema SECAM ahora emplean PAL D o K, adaptaciones para mantener algunos aspectos técnicos de SECAM en PAL. En Brasil, se emplea una versión de PAL de 525 líneas y 29,97 cuadros por segundo, PAL M, muy próximo a NTSC en la frecuencia de subportadora de color (3,575611 MHz). En Argentina, Paraguay y Uruguay, se usa PAL con el sistema estándar de 625 líneas, aunque con la frecuencia subportadora de color (3,582056 MHz) muy cercana a la del NTSC. Estas variantes se llaman PAL-N y PAL-CN.

### **1.1.3.3. SISTEMA SECAM**

Actualmente, mas de la mitad de los países del mundo se adhieren a uno de los dos sistemas de 625 líneas, y 25 cuadros: SECAM (Séquentiel Couleur Avec Mémoire) o PAL (Phase Alternating Line). SECAM se utiliza básicamente en Francia para la codificación de Televisión en color analógica y significa "Color Secuencial con Memoria". Este sistema es la primera norma de Televisión europea diseñada.

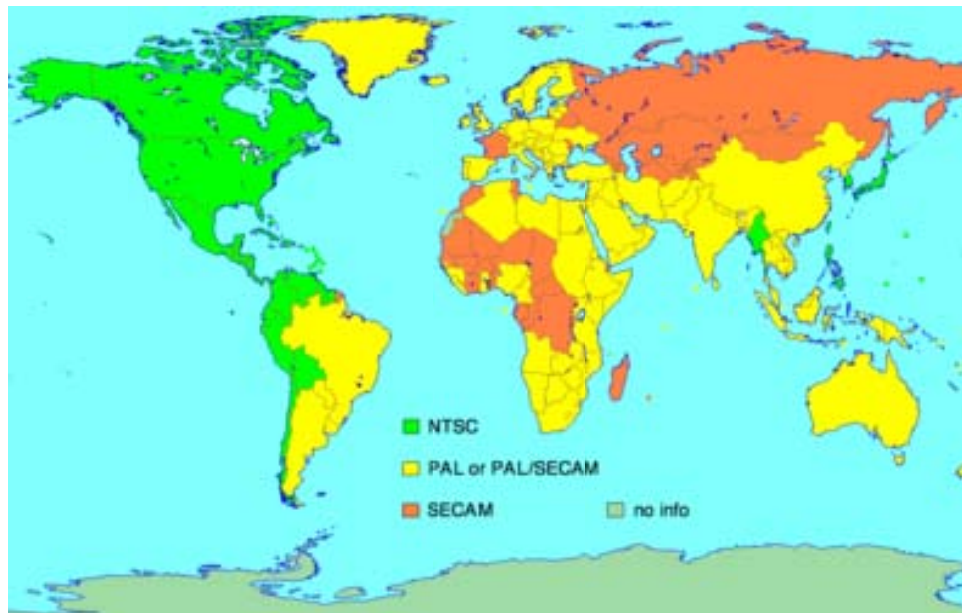
Igual que los demás sistemas utilizados para la transmisión de Televisión en color en el mundo el SECAM es una norma compatible, lo que significa que los televisores monocromos (B/N) preexistentes a su introducción son aptos para visualizar



correctamente los programas codificados en SECAM, aunque naturalmente en blanco y negro.

Para generar la señal de vídeo en banda base en el sistema SECAM, las señales de crominancia (R-Y o diferencia al rojo, y B-Y o diferencia al azul) son moduladas en FM con una subportadora de 4.43 MHz. Posteriormente son sumadas a la señal de Luminancia (Y) y la señal resultante es invertida en el dominio del tiempo. Para transmitir la señal de vídeo SECAM en un canal radioeléctrico de Televisión, la señal en banda base se modula en modulación de banda lateral vestigial con una portadora centrada en el canal radioeléctrico deseado.

Se envía la Y con una señal de color a la vez. Como solo enviamos una señal de color, no utilizaremos la modulación QAM sino la FM. Con esta modulación no tendremos errores de fase, porque en cada línea solo hay una señal de color.



**Figura 1.21** Distribución mundial de los diferentes estándares

#### 1.1.3.4. COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES

La existencia de distintos sistemas de Televisión implica que el intercambio de programación no puede hacerse de manera directa y eso lo hace más complicado. Una película grabada en los Estados Unidos, por ejemplo, no puede verse directamente en Inglaterra, sin pasar por un proceso de conversión de estándares.

Esto solía ser un problema, pero con la tecnología digital actual es un proceso simple y limpio asumiendo que se tenga acceso a los equipos adecuados. Además hoy existen televisores y videograbadores multiestándar que permiten cambiar con un interruptor entre uno y otro sistema.

Los siguientes cuadros muestran una comparación entre las características que presentan cada uno de estos sistemas de transmisión de Televisión:

<b>NTSC</b> National Television System Committee	
Número de líneas/Campos por segundo	525/60
Frecuencia Horizontal	15.734 kHz
Frecuencia Vertical	60 Hz
Frecuencia de la subportadora de color	3.579545 MHz
Ancho de banda de la Señal de Video	4.2 MHz
Portadora de Sonido	4.5 MHz

<b>PAL</b> Phase Alternating Line			
SYSTEM	PAL	PAL N	PAL M
Número de líneas/Campos por segundo	625/50	625/50	525/60
Frecuencia Horizontal	15.625 kHz	15.625 kHz	15.750 kHz
Frecuencia Vertical	50 Hz	50 Hz	60 Hz
Frecuencia de la subportadora de color	4.4336 MHz	3.5820 MHz	3.5756 MHz
Ancho de banda de la Señal de Video	5.0 MHz	4.2 MHz	4.2 MHz
Portadora de Sonido	5.5 MHz	4.5 MHz	4.5 MHz

<b>SECAM</b> Sequential Couleur Avec Memoire or Sequential Color with Memory		
SYSTEM	SECAM B,G,H	SECAM D,K,K1,L
Número de líneas/Campos por segundo	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15.625 kHz	15.625 kHz
Frecuencia Vertical	50 Hz	50 Hz
Frecuencia de la subportadora de color	5.0 MHz	6.0 MHz
Ancho de banda de la Señal de Video	5.5 MHz	6.5 MHz



## 1.2. DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA A LA TELEVISIÓN DIGITAL

Tomando en cuenta un punto de vista ingenieril, video es la tecnología que se encarga de la captura electrónica, almacenamiento, transmisión y reproducción de imágenes fijas y en movimiento. Obviamente, esta definición abarca mucho más que solo el concepto de Televisión. También toma en cuenta conceptos tecnológicos utilizados para mostrar imágenes en las computadoras, que actualmente están presentes en la mayoría de nuestras oficinas, casas y escuelas.

Por muchos años, las dos áreas (Televisión y computadora) han utilizado el video, pero fueron separadas por el hecho de que la Televisión era analógica y las computadoras son digitales. Ese tiempo ha pasado, las tecnologías digitales son utilizadas dondequiera, por la eficiencia en sus costos. Sin embargo, por los continuos avances y la reducción de costos de la tecnología de video digital, la tendencia apunta a reemplazar muchas de las funciones de video analógicas, por técnicas digitales, de hecho, esta acercándose el día en el cuál el equipo de Televisión sea completamente digital.

El video requiere un sistema que incluya los elementos de creación, almacenamiento, transmisión y reproducción. La siguiente figura muestra los nombres más comunes de cada una de las partes de un sistema de video utilizado en el caso de las computadoras y la Televisión analógica.

	Creación		Almacenamiento y Transmisión	Reproducción	
	Dispositivo de Videograbación	Codificación de la Señal		Decodificación	Visualización
Televisión Analógica	Cámara de Video	NTSP, PAL, SECAM	Videograbadora, Transmisión, Cable, Satélite	Receptor de Televisión	
Televisión Digital	Cámara de Video	HDTV, 8-VSB, MPEG-2	Videograbadora, Transmisión, Cable, Satélite	Receptor de Televisión en Alta Definición	
Computadora	Webcam	Compresión Digital	Red de datos, Almacenamiento, CD-ROM	Descompresor Digital	Monitor

**Figura 1.22** Elementos de un sistema de video

Los sistemas de video pueden presentarse de varias formas: completamente analógicos, parcialmente digitales o casi digitales. Se dice que son casi completamente digitales porque los dispositivos como las cámaras y las pantallas siguen siendo analógicos. Incluso en las computadoras, las escenas reales son formadas por imágenes que producen una señal analógica y son visualizadas en una pantalla que funciona de forma analógica. En todos los sistemas, excepto en los sistemas completamente analógicos, se incluyen sistemas de conversión de señales digitales a analógicas y viceversa. Estos procesos son comúnmente conocidos como conversión analógico-digital (A/D) y conversiones digital-analógico (D/A). En nuestros días, cada una de estas conversiones se logra por medio de un solo circuito integrado.

Los ingredientes básicos de la conversión analógico-digital son el muestreo y la cuantización, que serán explicadas más adelante. Sin embargo, existen muchas consideraciones como la tasa de muestreo, el filtrado, los formatos digitales, entre otros, que pueden afectar el desempeño de la conversión.

### **1.2.1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DIGITAL**

La palabra **DIGITAL** significa “comprendido por dígitos o números”. Video digital es entonces, el video representado por una serie de números, por lo que vamos a explicar el proceso de cómo las imágenes pueden contener variaciones de brillo, color y saturación, y puedan ser representadas por una secuencia de números, además explicar porque este proceso es muy valioso.

El primer proceso es la cuantización, donde se elimina de forma efectiva los posibles errores en la transmisión, esta disminución es menor que el recíproco de cada una de las bases utilizadas. Esto significa que el menor valor de la base, es el más robusto sistema de transmisión. Entonces, el sistema base 2 (o Binario) es el más tolerante a la transmisión de errores. Sin embargo, como la base es disminuida, esto hace que se tomen más dígitos para reproducir los valores usados y trae como consecuencia procesos y transmisiones más complejas.

Al inicio de la televisión y la computación, existían diferentes opciones respecto al intercambio entre la robustez y complejidad basada en las diferentes necesidades. En televisión, las redundancias inherentes en el proceso de escaneo y las características de visión humana, proveían una considerable tolerancia para errores, entonces la simplicidad de escoger un sistema analógico fue fácil. Sin embargo, en las computadoras, los requerimientos para la completa eliminación de errores son muchos mayores, lo que resulta en un sistema mucho más complejo.

Hoy en día, con el origen de los circuitos integrados en estado sólido, la complejidad de los circuitos binarios ha sido puesta dentro de “Chips” y muchos diseñadores de sistemas piensan que ahora es más fácil construir un sistema de Hardware digital que uno analógico. Los problemas de complejidad de los sistemas binarios han sido tomados por los diseñadores de Circuitos Integrados (CI), por lo que trabajan en un nivel mucho mayor y no se preocupan por los detalles de los procesos binarios fundamentales. En sistemas de video, la opción de escoger entre un sistema binario y uno analógico se contesta con solo saber si los CI están disponibles para el buen funcionamiento y para las velocidades apropiadas que requiere el video. Por consiguiente, esto simplifica las cosas, pero la conclusión es que todos los sistemas de video estarán utilizando tecnologías binarias en un corto periodo de tiempo.

El desarrollo de las técnicas de la computación y la industria de los CI han sido dirigidas primordialmente, hacia la utilización de los sistemas binarios y un pequeño Hardware disponible. Por esta razón el mundo digital ha sido un sinónimo de Binario.

Un dígito binario, es llamado "BIT" y puede tener solo dos valores "0" ó "1", que pueden formar más de dos niveles para una buena utilización en sistemas de video digital, entonces múltiples bits por pixel forman el valor que debe ser utilizado. Un valor típico es de 8 bits por pixel, esto resulta 256 niveles diferentes para cada uno de los pixeles. El grupo de 8 bits, es llamado "byte".

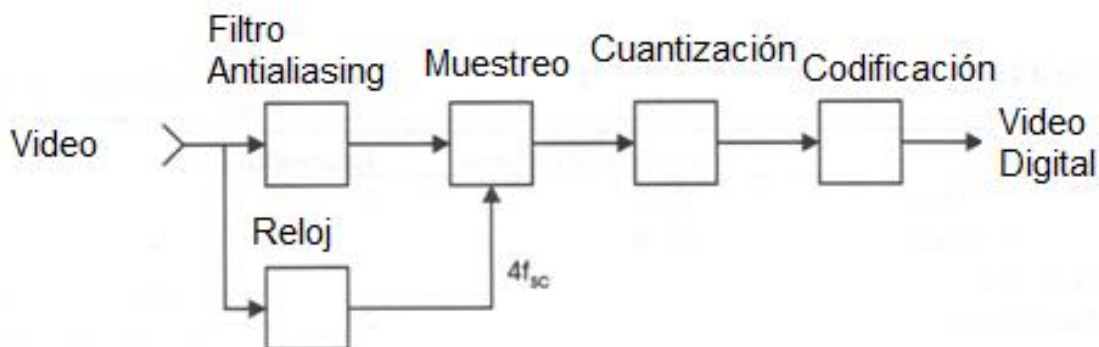
Un sistema digital de audio requiere usualmente más de 8 bits por muestra, regularmente son 2 bytes por muestra, con lo que tenemos 65536 ( $2^{16}$ ).

### 1.2.1.1. CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL

La conversión de un sistema analógico a uno digital (ADC) puede ser requerida en varios puntos de los sistemas de Televisión, dependiendo del porcentaje digital del sistema y que partes son digitales. Un sistema podría utilizar la tecnología digital solo para grabar, en este caso, ADC y DAC pueden estar dentro de los grabadores de video, obviamente, si el video es generado por una computadora, no es necesario un ADC.

Ya explicamos como se muestrean las señales de video por medio del proceso de escaneo. Sin embargo, el resultado de la señal de video es todavía una serie de valores analógicos. Para convertir los valores a una cadena de datos completamente digitales, estos valores deben ser muestreados y cuantizados. Pero esto no es todo, porque existen varias formas para convertir valores muestreados y cuantizados dentro de grupos de bits, uno de estos procesos es la codificación. Por lo tanto, debemos explicar claramente los conceptos de muestreo, cuantización y codificación para comprender el proceso completo de la conversión analógica digital o digitalización.

En la siguiente figura vemos un diagrama que describe claramente un ADC. El primer elemento es un filtro anti-aliasing, este es un filtro paso bajas con una frecuencia de corte menor al límite del criterio de Nyquist, es decir, debajo de la mitad de la frecuencia de muestreo, esto elimina las señales de la frecuencia de video que pueden causar aliasing. La función de anti-aliasing dentro de un DAC es seguida por las funciones de muestreo, cuantización, procesamiento y codificación.



**Figura 1.23** Convertidor Analógico-Digital

La velocidad de muestreo horizontal o su recíproco, el intervalo de muestreo, es una especificación fundamental. Por lo tanto, necesitamos conocer algunas condiciones:

- Es necesario conocer y evitar exceder el límite del criterio de Nyquist para evitar la degradación de la resolución horizontal y minimizar el aliasing. Esto requiere que sea al menos dos veces mayor que la componente de frecuencia de la señal analógica o una velocidad de 8.5 MHz ( $2 \times 4.25$  MHz) para sistemas NTSC y 10 MHz para sistemas PAL. Estas son las velocidades mínimas y por consiguiente los estándares utilizan velocidades mayores que el mínimo permitido para evitar por completo en aliasing.

Sistema	Velocidad de Transmisión Mbps	Ancho de Banda MHz
NTSC ( $4f_{sc}$ , 8 bpp)	114.5	58
PAL ( $4f_{sc}$ , 8 bpp)	141.9	72
Componente		
Luminancia	108	54
Diferencia de Color	54	27

**Tabla 1.4** Tazas de transmisión y ancho de banda para Televisión Digital

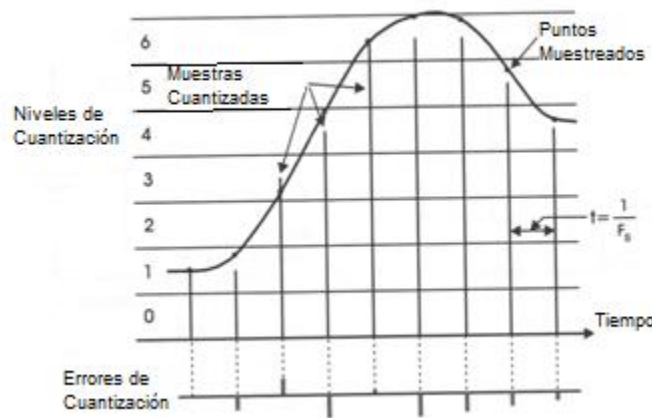
- Debe ser un múltiplo entero de la velocidad de línea. Con esta relación, los puntos de muestreo en líneas adyacentes son seguidos unos de otros.
- Para señales compuestas digitalizadas que contienen una subportadora, la velocidad de muestreo puede ser un múltiplo entero de la frecuencia subportadora. Aunque este no es un requerimiento absoluto, sin embargo, el procesamiento y la codificación son simplificados cuando la velocidad de muestreo cumple este criterio.
- Para las componentes de la señal, deben ser iguales, 525 líneas, en sistemas de 30 cuadros por segundo y 625 líneas en sistemas de 25 cuadros por segundo.

La velocidad de muestreo y la fase deben estar sincronizadas con la línea y la frecuencia subportadora para mantener una localización precisa. Para señales compuestas el elemento de sincronización puede ser la ráfaga subportadora. Este elemento en el sistema genera la frecuencia de muestreo y es llamado reloj de muestreo.

El siguiente paso en el proceso de conversión Analógico-Digital es la cuantización del resultado del proceso de muestreo. La amplitud de la señal es dividida en intervalos discretos y cada nivel está establecido dentro de un intervalo. Estos niveles son asignados a cada una de las muestras que tiene un valor analógico que cae dentro del intervalo. La diferencia que existe entre el valor de los niveles de cuantización y el valor de las señales analógicas en los puntos de muestreo es el error de cuantización.

La mayoría de los sistemas de video están basados en palabras de 8 bits, con  $2^8$  ó 256 valores discretos. No todos los niveles pueden ser utilizados para el rango de video porque se necesitan utilizar algunos valores para las señales de control de datos.

La señal de luminancia utiliza los niveles 16 a 235. Hay que mencionar, que cerca de los rangos de las palabras 00000000 ó 11111111 son utilizadas para sincronización.



**Figura 1.24** Cuantización

Si la velocidad de muestreo este relacionada armónicamente con la componente de frecuencia de la señal, el resultado del error de cuantización es una deformación en la forma de onda. En el evento más improbable donde la relación entre ellos es aleatoria, el resultado del error de cuantización es ruido. La relación del error de cuantización entre la señal pico a pico y la señal rms está dada en dB por la siguiente ecuación:

$$\frac{S}{Q_e} = 10.8 + 6.02n + 10\log\left(\frac{F_s}{F_v}\right)$$

- Donde:
- S Señal pico a pico
  - $Q_e$  Error de cuantización rms
  - n Número de niveles de cuantización en potencias de 2
  - $F_s$  Velocidad de muestreo
  - $F_v$  Ancho de banda del video

El paso final en la conversión analógica-digital, es la codificación de los niveles de cada una de las muestras. Cuando los dígitos binarios son representados por valores múltiplos de 2, la codificación es llamada puramente binaria. El rango de codificación puramente binaria de 8 bits va de 0 a 255 (256 niveles). Esto representa satisfactoriamente las señales de video, pero no es conveniente para representar formas de onda bipolares como audio o señales de diferencia de color. En estos casos, el cero analógico está colocado en el centro de la cuantización (nivel 128). Esto es conocido como codificación binaria con "offset", aunque no es satisfactoria porque los valores de offset tienden a interferir cuando la señal es procesada.

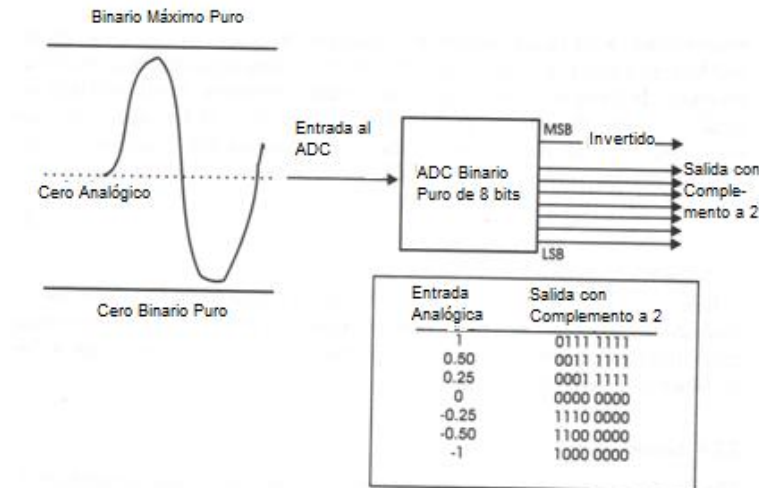


Figura 1.25 Codificación

### 1.2.1.2. CONVERSIÓN DIGITAL-ANALÓGICA

Las señales de video digital deben ser convertidas al final a un formato analógico para ser mostradas en pantalla. El principio básico de un convertidor digital-analógico (DAC) es mostrado en la siguiente figura.

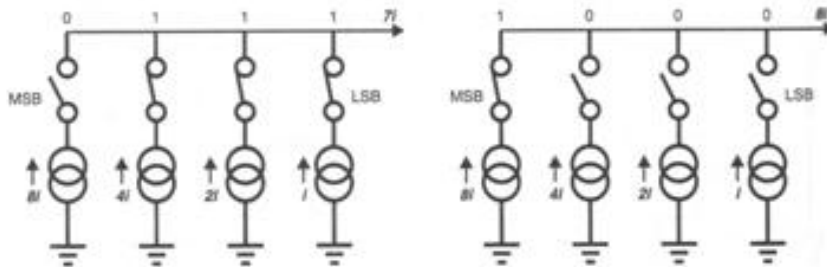


Figura 1.26 Convertidor Digital-Analógico

Un circuito es cronometrado en cada una de las palabras digitales, desde el bit menos significativo (LSB) al bit más significativo (MSB), lo que controla un flujo de corriente que es proporcional al valor de cada palabra. La suma de estas corrientes es proporcional al nivel de cuantización de la señal analógica. La señal analógica es recuperada a través de un filtro paso bajas que elimina la frecuencia de las componentes de muestreo.

Un problema obvio con este sistema es la necesidad de controlar la corriente del MSB con un alto grado de exactitud. Con una codificación de 8 bits, el error en el MSB debe ser mucho menor que una de las 256 partes, para que no exista algún efecto en el LSB. Un sistema alternativo de conversión es el flujo de corriente dentro de un integrador por un intervalo de tiempo que es determinado por la posición del bit dentro de la palabra.

La salida de estos sistemas de conversión resulta en la reconstrucción del tren de pulsos que fue creado en el proceso de muestreo dentro del ADC. Por lo que es necesario pasar la señal a través de un filtro paso bajas con frecuencia de corte igual a la mitad de la velocidad del pulso, para recobrar la señal analógica original.

## **1.2.2. FORMATOS DE TELEVISIÓN DIGITAL**

### **1.2.2.1. TDT**

La Televisión Digital Terrestre es una nueva tecnología que permite mejorar la calidad del servicio al público, impulsar la convergencia tecnológica, favorecer la generación de economías de escala y la futura optimización del uso del espectro.

La TDT afecta a todos los elementos implicados en el proceso televisivo. Obliga a digitalizar todo el proceso, lo que implica una renovación de los equipos de producción y de difusión (a cargo de los proveedores del servicio) y de los equipos de recepción (a cargo de los usuarios). La TDT puede aprovechar la red de difusión de la televisión analógica, cambiando los emisores y adaptando las antenas analógicas.

En la actualidad las emisiones de TDT tienen lugar en la misma banda UHF que la televisión analógica y para sintonizar esta nueva señal no tiene por qué ser necesario modificar la instalación de antena colectiva del edificio (o la propia de la vivienda) si se instaló o revisó después de 1995, pero sí es necesario instalar un decodificador compatible con el estándar DVB-T para cada aparato receptor de televisión analógica o comprar un televisor que cumpla dicho estándar. Para poder recibir la señal de TDT debe haber emisión de la misma en la zona donde quiere recibirse.

Por lo tanto, siguen sirviendo las mismas antenas y las mismas redes de distribución de señal que actualmente se usan para la señal analógica, pues ambas son señales en la banda UHF. Sin embargo los amplificadores instalados suelen ser monocanal (sólo amplifican la señal de un único canal UHF) y además están pensados para señales de tipo analógico. Por lo tanto se hace necesario añadir un nuevo amplificador de canal por cada canal usado para transmisión de televisión digital.

### **1.2.2.2. CATV**

La televisión por cable (CATV) surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radio, de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que estos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas. Las siglas anteriores son formadas por Community Antenna Television.

Aunque existen diversas topologías de red a continuación se describe, de forma esquematizada, una topología que incluye los elementos principales de una red de CATV. Los elementos principales de la red son:



## **1. Cabecera**

Es el centro de la red encargado de agrupar y tratar los diversos contenidos que se van a transmitir por la red. Se aplica la conmutación señales de vídeo a diversas fuentes de datos. Ya que tenemos receptores de programas vía satélite, otros de televisión terrestre o señales de vídeo procedentes de un centro de producción local. Después de pasar por la matriz de conmutación, las señales de vídeo son moduladas con el fin de que cada una de ellas este en un canal distinto, para poder agruparlas en un mezclador de señales para formar la señal compuesta que se enviará a la Cabecera Terminal de Red situada en la Cabecera.

## **2. Cabecera Terminal de Red**

La Cabecera Terminal de Red es la que recibe la señal eléctrica generada en la Cabecera, para después transformarla en una señal óptica para su envío por fibra óptica a los diversos centros de distribución repartidos por la población. Los elementos que componen la cabecera terminal y los demás elementos encargados de la distribución y reparto son una parte muy importante.

## **3. Centro de Distribución**

En el Centro de Distribución, llega la señal óptica para después convertirse nuevamente en una señal eléctrica que se divide para aplicarla a los distribuidores. En cada distribuidor tenemos un amplificador para elevar el nivel de la señal, atenuada por la división. A continuación se convierte nuevamente en una señal óptica y mediante fibra óptica se envía hasta los edificios. Estas fibras ópticas terminan en las Terminales de Red Óptica.

## **4. Terminales de Red Óptica**

La Terminal de Red Óptica es la última parte de la red. Esta instalada en las zonas comunes de los edificios, como cocheras. Se encargan de recibir las señales de la fibra óptica que contienen las señales ópticas que van a ser convertidas nuevamente en eléctricas y aplicadas a un distribuidor y por medio de cables coaxiales, puedan llevar la señal de televisión a los domicilios de los usuarios del servicio.

Los canales analógicos de televisión ocupan 7 MHz y otros ocupan 8 MHz, en el caso de las Redes de Cable se suelen distribuir de 20 a 100 canales, por lo que los operadores de CATV deben tener redes gran capacidad. Para una red de cable de unos 870 MHz de ancho de banda, se utilizaría la banda de 86 a 862 MHz para el enlace descendente y de 5 a 55 MHz para el enlace de retorno. Entre 86 y 606 MHz se multiplexarían los canales analógicos y entre 606 y 862 MHz los digitales. En el canal de retorno de las redes de cable, que se encuentra en la banda de 5 a 45 MHz, se pueden transportar señales desde el usuario a la cabecera para poder comunicar a los hogares y el mundo de Internet.

Los servicios que puede ofrecer una red CATV se dividen en tres tipos:

- Servicios interactivos: PPV (Pay Per View o Video bajo demanda), teletexto interactivo, telecompra, videojuegos interactivos.

- Servicios de telefonía: telefonía básica, RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Transmisión de datos a alta velocidad ofrece multitud de posibilidades, como la integración de LAN's (Redes de Área Local), INTERNET de banda ancha, información multimedia de carácter local (distribución de CD-ROMs).

### 1.2.2.3. DVB-T

Estas siglas se refieren al sistema de Transmisión Digital Terrestre de Televisión Europeo. Este estándar de televisión utiliza OFDM (Modulación Digital de Frecuencia Ortogonal) para transmitir las señales comprimidas de audio y video. La codificación utilizada es MPEG-2 y recientemente también utiliza H.264. Este estándar es utilizado principalmente en Europa y Australia.

Una descripción técnica resumida de este sistema de transmisión de Televisión, es la siguiente:

- **Codificador MPEG-2 y Multiplexor.** En este bloque se comprimen las señales de audio y video, para después ser multiplexadas. Aquí se originan las señales que van a ser transmitidas y posteriormente recibidas en los Set Top Boxes (STB). La tasa de transmisión depende de los diferentes parámetros utilizados para la codificación y modulación, por lo que puede ir de 5 a 32 Mbps.
- **Splitter.** Permite la recepción de dos MPEG-2 TS diferentes en un mismo intervalo de tiempo, utilizando la tecnología llamada Transmisión Jerárquica. Esta técnica puede ser utilizada para transmitir dos señales (una de SDTV y otra HDTV) sobre la misma portadora.
- **Multiplexor adaptado y dispersor de energía.** El estándar MPEG-2 funciona como una secuencia de paquetes de datos, con un tamaño aproximado de 188 bytes, por lo que con la técnica del dispersor de energía se pueden obtener el orden de la secuencia de los paquetes de datos.
- **Codificador externo.** Se utiliza para la corrección de errores de los datos recibidos, permitiendo la corrección de 8 bytes incorrectos de cada paquete de 188 bytes (utilizando una codificación Reed-Solomon RS (204,188)).
- **El "interleaver" externo.** Se utiliza para reestructurar la sucesión de los paquetes de datos transmitida, de tal manera que las sucesiones largas de errores son mínimas.
- **El decodificador interno.** Es un segundo nivel de corrección de errores, que utiliza una codificación convolucional que se aparece a menudo en los menús del Set Top Box como FEC. Existen cinco proporciones de codificación válidas: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, y 7/8.

- **El "interleaver" interno.** Es la sucesión de los datos que se reestructuran de nuevo, mientras se reduce la influencia de los errores de transmisión.
- **Mapeo.** Se le llama a la secuencia de datos digitales que se forma por la modulación con símbolos complejos. Hay tres esquemas de la modulación válidos: QPSK, 16-QAM, 64-QAM.
- **Adaptación de cuadros.** Son los símbolos complejos que se agrupan en bloques de longitud constante (1512, 3024, o 6048 símbolos por el bloque). Un cuadro se genera por 68 bloques de longitud y un supercuadro se construye por 4 cuadros.
- **Señales Piloto y TPS.** Utilizadas para simplificar la recepción de señalización transmitida en la radio terrestre, se insertan las señalizaciones adicionales en cada bloque. Se usan las señales piloto durante la sincronización; mientras la señal TPS (Señalización de Parámetros de Transmisión) envía los parámetros de señalización para identificar las células de transmisión sin errores.
- **La modulación OFDM.** Es la sucesión de bloques modulada según la técnica de OFDM, usando 2048, 4096, o 8192 portadoras (modos 2k, 4k, 8k, respectivamente).
- **Intervalo de guarda.** Para disminuir la complejidad del receptor, como cada bloque de OFDM está extendido. La anchura de tal intervalo de guarda puede ser 1/32, 1/16, 1/8, o 1/4, eso depende de la longitud del bloque original.
- **DAC.** Las señales digitales se transforman en señales analógicas, con un Convertidor Digital-Analógico y entonces se modula la señal para ser transmitida por radio a una frecuencia (VHF, UHF) por el frente-extremo de RF. El ancho de banda ocupado se diseña para colocar cada señal DVB-T en 5, 6, 7, o 8 MHz.

#### 1.2.2.4. DVB-S

Hoy en día la difusión de Televisión vía Satélite está totalmente implantada tanto en su variante analógica como digital, comunitaria o individual. El tipo de señal difundida, analógica o digital, no presentan grandes diferencias en el concepto genérico de difusión de señal de televisión vía satélite, ya que el tipo de señal difundida no define la estructura básica del sistema de transmisión. Las diferencias entre ambas residen en cierto equipamiento de recepción, en el tipo de modulación, en el ancho de banda de los canales, el tipo de receptor, etcétera. El sistema europeo DVB (Digital Video Broadcasting) regula la transmisión de televisión digital. Nos centraremos en la parte referente a la TV digital vía satélite, DVB-S.

Una de las principales ventajas de la televisión vía satélite frente a otros sistemas es la cobertura total desde el instante en que se instala el servicio, para el área de influencia del satélite. En otros sistemas de distribución se necesita más tiempo e inversión para alcanzar grandes zonas de cobertura (aunque nunca lograrán una cobertura como el

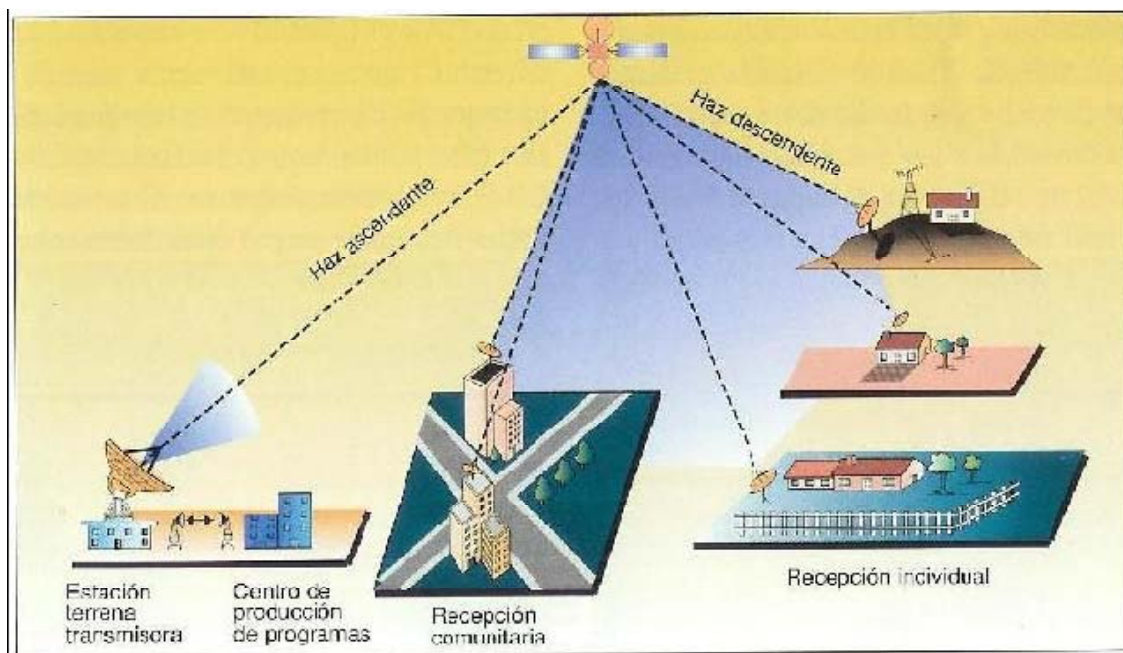
satélite). Otras ventajas a destacar de la distribución de señal vía satélite son las siguientes:

- Desaparece el factor a distancia.
- Gran área de cobertura.
- Gran oferta de canales.
- Flexibilidad (un mismo satélite puede trabajar con varias normas).
- Bajo coste de explotación.
- Gran fiabilidad del sistema.

La implantación de la TV Digital, facilita la incorporación de sistemas de encriptado de la señal que obliga el uso de equipos de decodificación de señal, normalmente de pago. Básicamente, un sistema de transmisión digital vía satélite se compone de tres elementos fundamentales:

- La estación terrena emisora.
- El satélite.
- La estación terrena receptora.

En la siguiente figura se muestra un esquema del mecanismo de distribución de señales de TV Satélite:



**Figura 1.27** Distribución de señales por satélite

La codificación de fuente de audio y vídeo se hace siguiendo el estándar MPEG-2. En ambos casos se elimina la redundancia de dichas señales para obtener unas tasas binarias razonables para la transmisión, ya que sin esta compresión se ocuparía unos anchos de banda inabordables.

La siguiente figura muestra los diagramas de bloques utilizados para transmisión y recepción:

- Transmisión:

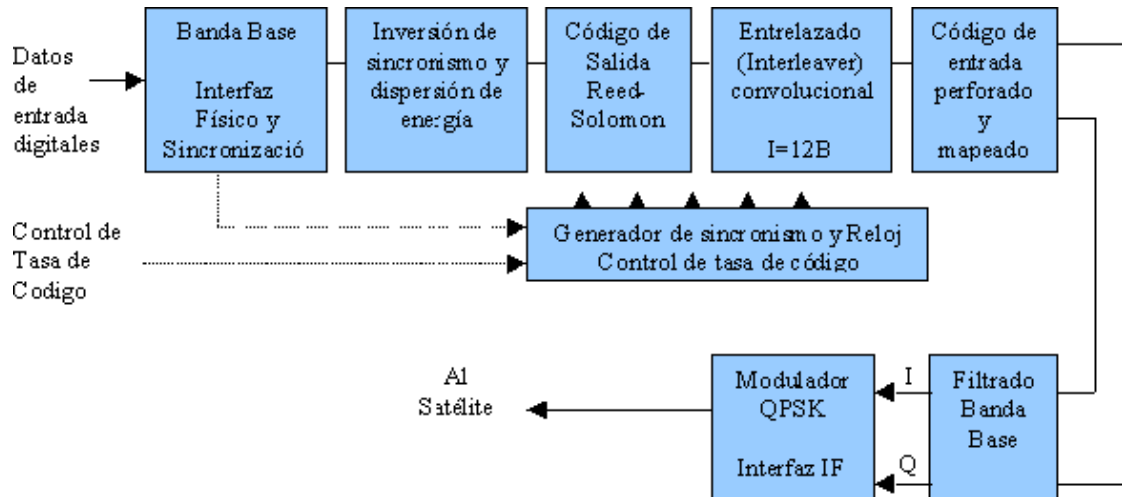


Figura 1.28 Diagrama a bloques de un transmisor de Televisión por satélite

- Recepción:

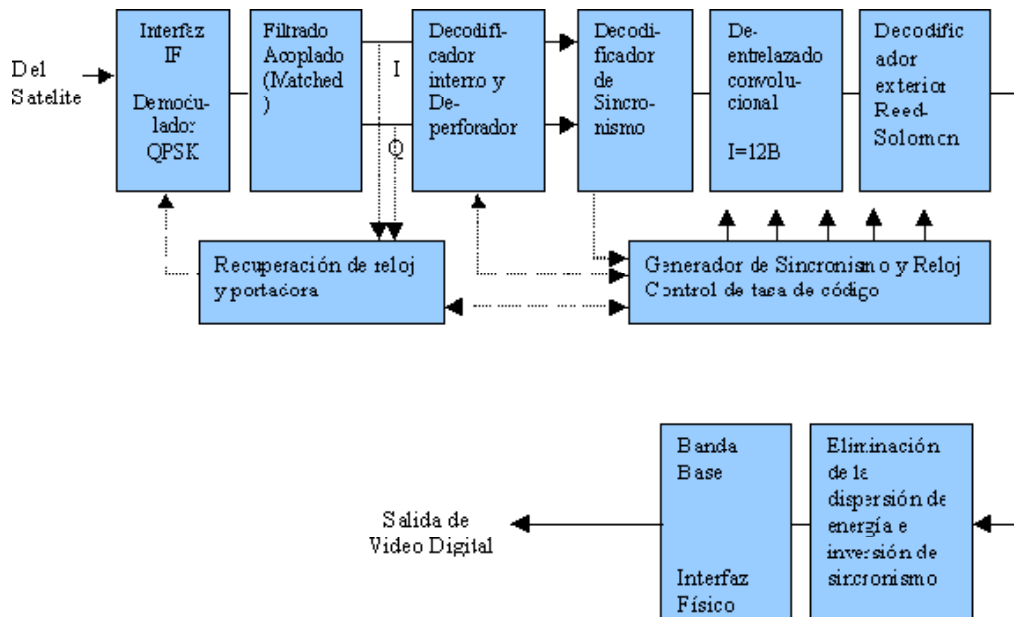


Figura 1.29 Diagrama a bloques de un receptor de Televisión por satélite

Los primeros satélites de comunicaciones que se utilizaron en Estados Unidos para transmitir señales de Televisión emplearon la banda C, pero hoy día el enlace

descendente de los satélites con cobertura Europea utilizan la banda Ku (10.900-12.750 MHz).

La difusión de señal de TV puede realizarse mediante satélites de servicio fijo (FSS) que están diseñados para difundir señal telefónica de servicio fijo y otras señales de comunicaciones, o mediante satélites pensados para difundir directamente señal de TV o radio a los usuarios (DBS, Direct Broadcast Satellite).

#### **1.2.2.5. DVB-H**

El estándar de Transmisión de Video Digital Portátil, es un estándar abierto desarrollado por la DVB. La tecnología DVB-H constituye una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles que combina la compresión de video y el sistema de transmisión de DVB-T, estándar utilizado por la TDT (Televisión Digital Terrestre). DVB-H hace compatible la recepción de la Televisión terrestre en receptores portátiles que utiliza baterías. Es decir, DVB-H es una adaptación del estándar DVB-T adaptado a las terminales móviles.

Debido a algunas especificaciones técnicas de los dispositivos para los que se ha creado el estándar, DVB-H ha debido someterse a algunos cambios con respecto a su estándar predecesor DVB-T.

Algunos de los cambios más destacables se enumeran a continuación:

- Bajo consumo

El primer problema al que se debía hacer frente era la necesidad de reducir el consumo de esta nueva tecnología dado que está enfocada a terminales portátiles. Dicha solución recibe el nombre de time-slicing. A partir de las esperas introducidas por este mecanismo se ahorra hasta un 90% de batería respecto al funcionamiento proporcionado por DVB-T. Además, el mecanismo de time-slicing es especialmente útil para realizar el Handover.

- Mejora la recepción

El segundo problema al que se debía hacer frente tiene lugar en recepción, ya que las terminales portátiles al que se dirige este estándar poseen reducidas dimensiones de las antenas. El nuevo estándar propone la solución llamada MPE-FEC (Multi Protocol Encapsulation/Forward Error Correction), que es un sistema robusto que proporciona una sólida protección ante errores.

- Modo 4k

El modo 4k, que proporciona un total de 4096 portadoras, por lo que se presenta una relación entre la calidad de recepción en movimiento y el tamaño de la red. Por tanto, dicho estándar introduce un modo adicional a los ya prestados por DVB-T.

Dado que DVB-H está basado en DVB-T es compatible introducir servicios DVB-H en la banda de frecuencia donde se encuentra DVB-T, por tanto, DVB-H al igual que su predecesor utilizan canales aproximadamente de 5 MHz de ancho de banda. DVB-SH es

una evolución de DVB-H, cuyo estándar definitivo se ha aprobado en el mes de febrero de 2007, que utiliza la Banda-S en lugar de UHF. DVB-SH posibilita el uso de cobertura por satélite, además de terrestre.

DVB-H, así como su evolución DVB-SH, ofrece una gran oportunidad para el desarrollo de la Tecnología de la Información puesto que nos encontramos frente la convergencia de dos servicios que tienen una penetración casi universal en el mercado: por un lado la Televisión y por otro la comunicación móvil, no necesitando ninguno de ellos aprendizaje adicional alguno en su uso por parte del usuario.

#### **1.2.2.6. TELEVISIÓN POR INTERNET**

La Televisión por Internet es la Televisión distribuida vía Internet, también conocida como Internet TV. Las primeras formas de Televisión por Internet son por el "Video Streaming", que es el vídeo seleccionable desde algún lugar de Internet, normalmente un sitio web o desde un portal. Se ha hecho cada vez más común encontrar el contenido tradicional de Televisión libre y legal en Internet. Además, han aparecido contenidos de Televisión solamente disponibles en Internet y que no es distribuido vía cable, satélite, o sistemas terrestres.

La Televisión por Internet utiliza las conexiones de Internet para transmitir vídeo desde una fuente origen (Host) hasta un dispositivo (el usuario), estas son algunas de las formas para hacerlo:

- Ver televisión abierta, por medio de una conexión directa desde una computadora, un Set Top Box o dispositivo portátil (como un teléfono celular).
- Ver un canal en directo o permitiendo al espectador seleccionar un programa para ver en el momento "Video on Demand" (VoD).
- Ver algo de manera económica, desde vídeos caseros a caras producciones profesionales.
- Publicidad interactiva.

Esta forma de ver Televisión tiene una gran variedad de contenido, en algunos casos con protección para no permitir copiarlos y otros que pueden ser grabados. Las suscripciones de Internet TV pueden ser de pago, gratis y sustentado por propagandas.

Las limitaciones de este medio son las del ancho de banda que consume el "Video-Streaming", que da como resultado una pobre calidad de imagen. La Televisión por Internet se ha vuelto más interesante y algunas compañías han hecho ofrecimientos para transmitir Televisión a través de Internet, pero es necesario mantener un control sobre la cantidad de veces que el medio es usado.

Este tipo de servicio es creado y sustentado por grandes empresas que brindan servicios de telecomunicaciones y se esta viendo como un gran competidor de los proveedores de Televisión por cable y proveedores de red. La Internet TV es el sucesor de la Televisión



de paga, Televisión por cable y Televisión por satélite, ya que esta ofreciendo servicios de Televisión de alta calidad, Vídeo bajo demanda y grabación de vídeo digital.

Actualmente por Televisión por Internet se entiende que son aquellos servicios ofrecidos a través de Internet pero en los que el proveedor no tiene el control de la transmisión final. Otros servicios de Televisión están disponibles a través de Internet pero éstos envían el vídeo y el audio en flujos distintos a través de la red IP.

Para restringir el término, IPTV se refiere a aquellos servicios cuyo tramo final hacia el espectador es operado y controlado por alguna compañía. Esto permite cierto nivel de garantía en el servicio. Adicionalmente, un servicio de IPTV requiere que el vídeo y el audio sean transportados por un sólo flujo MPEG-4 a través de la red IP.

Mientras que estas diferencias deberían ser irrelevantes para el consumidor, la tecnología subyacente empleada es bastante distinta y afecta directamente al rango y calidad del servicio que puede ser alcanzada. Los usuarios de IPTV están limitados a un relativo pequeño rango de programas pero consiguen una gran calidad. Mientras que en la Televisión por Internet los usuarios pueden acceder a varios miles de canales de todo el mundo pero sin ninguna garantía de ser capaces de verlos en todo momento.

#### **1.2.2.7. HDTV**

Estas siglas significan Televisión Digital de Alta Definición (High-Definition Television) y se refieren al sistema para ver Televisión derivado de 18 formatos de DTV (Televisión Digital) que están funcionando en diferentes transmisores y reproductores de medios (como el caso de los DVD y Televisión por Cable). La resolución de color de la HDTV es muy superior comparándola con una televisión ordinaria, con lo que nos presenta una imagen mucho más nítida. Además, el audio con el cual se transmite la HDTV es Dolby Digital (AC-3), que nos da un sonido envolvente con 5.1 canales de muy buena calidad.

Las transmisiones de HDTV se ofrecen en una amplia variedad de resoluciones verticales, rangos de aspecto y modos de escaneo. Entre los líderes de estos formatos encontramos: 1080i, 720p, 480p y 480i. En este caso, los subíndices i, p, significan entrelazada y progresiva respectivamente y los números presentan el número de píxeles verticales en cada uno de los formatos. Necesitamos saber que la relación de aspecto utilizada es 16:9, que significa que existen 16 unidades en el ancho de la pantalla por cada 9 unidades de altura, con lo que se genera una imagen mas ancha, parecida a la pantalla de un cine.

En la utilización de este sistema de Televisión, existe la Interfaz Multimedia de Alta Definición (HDMI), que fue creada como un estándar de interfaz digital para el mercado de la electrónica del consumidor. Con este protocolo, el video de alta definición se combina con el video de la Televisión estándar, el audio de varios canales y el control del intercomponente en una sola interfaz digital. Todo lo anterior con el fin de tener una utilización más sencilla para el usuario.

### **1.2.3. ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL**

La radiodifusión de señales de Televisión en formato digital es ya una realidad en el mundo y se han definido tres estándares oficiales, adoptados por diversos países y soportados por organizaciones internacionales.

En Europa se utiliza el DVB (Digital Video Broadcast), para Estados Unidos se define el ATSC (Advanced Television Systems Committee) y Japón inventó el ISDB-T.

Dichos estándares, únicamente marcan las características técnicas de los sistemas de transmisión de señales digitales de servicios de televisión en formatos de alta definición (HDTV) y definición estándar (SDTV). Para el caso de producción, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha definido el estándar de producción de programas de televisión de alta definición en 1080i (1080 líneas y 1920 columnas).

Aún cuando los tres estándares de TV digital permiten seleccionar si el servicio será en SDTV ó HDTV, la denominada Televisión de Alta Definición es sin duda el objetivo primordial de los servicios de TV digital, ya permite al televidente disfrutar imágenes con la calidad de fotografía de 35 mm (cine) y sonido envolvente equiparable al disco compacto, en una pantalla ancha con relación de aspecto de 16:9.

#### **1.2.3.1. ATSC**

En los Estados Unidos, desde 1994, existe un grupo llamado Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC) que se encarga del desarrollo de los estándares de Televisión digital del país. En base a estos estándares, países como México, Canadá, Corea del Sur, Guatemala y Honduras adoptaron esta normativa para sus sistemas de Televisión digital terrestre.

La finalidad de ATSC es reemplazar al estándar NTSC en los Estados Unidos, porque se presenta el hecho de evolucionar a una forma de ver televisión digital dejando atrás la forma analógica, con lo que se obtiene un gran número de ventajas. Las mejores herramientas utilizadas en este estándar es el uso de los sistemas de compresión MPEG-2 y AC-3, para video y audio respectivamente.

La Televisión Digital de Alta Definición (HDTV) esta definida por la ATSC, algunas de las características principales son la utilización de una pantalla ancha (Wide Screen) que tiene una relación de aspecto de 16:9 y una resolución de 1920x1080 pixeles de tamaño, que significa una resolución seis veces superior a los estándares analógicos anteriores. Una de las ventajas principales de este estándar es la utilización de 6 MHz de ancho de banda para cada uno de los canales.

En este estándar se tiene un número definido de resoluciones para el su buen funcionamiento. Presentamos una tabla donde se muestran las diferentes resoluciones definidas para este estándar:

Resolución		Relación de Aspecto	Relación de Aspecto en Píxeles	Desde Revisión Previa	Frecuencia (Hz)					
Vertical	Horizontal									
288	352	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Progresivo	25					
480	640	4:3	Cuadrado	Entrelazado	29.97 (59.94 campos/seg) 30 (60 campos/seg)					
				Progresivo	23.976 24 29.97 30 59.94 60					
480	704	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Entrelazado	29.97 (59.94 campos/seg) 30 (60 campos/seg)					
				Progresivo	23.976 24 29.97 30 59.94 60					
576	352	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Entrelazado	25 (50 campos/seg)					
				Progresivo	25					
	480	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Entrelazado	25 (50 campos/seg)					
				Progresivo	25					
	544	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Entrelazado	25 (50 campos/seg)					
				Progresivo	25					
	720	4:3 ó 16:9	No-Cuadrado	Entrelazado	25 (50 campos/seg)					
				Progresivo	25 50					
720	1280	16:9	Cuadrado	Progresivo	23.976 24 25 29.97 30 50 59.94 60					
					1080	1920	16:9	Cuadrado	Entrelazado	25 (50 campos/seg) 29.97 (59.95 campos/seg) 30 (60 campos/seg)
									Progresivo	23.976 24 25 29.97 30

**Tabla 1.5** Resoluciones definidas para el estándar ATSC

### 1.2.3.2. DVB

Las siglas significan Digital Video Broadcasting, que es una organización que promueve estándares de Televisión digital, los cuales actualmente son aceptados en varias partes del mundo. Los estándares definidos se aplican principalmente a la HDTV y la Televisión vía Satélite; también son aplicados en comunicaciones de datos vía satélite, los cuáles pueden ser unidireccionales o bidireccionales, cada uno de éstos servicios son llamados DVB-IP y DVB-RCS respectivamente.

La organización DVB esta formado por aproximadamente 220 instituciones y empresas de todo el mundo y sus estándares propuestos han sido aceptados por la mayor parte de Europa y en otros continentes. Este organismo se encarga de regular y proponer procedimientos para la correcta transmisión de señales de televisión digitales compatibles.

El DVB ha elaborado distintos estándares en función de las características de los diferentes sistemas de radiodifusión. Los estándares más ampliamente utilizados son el DVB-S y el DVB-C, que contemplan las transmisiones de señales de Televisión digital mediante redes de distribución por satélite y cable respectivamente. La transmisión de Televisión digital a través de redes de distribución terrestres utilizando VHF (Very High Frequency) se contempla en el estándar DVB-T, que esta implantado en la mayor parte de los países europeos.

Algunos otros estándares definidos por la DVB contienen las características de la señalización en el canal de retorno, en sistemas de televisión interactiva, la estructura de transmisión de datos para el cifrado y descifrado de programas de acceso condicional, la transmisión de subtítulos y la radiodifusión de datos mediante sistemas digitales.

Todos los estándares mencionados (DVB-S, DVB-C, DVB-T, DVB-H) definen principalmente la capa física y la capa de enlace de datos de un sistema de transmisión. Todos los datos transmitidos en flujos de transporte están en el formato MPEG-2, con algunas restricciones adicionales (DVB-MPEG). La principal diferencia entre cada uno de estos estándares, es el tipo de modulación utilizada que se presenta por las diferentes restricciones técnicas:

Estándar	Modulación
DVB-S (SHF)	QPSK
DVB-C (VHF/UHF)	QAM (64-QAM)
DVB-T (VHF/UHF)	COFDM

**Tabla 1.6** Modulaciones para los diferentes estándares de DVB

DVB también define las diferentes conexiones de datos (DVB-DATA-EN 301 192) con canales de retorno (DVB-RC) para los diferentes tipos de medios existentes (GSM, Satélite, DECT, RTB/RDSI) y los diferente protocolos utilizados (DVB-IPI, DVB-NPI). Para tener una fácil conversión, también existen estándares que soportan las tecnologías como el teletexto (DVB-TXT), el sincronismo vertical (DVB-VBI) y para los subtítulos existe el DVB-SUB.

### **1.2.3.3. ISDB-T**

Las siglas anteriores se refieren al formato de Televisión y radio digitales que Japón ha creado para permitir a las estaciones de radio y Televisión la conversión de sus contenidos al formato digital. El significado de ISDB es Transmisión Digital de Servicios Integrados. Además de las transmisiones de audio y video, también se definen las diferentes conexiones y tipos de transmisión de datos en Internet, por ejemplo un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos, utilizado en interfaces interactivas como la transmisión de datos y guías electrónicas de programas.

La relación de aspecto para ISDB es de 16:9; además existen dos tipos de receptores de ISDB: TV Y STB (Set Top Box o Decodificador). Las principales características de ISDB-T es la transmisión de un canal de Televisión de alta definición (HDTV) y un canal de teléfono móvil dentro de un ancho de banda de 6 MHz, además, permite seleccionar entre dos y tres canales SDTV (Televisión Digital Estándar) en lugar de uno solo en HDTV al multiplexar los canales de SDTV. Otra de sus ventajas es proporcionar a los usuarios servicios interactivos de transmisión de datos, juegos, compras por teléfono o Internet de banda ancha.

El servicio de la Guía Electrónica de Programas (EPG) está disponible en este estándar. Para su fácil utilización, solo necesita una simple antena interior que proporciona robustez a la interferencia multiruta (que produce los “fantasmas” en la televisión analógica), a la interferencia de la televisión analógica co-canal y a las señales transitorias que provienen de motores y líneas de energía eléctrica.

Este estándar fue adoptado para las transmisiones comerciales en Japón en diciembre de 2003 y a la fecha abarca un mercado de 100 millones de televisiones. Cabe destacar un aspecto favorable del sistema ISDB-T y es el hecho de que las normas europeas (DVB) y americanas (ATSC) contemplan cobrar el servicio de Televisión digital que proveerán, mientras que la norma japonesa no lo hará. Además, permitirá la recepción gratuita de contenidos televisivos en teléfonos celulares.

La señal de Televisión digital no sólo podrá ser recibida desde televisores y celulares, sino también por computadoras o “notebooks”, grabadoras de DVD, televisiones para automóviles y “handhelds”. ISDB-T ofrecerá a los usuarios imágenes y sonido de alta calidad, servicios de programación múltiple en 6 MHz, servicio de Televisión para celular a cualquier hora y en cualquier parte del mundo que el usuario esté (las normas europea y americana no ofrecen este servicio), Televisión interactiva y búsqueda sencilla de información sobre la programación, al tiempo que se destaca la estabilidad en la recepción desde aparatos móviles.

La superioridad del sistema ISDB-T, en definitiva, se basa en su versatilidad, flexibilidad y la capacidad técnica comprobada para una recepción confiable y de alta calidad. En este sentido, observa demasiadas ventajas con respecto a la norma europea, y obviamente la americana, que tiene el peor desempeño.

### **1.3. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS ANALÓGICO Y DIGITAL**

Algunas diferencias que existen entre los sistemas analógicos y los sistemas digitales, que permiten entender con mayor facilidad las razones por las cuales la tendencia se dirige hacia las técnicas digitales en el diseño de sistemas de video, son:

- Los sistemas digitales pueden tener una perfecta corrección de errores por lo que la distorsión, ruido y otras degradaciones en su transmisión no afectan la información que se recibe.
- El video digital es procesado fácilmente para evitar los retrasos y permite hacer correcciones en tiempo real, además permite el perfeccionamiento de señales para efectos especiales y el almacenamiento con mínimas pérdidas en su calidad.
- El video digital puede ser comprimido para remover redundancias inherentes de la información provocadas por el proceso de escaneo. Usando estas técnicas, el video puede ser transmitido con requerimientos mínimos de ancho de banda y son equivalentes a los utilizados en la transmisión analógica, pero con mayor calidad.
- Los procesos digitales son estructuralmente más complejos que sus equivalentes analógicos, pero pueden ser encapsulados dentro de circuitos integrados, que presentan un menor costo, mayor desempeño y una fácil construcción del "Hardware".
- El uso de sistemas digitales controlados por "Software" programable ofrece una fantástica flexibilidad en el procesamiento de señales. Además, las técnicas o algoritmos de procesamiento de señales pueden ser modificados o descargados sin la necesidad de modificar el sistema de "Hardware".
- Una de las ventajas más notables para los usuarios de la Televisión digital, es que las imágenes que presenta son más nítidas y brillantes, ya que se generan imágenes casi en vivo.
- El sistema de Televisión digital (en especial la HDTV) en comparación con los sistemas analógicos pueden reproducir seis veces más detalle y diez veces mayor información de color.

Aunque, no se puede tener un sistema totalmente digital (no todavía), ya que los dispositivos de captura de imágenes y pantallas siguen siendo analógicos, los procesos de conversión A/D tienen algunas limitaciones, ya que las señales digitales no pueden reproducir exactamente las entradas analógicas. Aunque, los circuitos digitales pueden entregar una perfecta reproducción, se acumula una pequeña distorsión analógica en cada instante de tiempo en la cual se presentan las conversiones A/D Y D/A. Por consiguiente, se debe minimizar el número de conversiones en un sistema de transmisión en cascada.

Desde un punto de vista técnico, existen cinco diferencias principales entre los formatos de Televisión convencional y Televisión digital, las cuales se mencionan a continuación:

- **Ancho de Banda**

La Televisión convencional utiliza únicamente 6 MHz del espectro para cada canal (asignados por la FCC, SCT en México) y aunque los canales de HDTV transmitidos sin comprimir requieren anchos de banda de hasta 30 MHz. La tecnología de compresión digital puede comprimir las señales de HDTV dentro de 6 MHz. Además, utilizando la compresión MPEG-4, los mismos 6 MHz de ancho de banda que transportan un canal de HDTV pueden transportar seis canales SDTV en formato digital. Estos canales adicionales podrían ser utilizados para servicios de pago por evento, servicios de datos y especialmente para servicios de comunicaciones bidireccionales.

- **Líneas de barrido**

La Televisión analógica convencional ofrece 525 líneas en el sistema NTSC (estándar de difusión utilizado en Estados Unidos y México) y 625 líneas en los sistemas PAL y SECAM (utilizados en Europa). Estas cifras son ofrecen una menor resolución y detalle comparadas con las más de 1,000 líneas de barrido utilizadas para HDTV, generalmente 1,125 o 1,250 líneas.

- **Método de barrido**

La Televisión analógica convencional utiliza un método de barrido entrelazado, en el cual la imagen es iluminada por los patrones sucesivos de líneas alternadas. Primero son barridas las líneas impares 1 hasta 525, y a continuación se sigue con las líneas pares 2 hasta 524. El barrido entrelazado reduce el parpadeo de la pantalla al permitir que la mitad de la pantalla permanezca iluminada en cualquier instante, pero tiene la desventaja de crear "artificios" o irregularidades en el movimiento vertical. En cambio, la HDTV utiliza un método de barrido progresivo, en el cual la imagen es barrida línea por línea, consecutivamente, de arriba a abajo de la pantalla, además la mayor resolución de imagen minimiza la susceptibilidad de HDTV a artificios de movimiento.

- **Analógico contra digital**

La Televisión analógica convencional utiliza señales analógicas. La HDTV utiliza señales digitales. Las ventajas de las señales digitales no son únicamente la facilidad de comprimir el ancho de banda, sino que también son menos susceptibles a interferencia en comparación con las señales analógicas.

- **Razón de aspecto**

La Televisión analógica convencional utiliza la razón de ancho por alto de una televisión convencional es 4:3. En cambio, la HDTV ofrece una razón de ancho por alto de 16:9. Cuando una razón de aspecto de 16:9 de una imagen HDTV es convertida a una razón de



aspecto de 4:3 de una Televisión convencional, se puede provocar un problema generalmente llamado "buzón".

La última gran diferencia entre la Televisión Analógica y Digital es el sonido. La Televisión Analógica utiliza dos canales de sonido Modulados en Frecuencia (FM) en portadoras separadas. En cambio, la Televisión Digital utiliza seis canales de sonido envolvente (Dolby 5.1).

#### **1.4. TELEVISIÓN SOBRE IP**

Después de todas las definiciones y tecnologías presentadas anteriormente, podemos comparar las diferentes técnicas y utilizarlas como base para entender perfectamente el origen de la IPTV. Esto es, porque podemos ver que la IPTV puede ofrecernos varias ventajas, y algunas desventajas, en comparación con los sistemas de Televisión actuales.

La Televisión sobre IP, utiliza la abreviatura IPTV, que en inglés significa Internet Protocol Television y básicamente es el sistema que permite la recepción de señales de Televisión (video y audio), con la característica principal de recibir las señales por medio de un cable de red que permita el acceso a Internet de banda ancha, por lo tanto, todos los datos de audio y video viajan a través del cable hasta el aparato receptor de televisión, evitando el uso de conceptos tradicionales como antenas, ondas electromagnéticas, aire, cable coaxial, etcétera; con la IPTV se explota de una mejor forma la utilización de las redes de datos existentes, provocando que la mayoría de las personas se familiaricen con el uso del Internet. Este conjunto de tecnologías permite distribuir e interactuar con contenidos y aplicaciones multimedia, que representa una fusión entre Televisión e interactividad.

La IPTV puede ser ofrecida sobre diferentes plataformas, utilizadas por las diferentes empresas de telecomunicaciones, por ejemplo: redes xDSL, FTTx o WiMAX. También sobre redes HFC utilizadas por los proveedores de Televisión por cable, las redes de distribución eléctrica que utilizan la tecnología "Broadband Over Powerline" (BPL) también es compatible con los sistemas de IPTV así como las redes celulares de banda ancha de las operadoras de telefonía móvil.

Este tipo de Tecnología de la Información, permite ofrecer una mayor cantidad de servicios y ventajas a los usuarios, con las cuales se pueden obtener nuevas formas de entretenimiento para los televidentes. Además, se pueden generar más servicios de valor agregado en la difusión de la Televisión, generando mayores ganancias para los operadores del servicio, todo esto es posible gracias al aprovechamiento de la infraestructura existente.

Una de las ventajas en el desarrollo de la IPTV es que utilizan la estructura de transmisión de datos que funciona actualmente, con lo cual se evitan grandes gastos en equipo de transmisión y recepción. Además, la IPTV esta provocando una rápida evolución en las redes de banda ancha para las telecomunicaciones. Esto se puede explicar fácilmente, como la televisión se compone principalmente de imágenes en tiempo real y se necesita

una muy buena calidad en el video, se necesita un ancho de banda considerable para que funcione correctamente, evitando retrasos en los programas, congelamiento en las imágenes, etcétera; en pocas palabras, se necesita un ancho de banda considerablemente grande para que los usuarios tengan una excelente calidad en el servicio de IPTV.

Un resultado del funcionamiento de la IPTV y de su entrada en el mercado de servicios de comunicación, es un mayor auge en las conexiones de banda ancha y el uso de Internet, permitiendo que los usuarios puedan obtener un mayor ancho de banda a precios mas bajos, logrando mayores beneficios a los usuarios y mayores ganancias para los proveedores de servicios de comunicaciones.

La IPTV esta fuertemente relacionada con la tecnología llamada "Triple Play", que se refiere a la obtención de tres servicios de comunicación, que son voz, datos y video. Se había mencionado que la IPTV hace un mejor uso de la infraestructura de transmisión de datos existente, porque con esta tecnología se pueden obtener servicios adicionales, como servicio telefónico (VoIP) y conexión a Internet de banda ancha (ADSL), es decir, que junto con la IPTV, se ofrecen los tres servicios mediante una sola conexión. Con la cual el usuario solo utiliza un proveedor para todos los servicios antes mencionados y el proveedor de servicios asegura la fidelidad del cliente al ofrecerle los tres servicios. Todo lo anterior mejora la eficiencia de las redes de datos existentes.

Otra de las principales diferencias que existe entre la IPTV y la Televisión digital convencional, como la Televisión Digital Terrestre (TDT) o la Televisión por Satélite, es que con la IPTV, el proveedor no tendrá que transmitir sus contenidos todo el tiempo. Esto es porque el usuario cada vez que se conecta tiene la posibilidad de solicitar los contenidos. Para lograr esto, solo se necesita personalizar el tipo de contenido y programas para cada usuario de una forma individual. La utilización del servicio de Video bajo Demanda (VoD), permite al usuario diseñar la programación que desea ver, escogiendo sus programas favoritos, a la hora que desee y las veces que sea necesario.

En nuestros días existe una constante mejora en el ancho de banda de las conexiones a Internet, por lo que el servicio de IPTV se explota cada vez más, con lo cuál se puede asegurar que será el mayor exponente de la Televisión en un futuro muy cercano. En Latinoamérica las primeras plataformas con planes para desplegar IPTV son las empresas operadoras de telecomunicaciones de redes xDSL, que genera, mantiene y administra los diferentes contenidos ofrecidos a los usuarios, además de manejar nuevos conceptos, tales como publicidad, audiencia, pauta y detección de las preferencias de los usuarios.

#### **1.4.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA**

El tráfico de Video por IP tiene un comportamiento muy diferente en comparación con el tráfico de señales de voz y los datos. Si subestimamos el impacto que tendrá el flujo de video por IP en las redes de datos, podemos tener grandes limitaciones técnicas a la hora

de diseñar y construir redes de datos, lo que puede ocasionar problemas en el continuo crecimiento de la IPTV.

Los proveedores del servicio de IPTV deben estar seguros que sus redes están diseñadas y son capaces de transportar Video sobre IP en tiempo real y sin pérdidas. Esto es importante, ya que si no cumple estas especificaciones, el servicio de IPTV no debe (y no puede) existir, porque en los sistemas de IPTV se presentarían mayores pérdidas de información, lo que ocasiona una baja calidad en la transmisión.

Es importante estar seguro de la funcionalidad de las redes, porque aunque se tenga un buen diseño, puede darse el caso que se tengan problemas con los flujos de video en tiempo real cuando las redes están completamente montadas, por lo que es necesario hacer varias pruebas a las redes, antes de comenzar con su operación.

El video en tiempo real, es digitalizado y convertido en paquetes de datos para que puedan ser transportados sobre redes IP, pero el flujo que se crea necesita requerimientos muy diferentes en comparación con el tráfico de datos y voz. Lo que puede traer como consecuencia que algunos de los dispositivos pierdan información y paquetes de datos en la transmisión de IPTV.

IPTV no es realmente un protocolo en si mismo, esto es porque la Televisión por IP, se desarrolló basado en el denominado "Video-Streaming", por lo que, para que la IPTV pueda funcionar de manera correcta, es necesaria una conexión a Internet con gran ancho de banda.

Para conocer más a detalle el Video-Streaming, se pueden diferenciar dos tipos de canales: de Definición Estándar (SDTV) y de Alta Definición (HDTV). Para un canal con definición estándar se necesita tener una conexión de 1.5 Mbps y para un canal del alta definición son necesarios 8 Mbps. En el caso de que se tengan varios canales distintos, por tener varios receptores de televisión, se necesita un mayor ancho de banda. Además, a este ancho de banda se necesita sumar el ancho de banda necesario para la conexión a Internet.

Idealmente, son necesarios 4.5 Mbps para tener 3 canales SDTV o bien 11 Mbps para dos canales SDTV y al menos un canal HDTV. En cualquier caso, la tecnología de compresión y codificación de video es MPEG-4. La mejor explicación es que el estándar MPEG-4 comprime más la información que el estándar MPEG-2, por lo que es el estándar utilizado tradicionalmente para el Video-Streaming, ya que resulta muy útil en el caso donde no se dispone de mucho ancho de banda. Un ejemplo claro, se tiene al codificar con MPEG-2 se requieren 4 Mbps y 6 Mbps para transmitir servicios de video de un canal SDTV, con MPEG-4 bastan los 1.5 Mbps ya citados.

En cuanto al ancho de banda necesario, la tecnología ADSL permite transmitir los datos de video, aunque tiene algunas limitaciones de distancia que suelen ser aproximadamente 5 Kilómetros, por lo que, a distancias mayores no deben ofrecerse servicios de Televisión. Con la intención de saltar este obstáculo, las compañías que ofrecen servicios de IPTV están desplegando la tecnología ADSL2+ en todas sus centrales. ADSL2+ es una

evolución de ADSL que permite transmitir información ya comprimida de forma más eficiente, rápida y a una mayor distancia.

#### **1.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IPTV**

Las transmisiones de televisión digital, en general, cuentan con numerosas e importantes ventajas frente a las actuales emisiones analógicas. La calidad de las imágenes en IPTV es comparable a la de un DVD, y la señal es mucho más inmune a interferencias que la analógica (factor especialmente importante en áreas urbanas). La tecnología digital permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir entre tres y cinco programas por cada canal UHF, utilizando un multiplexor. Además, gracias al diseño de la red de distribución de señal es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales de guarda para reducir las interferencias. Finalmente, al tratarse de transmisiones de información digital es posible una gran flexibilidad en los contenidos emitidos, siendo posible mezclar un número arbitrario de canales de vídeo, audio y datos en una sola señal.

Las tres principales ventajas de la Televisión digital frente a la Televisión analógica actual son las siguientes y se describen con mayor profundidad:

- **Mayor calidad de imagen y sonido**

La transmisión terrestre de Televisión se ve afectada por dispersión de energía, zonas de sombra y reflexiones que provocan ecos. En la transmisión analógica esos problemas se manifiestan como nieve, ruido en la imagen, dobles imágenes, colores deficientes y sonido de baja calidad. En la transmisión digital, al estar la señal codificada, recibimos una imagen siempre íntegra, pero se acaba llegando al denominado abismo digital: cuando la señal no es suficiente para los circuitos decodificadores se pierde completamente la recepción. Una recepción óptima suele necesitar menor potencia de señal que una transmisión analógica de calidad normal.

- **Mayor número de emisiones de Televisión**

La tecnología de Televisión analógica actual sólo permite la transmisión de un único programa de Televisión por cada canal UHF (ya sea de 6MHz, 7Mhz u 8MHz de ancho de banda). Además los canales adyacentes al que tiene lugar una emisión han de estar libres para evitar las interferencias. En cambio, la codificación digital de los programas permite que en el ancho de banda disponible de un solo canal UHF se puedan transmitir varios programas con calidad digital similar a la de un DVD. El número de programas simultáneos depende de la calidad de imagen y sonido deseadas, si bien en la actualidad es de cinco programas, con un uso habitual de cuatro, (lo cual da una buena calidad en imágenes con movimientos lentos, si bien en escenas de más acción se pueden apreciar

fácilmente zonas de la imagen distorsionadas, que reciben el nombre de artefactos, debidas a la codificación digital MPEG-2 de baja velocidad).

- **Mayor flexibilidad de las emisiones y servicios adicionales**

En cada canal de radio se emite un único flujo MPEG-4, que puede contener un número arbitrario de flujos de vídeo, audio y datos. Aunque varios operadores compartan el uso de un canal multiplexado, cada uno puede gestionar el ancho de banda que le corresponde para ofrecer los contenidos que desee. Puede (por ejemplo) emitir un flujo de vídeo, dos de audio (por ejemplo, en dos idiomas a la vez), varios de datos (subtítulos en tres idiomas, subtítulos para sordos, en un partido información con las estadísticas de los jugadores, o en una carrera automovilística información de tiempos y posiciones, etc.).

Un concepto relacionado a esto, es que la IPTV permite el empaquetamiento de servicios, el llamado "Multiple Play". Así, a la asociación de Televisión, Internet y Telefonía se le denomina Triple Play; si se añade la Telefonía Móvil se la denomina Cuádruple Play. AT&T, por su parte, habla de la estrategia de las tres pantallas: la de la computadora, la del televisor y la del dispositivo móvil.

La mayor aspiración de la IPTV es mejorar la Televisión, evitar lo que ocurre muchas veces con los servicios multicanal, que haya 100 o más canales pero nada para ver. Busca reemplazar la costumbre del "zapping" por la de la navegación. Los contenidos podrán grabarse y verse más tarde.

Los controladores para Triple Play o Cuádruple Play para el cliente serían los descuentos gracias al empaquetamiento y la posibilidad de mover contenidos entre dispositivos, la conveniencia de contar con un único soporte técnico y de tener que pagar una única factura. Existirán nuevas posibilidades tales como que el usuario cree contenidos propios o la Televisión comunitaria. Se pasa de un contexto puramente privado a una forma de comunicarse con otros.

Respecto a la navegación por la Web utilizando la Televisión se está pensando en portales o sitios especiales que detectarán que el usuario se conecta desde una Televisión y adaptarán los contenidos para que puedan ser vistos en los televisores más comunes, eliminando también aquellas aplicaciones que los "Set Top Boxes" no podrán inicialmente manejar. Se proveerá al usuario de un teclado inalámbrico, muy útil para períodos de navegación breves.

Además, está la Guía de Televisión Interactiva, que permite a los televidentes buscar por tema, título y horario los programas que son de su interés. También se puede buscar un programa específico o, si se quiere, seleccionar todos los partidos de fútbol o telenovelas que dan en una determinada semana para, después, automáticamente, programar la Televisión para que las grabe o le recuerde al televidente que están por comenzar. Para los que tienen miedo de perderse una parte de un programa mientras hacen zapping durante las propagandas, la guía les permite crear pantallas en miniatura (tipo Picture In

Picture) para que puedan ver dos canales a la vez. Algunas compañías, tienen pensado permitir a los televidentes de IPTV personalizar sus pantallas. Así, es posible que Internet resulte indirectamente damnificada cuando quienes antes pasaban 20 minutos navegando, empiecen a obtener la misma información en su televisor.

Lo que se refiere a las desventajas, el ofrecimiento de IPTV se trata de una aplicación crítica. No se admite ninguna indisponibilidad. Porque si el usuario no puede ver el gol de su equipo por un corte ocurrido justo cuando el mismo ocurría, tendrá serias críticas hacia el proveedor del servicio, mayores que con la interrupción momentánea del servicio telefónico. Por lo tanto habrá mayores exigencias en cuanto a mantener alta calidad en toda la cadena de provisión del servicio, tanto en el núcleo de la red, como en el acceso, como en la propia red hogareña del cliente.

Para las telecomunicaciones, la IPTV implica tener que lidiar con nuevos socios y nuevos competidores. En la implementación habrá que tomar decisiones respecto a "middleware", "Set Top Boxes", "Digital Right Management" (DRM), tecnología de compresión de video (MPEG2, MPEG4 ó WM9) y facturación del servicio.

Las telecomunicaciones enfrentan desafíos no tan obvios tales como las redes hogareñas, desarrollo de oferta adecuada (relación producto-precio), conversión de su personal técnico, operación del servicio (procesos y sistemas de venta, instalación, etcétera).

El proceso no se detiene y el índice de digitalización de las cadenas comerciales es elevado. Con todo, la escasa penetración de la TDT en el mercado no puede atribuirse a la falta de cobertura en las emisiones, sino a la peculiar configuración del mercado televisivo.

Los proveedores se encuentran con otro problema: la mayoría de sus espectadores les recibían a través de otros soportes de difusión multicanal (uno de cada cuatro hogares recibía las señales de las cadenas comerciales analógicas terrestres por medio de su antena). Por eso, reclamaron una norma, que obligara a los operadores de cable a incluir en su paquete de abono las señales de las estaciones de transmisión. La FCC no dispuso la norma, por lo que los operadores de cable siguen resistiéndose a cargar la señal digital de los proveedores en su servicio de manera gratuita.

### **1.4.3. APLICACIONES**

Podemos pensar que la transmisión de IPTV puede darse en distintas formas, en general podemos entender a la IPTV como un mecanismo que transmite contenidos de video digital de alta calidad por medio de redes públicas y privadas basadas en el Protocolo de Internet. Principalmente, porque las redes IP tienen una capacidad de comunicación bidireccional, los desarrolladores crearon la IPTV para que los consumidores puedan

seleccionar solo lo que ellos desean ver, por lo que trae como consecuencia el desarrollo de algunas aplicaciones potenciales que puede ofrecer la IPTV.

<b>Aplicaciones Potenciales de IPTV</b>
Entretenimiento Personalizado
Televisión Digital
Video bajo Demanda
Negocios por Televisión
Enseñanza a Distancia
Comunicaciones Corporativas
Televisión Móvil por Teléfono
Video Chat

**Tabla 1.7** Aplicaciones potenciales de IPTV

- **Entretenimiento personalizado**

IPTV representa una tecnología que pone a las compañías telefónicas en competencia directa con las compañías de Televisión por cable, satélite y abierta, para determinar quien es el mejor proveedor de servicios de entretenimiento. Por lo que, el servicio de entretenimiento personalizado representa un gran reto en la aplicación de la IPTV, esto es porque cada uno de los proveedores del servicio tendrá que generar y mejorar sus propios servicios personalizados, además de ofrecer a sus clientes un buen funcionamiento.

- **Televisión Digital**

Como habíamos mencionado, la IPTV representa una tecnología donde los usuarios obtienen imágenes digitales que contienen una mejor calidad y excelente audio, con el fin de obtener más usuarios. Por lo anterior, la transmisión de televisión digital por IP, representa la principal aplicación de esta tecnología.

- **Video bajo Demanda (VoD)**

Podemos describir este servicio, como una variante del sistema ofrecido en la televisión por cable o satélite llamado "Pay Per View", donde los usuarios pueden escoger entre diversos tipos de películas, eventos deportivos, conciertos, etcétera. La razón principal por la cual el servicio de VoD ofrecido por la IPTV es superior, es que se pueden proveer virtualmente un número ilimitado de programas y canales.

- **Negocios por Televisión**

Además de las ventajas que ofrece la IPTV a usuarios de forma individual, una de las formas de la IPTV para penetrar al mercado de los negocios, es ofrecer un tipo de servicios que permita la comunicación de todos sus empleados, clientes, proveedores y socios, por medio de la Televisión. Con lo anterior se puede tener un contacto ininterrumpido y rápido. Esta aplicación puede ser aplicada de forma segura, además que se tiene un gran ancho de banda y amplia velocidad de conexión.



- **Educación a Distancia**

Dentro de un ambiente académico, podemos obtener una nueva generación en la forma de enseñar a distancia, esto es por la facilidad e interacción que ofrecen los sistemas de IPTV, por lo que es mucho mejor implantar este tipo de sistemas en localidades aisladas, a fin de brindar un mejor servicio. El equipo utilizado es similar, por ejemplo, equipos de videoconferencia que pueden ofrecer mayor calidad en las señales, además de atención un poco mas personalizada.

- **Comunicaciones Corporativas**

Dentro de una empresa o negocios, se necesita frecuentemente reunirse con los empleados para hablar acerca de los manejos de la empresa, los nuevos productos, etcétera. Para estos casos lo ideal es utilizar un auditorio para poder comunicarse con todos los empleados. En cambio, al utilizar el sistema de IPTV, puede darse este tipo de reuniones mientras los empleados siguen trabajando en sus áreas de trabajo, ya que pueden informarse de todo por medios de sus computadoras, aumentando la efectividad en sus trabajo y disminuyendo la pérdida de tiempo.

- **Televisión Móvil por Teléfono**

Actualmente se trabaja en el desarrollo de transmisión de televisión móvil en teléfonos celulares, que permita la recepción de televisión de gran calidad y en tiempo real. La primera generación permite ver en un teléfono, los canales ofrecidos por medio de transmisión abierta, por lo que el contenido y la calidad de lo que pueden ver esta limitada para los usuarios. En cambio, se puede ofrecer una variante de televisión por IP para teléfonos celulares, que cuente con las mismas ventajas que se tiene para la transmisión de IPTV en el hogar. Algunos de los cambios seria la forma de transmitir las señales, esto es porque sería a través de la tecnología WiFi, que puede estar disponible dentro de aeropuertos, hoteles, restaurantes y otros lugares donde se cuente con una conexión inalámbrica de banda ancha.

- **Video Chat**

Uno de los principales y más populares servicios que surgieron con el desarrollo del Internet, fue el uso de salas de chat, que proveen los diferentes portales Web e ISP. En estas salas se pueden discutir infinidad de temas, acerca de educación, ciencia y entretenimiento. Esto con el fin de intercambiar ideas con personas de cualquier parte del mundo. Esto significa que con el desarrollo de IPTV, se puede ofrecer este tipo de servicio, además de que sería posible comunicarse con voz y video a las demás personas del chat con mejor calidad.

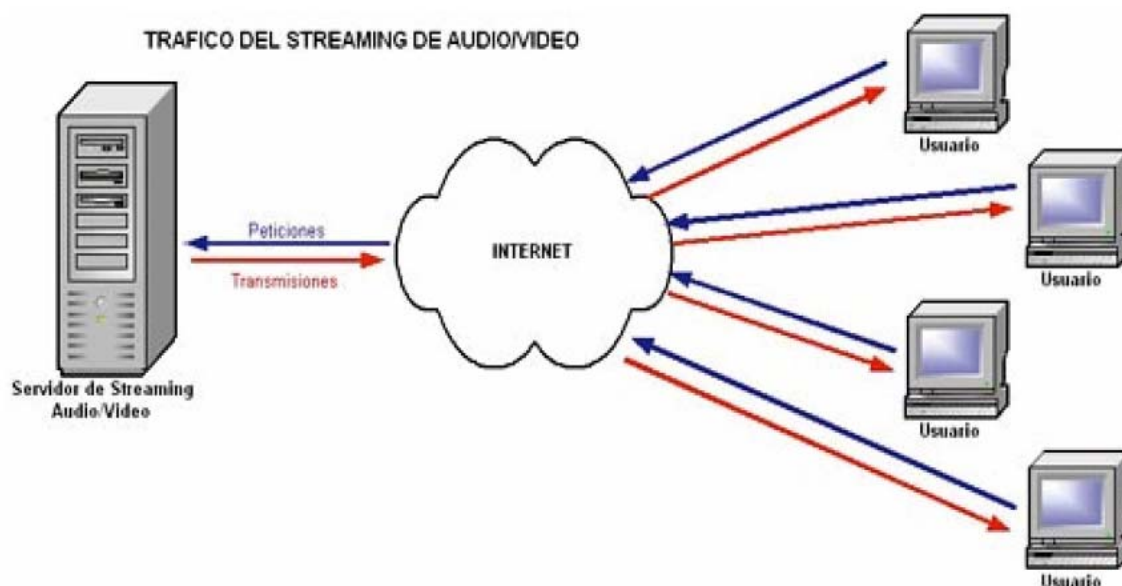
Estos son solo algunos de los servicios que pueden ser ofrecidos por el servicio de IPTV, algunos de ellos ya existen, pero la ventaja es que pueden ser ampliamente superados por los que ofrece IPTV. En consecuencia, se puede generar una mayor productividad en el trabajo y mejores opciones de entretenimiento.

## *CAPÍTULO II*

## 2. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE VIDEO-STREAMING

El término “**STREAMING**” vienen del inglés y significa: flujo, corriente, arroyo. Por tanto, aplicado al área de las telecomunicaciones, el Streaming es una tecnología que permite la recepción instantánea de información que fluye desde un servidor hasta el usuario final, sin la necesidad de esperar la descarga completa del archivo. Esta tecnología es utilizada para la rápida descarga de archivos; el Streaming reemplaza la forma tradicional para descargar archivos que genera amplios tiempos de espera cuando se necesita acceder a archivos con gran cantidad de información. El Streaming ofrece una mejor utilización del Internet, al disminuir el tiempo de conexión y aumentar el volumen de datos descargados.

En la IPTV la clave fundamental en el envío de información es la utilización de la tecnología de transmisión de datos utilizando el Streaming o Video-Streaming. Porque la información que se envía para la utilización de IPTV es de tipo audiovisual, aunque se puede enviar solamente audio o video. Desde el origen de los archivos de audio y video en formato digital, aunque ofrecen una mayor calidad, se presentó el problema de su gran tamaño y a pesar de todas las técnicas de compresión que se utilizan, los tamaños obtenidos siguen siendo considerables. Los archivos de video, audio y multimedia en general pueden tener varios Megabytes e incluso llegar a los Gigabytes, esto puede ser un problema cuando se utiliza un sistema de transmisión de información demasiado lento (como puede ser el Internet). En conclusión, la tecnología de transmisión de archivos multimedia por medio del Video-Streaming, puede ser una solución viable que permita el envío de archivos de gran tamaño con mayor facilidad.



**Figura 2.1** Esquema básico de comunicación entre el servidor y los clientes en un sistema de Video-Streaming

El término Streaming, también se refiere a los servicios en los cuales se necesitan contenidos multimedia de rápidamente, con buena calidad y en cualquier instante de tiempo. Con el desarrollo de esta tecnología se mejoró la transmisión de una gran cantidad de aplicaciones multimedia, por ejemplo el aprendizaje a distancia, consulta en bibliotecas digitales, videoconferencias, servicios de Video bajo Demanda, Internet y por supuesto la IPTV.

En los últimos años los sistemas de Video bajo Demanda se han convertido en una de las áreas más activas de investigación, debidos principalmente a la convergencia de dos factores:

- El creciente interés de la industria en desarrollar este tipo de sistemas y
- Su elevada complejidad en su diseño e implementación.

Con el paso de los años, se ha obtenido la reducción de los costos en los componentes utilizados por los sistemas Streaming, además de constantes avances de esta tecnología, por lo que los sistemas de Video-Streaming han alcanzado la madurez necesaria para iniciar su implementación y comercialización de manera viable.

Esta reciente perfección en los sistemas de Video-Streaming está provocando una revolución en la industria del entretenimiento, principalmente por las compañías de Televisión por cable, que se ven fascinadas con el hecho de aumentar su oferta de servicios de valor agregado. Otra de las compañías que se ven beneficiadas de manera directa son las encargadas en el desarrollo de Software (Microsoft) y Hardware (IBM) además de la aparición de nuevas empresas que se enfocan directamente en el diseño y la venta de sistemas que ofrecen los servicios de Video-Streaming.

En la investigación, el ofrecimiento de servicios de Video-Streaming y su implementación han aportado nuevos retos a la comunidad científica. Por el hecho de que su diseño involucra diversas áreas, por ejemplo: sistemas de tiempo real, sistemas de archivos de altas prestaciones, calidad del servicio, protocolos de comunicaciones, formatos de compresión, criptografía, sistemas de procesamiento jerárquicos, paralelos o distribuidos; hasta la psicología juega un papel importante en el estudio del comportamiento de los usuarios.

La aplicación de los sistemas de Video-Streaming se debe hoy en día al desarrollo y aparición de los sistemas de comunicación de banda ancha (DSL, Cable, Satélite) y a los sistemas de compresión de audio y video con buena calidad (MP3, MPEG-4, DivX), con lo cual se ha hecho mucho más fácil la descarga de grandes cantidades de información.

El origen de la tecnología de Video-Streaming se generó a partir de la idea de transmitir con facilidad grandes cantidades de información en un tiempo relativamente corto y con la menor estructura de telecomunicaciones posible. Con el origen del Video-Streaming se presenta una revolución, al evitar el uso de la tradicional descarga de archivos y permitiendo la reproducción de los contenidos a medida que se recibe la información.

Dependiendo del tipo de archivos deseados se presentan diversos tipos de acceso a medios multimedia, por ejemplo:

- **STREAMING.** El cliente reproduce la información mientras la recibe, con lo que se tiene la opción de utilizar o descartar la información que se está recibiendo.
- **DESCARGA.** En este caso se almacena toda la información descargada dentro del disco duro y una vez descargado el archivo, se reproduce.
- **PSEUDO-STREAMING.** Es la forma tradicional de descarga de archivos y según se va almacenando todo el archivo en un fichero, este es leído secuencialmente y se reproduce su contenido.

Para tener una idea más clara acerca de las diferencias entre los casos anteriores, la siguiente imagen muestra una idea clara de las ventajas en la utilización de los sistemas de Video-Streaming, comparadas con la forma tradicional de descarga de archivos:

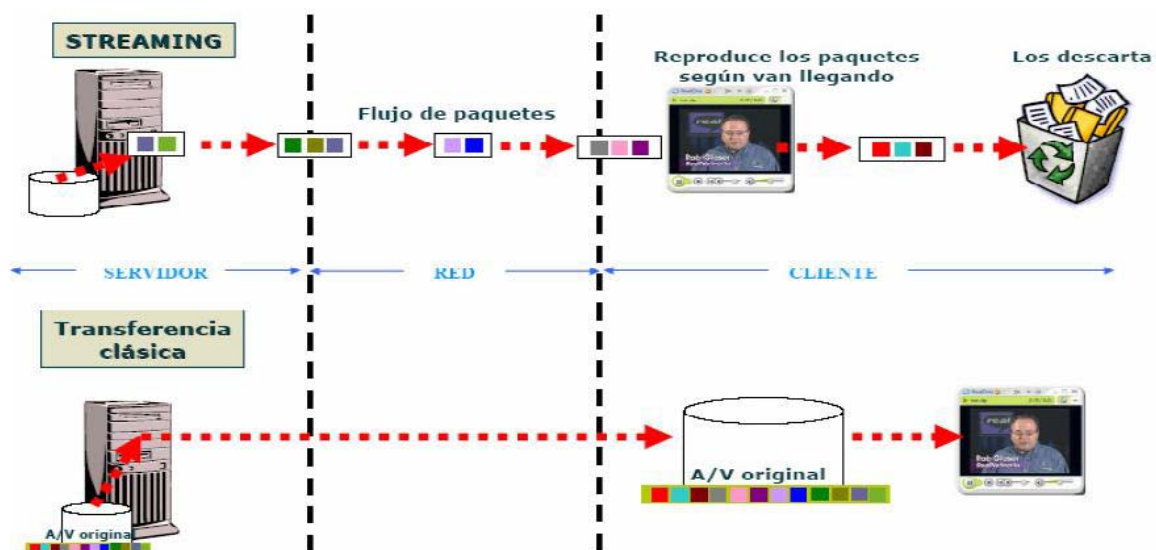


Figura 2.2 Diferencia entre Streaming y transferencia clásica

## 2.1. CODIFICACIÓN DEL CONTENIDO MULTIMEDIA

La función principal de los sistemas de Video-Streaming se deriva de las características particulares del tipo de información que maneja (archivos multimedia) y transmite por las redes de datos. A diferencia de los tipos de datos tradicionales (texto, imágenes, etcétera), los archivos multimedia tienen una dimensión temporal explícita, esto significa que tienen que ser presentados durante un tiempo determinado o de lo contrario se perderá la integridad de la información. De todos los tipos de archivos multimedia (video, voz, etcétera) el más significativo por sus requisitos y características es el video.

Un video esta formado por una secuencia de imágenes que son visualizadas a una velocidad específica (Play Rate), que suelen ser alrededor de 30 imágenes por segundo. Los contenidos multimedia tienen una naturaleza analógica, para que esta información pueda ser procesada y almacenada dentro de una computadora deben ser digitalizados.

Sin embargo, el proceso de digitalización genera un volumen de información demasiado grande que evita ser transmitida de forma eficiente por las redes de datos. Por lo que, es necesario reducir los requisitos del video. Esto se hace guardando solo la información correspondiente a los pixeles o líneas de información que son diferentes en comparación con su imagen consecutiva. En cuanto al audio, en necesario omitir los silencios y sonidos redundantes, para reducir la información necesaria.

Las técnicas de codificación y compresión explotan al máximo las redundancias espaciales y temporales de video, las cuales pueden variar de una escena a otra. La necesidad de codificar y comprimir los archivos multimedia tiene el fin de aligerar el volumen de información y un consumo mínimo de Ancho de Banda, cuando se utilizan redes con reducido Ancho de Banda o cuando la red es Unicast (en la cual se entrega un paquete de datos distinto a cada uno de los usuarios). Por lo tanto, es importante conocer su funcionamiento y los aspectos técnicos en la codificación de audio y video de los archivos multimedia.

### 2.1.1. CODIFICACIÓN DE AUDIO

El audio es una onda generada por la perturbación de la presión en el ambiente (onda de presión). Los humanos tenemos la capacidad de escuchar sonidos que se encuentren en un intervalo de frecuencias entre 8 [Hz] y 20 [kHz].

Para el proceso de digitalización, se necesita un transductor (un micrófono) que se encargue de convertir las ondas de audio en señales eléctricas. Una vez que se tiene la señal eléctrica es necesario discretizar la señal en amplitud y en tiempo.

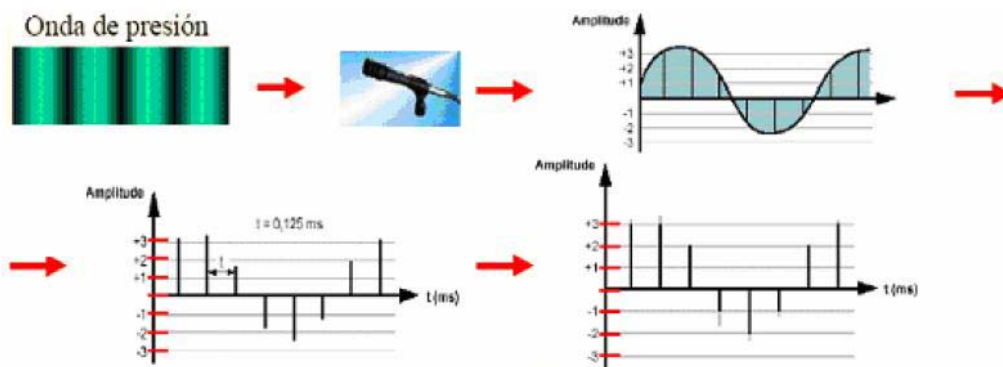


Figura 2.3 Transformación de ondas de presión a señales discretas

Una forma de reducir los datos es disminuir la velocidad de muestreo, para procesar la voz humana se utiliza una frecuencia de muestreo de 8 [kHz], para nuestro rango audible se utilizan generalmente una velocidad de 44.1 [kHz] para las señales de audio.

Las señales de audio utilizan valores discretos en amplitud y son suficientes 8,192 niveles diferentes ( $2^{13}$ ) para obtener una buena calidad. Es posible que los saltos discretos sean pequeños entre valores pequeños de amplitud y saltos discretos grandes cuando la amplitud es mayor, con esto, se puede reducir a 256 niveles (8 bits) por muestra. Obteniendo un error de cuantización igual para todo el rango de valores obtenidos.

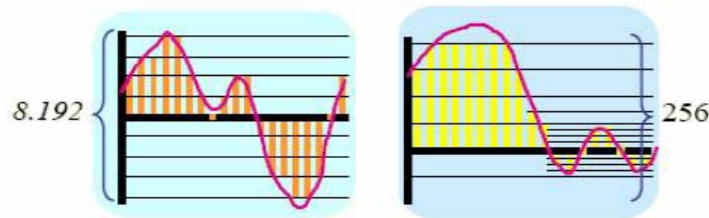


Figura 2.4 Nivelación del error de cuantización

El proceso completo de transformación de ondas de presión a paquetes de datos, se muestra en la siguiente figura. Este proceso permite conocer la estructura básica que adopta la información de audio que posteriormente será codificada y comprimida a través de un CODEC (codificador-decodificador). Una vez hecho esto, se transmite a través de las redes de datos para recibir la información y realizar un proceso inverso que permite obtener señales de audio a partir de la serie de paquetes de datos recibidos.

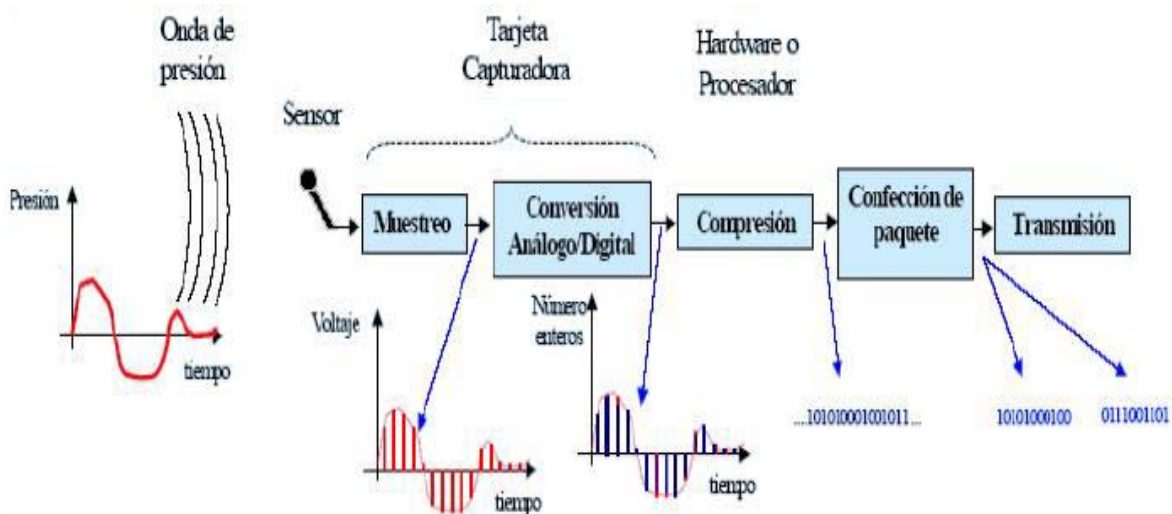
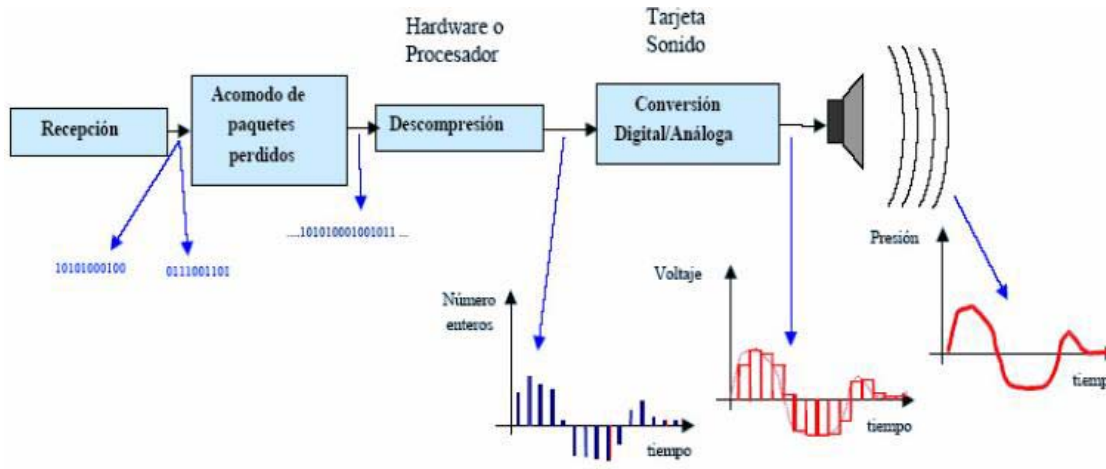


Figura 2.5 Transformación de ondas de presión a paquetes de bits

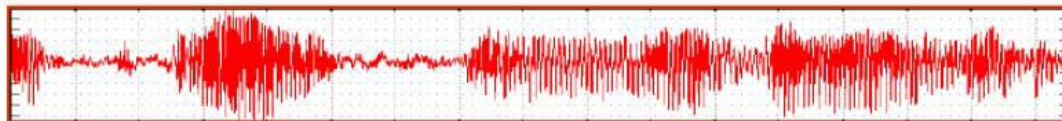




**Figura 2.6** Transformación de paquetes de datos a ondas de presión

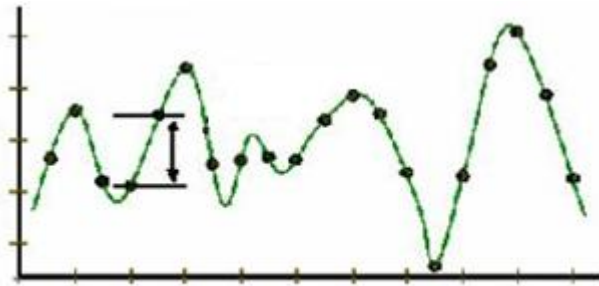
Después que cada muestra de sonido es digitalizada, se acumulan entre 20 a 40 milisegundos de voz (160 a 320 muestras), son comprimidas y estructuradas dentro de un paquete de datos para su transmisión. La compresión en el audio es la eliminación de redundancias de sonidos y una eventual omisión de información poco relevante. El objetivo de estos procesos es la reducción en el consumo de ancho de banda o almacenamiento.

Un ejemplo claro en la compresión de audio es la eliminación de redundancias como el silencio, que no es necesario transmitirlo. En la figura siguiente, se muestra un patrón de audio que contiene una gran cantidad de silencio, que utilizará una cantidad considerable de datos adicionales en el proceso de digitalización. Para tener un mejor manejo en la compresión, los datos producidos en los momentos de silencio pueden ser omitidos.



**Figura 2.7** Ejemplo de una señal de audio con silencio

Las técnicas de compresión constan de varias herramientas, las herramientas más utilizadas en los sistemas de Video-Streaming es la codificación de la forma de onda y modelar el tracto bucal. Para evitar el envío de cada muestra codificada y solamente transmitir las diferencias que existen entre cada muestra, que al ser menores se pueden representar con menos bits. En este caso, se utilizan las muestras ya recibidas para predecir la siguiente muestra y enviar la diferencia que existe entre la muestra predicha y la muestra real, este método es llamado Modulación de Código por Pulsos Diferenciales Adaptables (ADPCM).

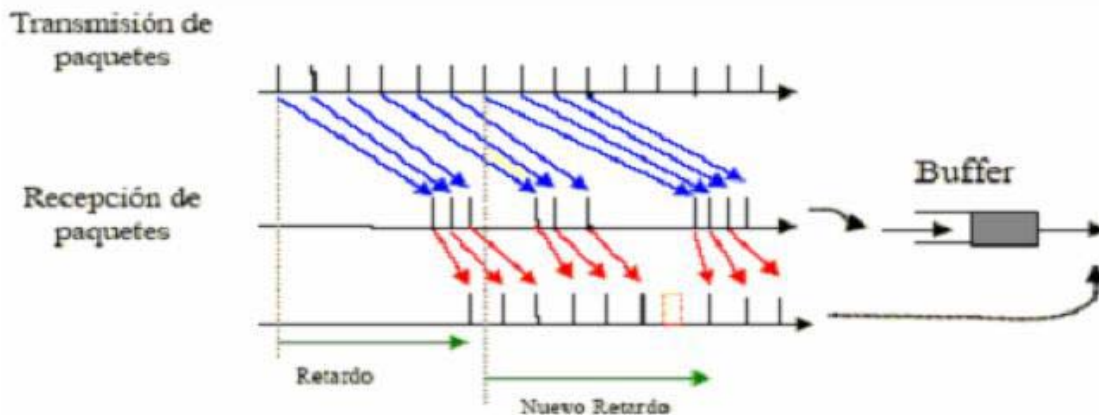


**Figura 2.8** Ejemplo de modulación ADPCM

Al modelar analíticamente el tracto bucal se producen parámetros que se ajustan mejor al modelo de cada una de las partes de la señal de audio. Este método es similar al anterior, porque también se envía la señal de error entre el valor obtenido con el modelo y el real.

En la codificación, se elimina el silencio en las tramas de audio que produce una pérdida de continuidad en el tiempo y una pérdida de sincronía con el video. Es por esto que existen marcas de tiempo en la codificación. Las señales de audio son continuas, por lo que si cada muestra es recibida podemos mantener la relación temporal del contenido. Pero, cuando es necesario eliminar las señales producidas por el silencio, se produce una pérdida de paquetes, por lo que, si el audio esta sincronizado con otros medios es necesario incorporar marcas de tiempo en cada paquete, esto con el fin de reproducir su contenido de forma sincronizada. Estas marcas de tiempo también permiten estimar las variaciones del retardo en la red y así ajustar los retardos en la reproducción.

Es muy habitual que en las redes se puedan producir colisiones entre los paquetes que llevan el contenido multimedia, lo que produce un retardo de tiempo para que los paquetes lleguen a su destino. Por lo tanto, para hacer frente a las pérdidas y retardos, se necesita utilizar un “Buffer” que iguale la carga de información utilizando la información redundante. Con un Buffer se disminuye la carencia de paquetes porque se agrega información de forma inteligente con las señales redundantes almacenadas.



**Figura 2.9** Esquema de almacenamiento en Buffer

El proceso de codificación de audio es realmente importante porque disminuye la utilización de ancho de banda innecesario, para su posterior aplicación en la IPTV. Finalmente, el proceso completo de codificación de audio, tanto en el emisor como en el receptor, se muestra a continuación.

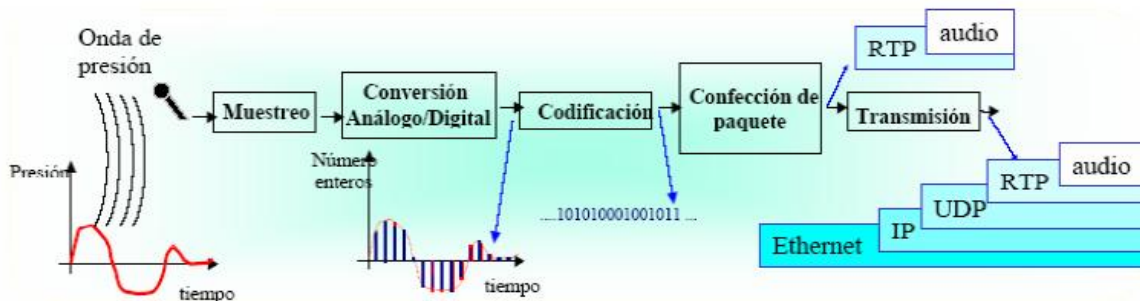


Figura 2.10 Codificación de audio del Transmisor

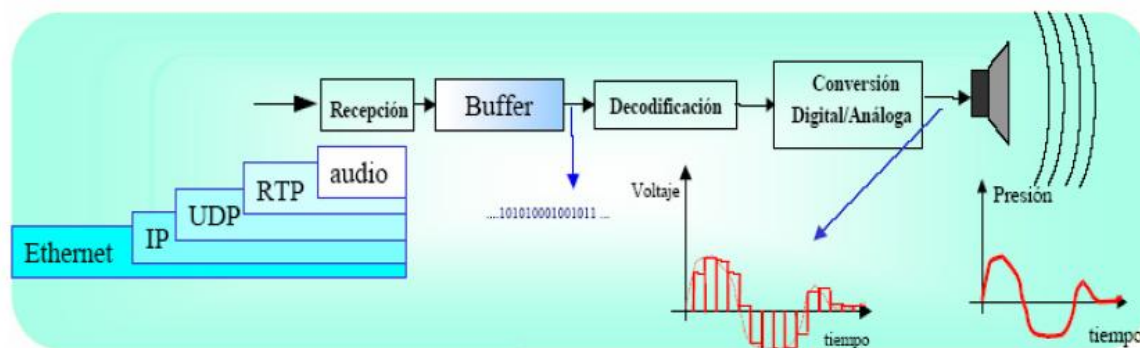
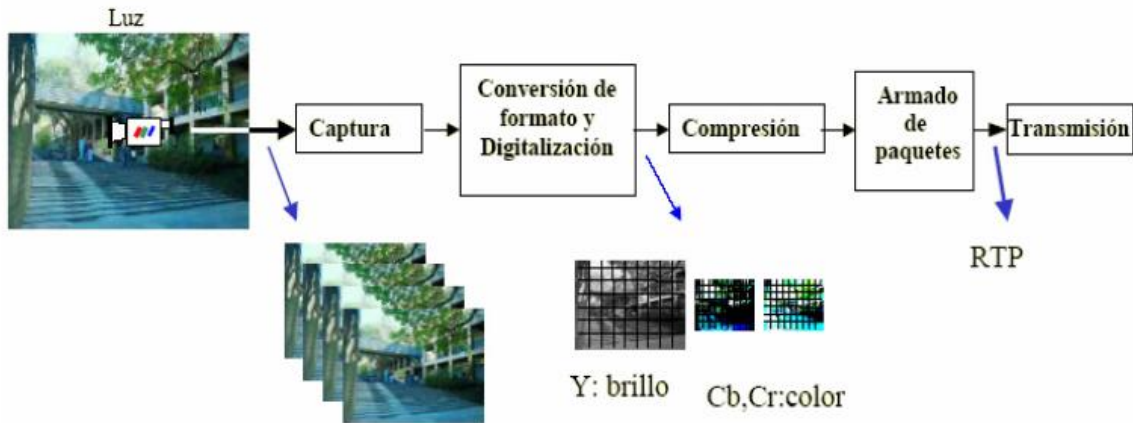


Figura 2.11 Codificación de audio del Receptor

### 2.1.2. CODIFICACIÓN DE VIDEO

Para las señales de video se presenta un proceso diferente, porque los humanos podemos ver la luz reflejada por los objetos de forma continua, con lo que se generan diferentes colores dependiendo de la forma de los objetos para reflejar la luz. Por lo que, en el caso de las señales de video, se realiza algo parecido, pero solo se captan secuencias discretas de imágenes, las cuales al observarlas una tras otra de forma rápida, producen a nuestros sentidos la sensación de movimiento. En una cámara de video se generan 30 cuadros por segundos (formato NTSC).

El proceso de codificación de video es parecido al proceso de codificación de audio, ya que las señales analógicas se procesan y se transforman en señales digitales, por lo que es necesario muestrear, cuantizar, digitalizar, comprimir y formar paquetes de datos para que puedan ser transmitidas a través de la red.



**Figura 2.12** Proceso de codificación de video

El ojo humano distingue mejor la intensidad de luz o brillo en comparación con el color, por esto cada cuadro es almacenado con un cuarto de resolución para cada componente de color.



**Figura 2.13** Proceso de eliminación de redundancia de la imagen

Una vez obtenidas las componentes digitales de crominancia y luminancia de cada una de las imágenes, se procede a hacer la compresión, que trata de eliminar la redundancia en las imágenes y hacer los cambios imperceptibles para el ojo humano.

Los pasos para la compresión son los siguientes:



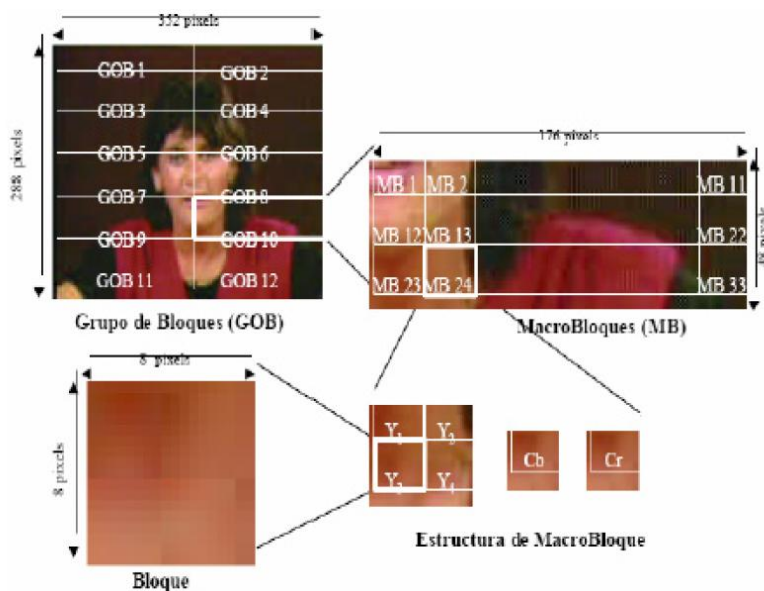
**Figura 2.14** Proceso de compresión para cada imagen de video

Los tipos de redundancia existentes son:

- **Espacial.** En cada imagen hay zonas regulares
- **Temporal.** Los cuadros continuos son parecidos
- **Psicovisual.** No se distinguen los detalles

Para un mayor nivel de compresión no es necesario utilizar 30 cuadros por segundo, pueden bastar 10. Además es posible utilizar resoluciones pequeñas, por ejemplo de 320x240 píxeles. Los humanos notamos más los valores promedios en la imágenes en comparación con los detalles, los promedios son codificados con mayor precisión, mientras que los detalles son codificados con menor precisión o en el caso que los detalles sean poco notables al ojo humano se pueden eliminar.

Después se toman diferencias del cuadro actual con respecto al cuadro anterior. Como la imagen pudo moverse se busca el cuadro en un entorno (predicción de movimiento). Necesitamos saber que cada cuadro no cabe en un paquete, por lo que se agrupan varios rectángulos autónomos.



**Figura 2.15** Agrupación en cuadros de una imagen a comprimir

En el receptor se hace básicamente la operación inversa del proceso de codificación descrito anteriormente. El despliegue se hace en el monitor por lo que se utiliza mucho la capacidad de la Unidad Central de Procesamiento (CPU) al descomprimir y hacer el cambio de formato para cada píxel. Como hay un gran movimiento y transferencia de datos en los buses internos de la computadora se puede presentar una disminución en la velocidad del sistema, por lo que las señales de audio (más pequeñas) deben esperar a las señales de video para que puedan ser reproducidas de forma síncrona.



### **2.1.3. CODEC'S UTILIZADOS POR LOS SISTEMAS DE VIDEO-STREAMING**

El audio y el video una vez digitalizados se almacena en las computadoras en forma de archivos. Debido a que la información digital audiovisual es un gran negocio, en nuestros días se tiene una necesidad de almacenar cada minuto de audio y video en diferentes soportes, como discos duros, CD-ROM's, DVD's, etcétera. En cualquier caso, el almacenamiento debe ser inteligente. Es decir, no se trata nada más de copiar o capturar el material desde los reproductores o emisores de la señal (videocaseteras, lectores de DVD, lectores de CD, videocámaras), también es necesario comprimir.

Un archivo de audio consiste en un arreglo ("array") de números (un arreglo es una matriz de datos del mismo tipo). Cada uno de estos números representa el volumen y la frecuencia de sonido en un instante de tiempo. Por lo que todos estos números unidos y ejecutados por el reproductor apropiado, ganarán un flujo cambiante de frecuencias y volúmenes que serán entonces escuchados como voz, música o efectos de sonido.

Los archivos de video se comportan de manera similar, aunque utilizan los arreglos de números para definir colores, brillo, contraste o coordenadas de cada parte de la serie de cuadros que componen una secuencia de imágenes o película.

La compresión digital de audio y video se puede realizar de diferentes maneras. Al almacenar o leer un archivo multimedia se aplican fórmulas matemáticas, parte de estas fórmulas resuelven la compresión o descompresión de un archivo. Por lo tanto se necesita el desarrollo de software que funcione básicamente con esas fórmulas matemáticas de compresión, al cual se le llama códec y que significa COmpresor y DECompresor.

Regularmente un códec esta asociado a un formato de archivo en particular, pero un formato de archivo puede trabajar con más de un tipo de códec. Esto es porque mientras algunos códec se basan en fórmulas matemáticas estándar, otros son creados en base a nuevos conceptos de compresión. Es necesario que los códec estén instalados en los reproductores (computadoras y Set Top Boxes) para decodificar los diferentes tipos de archivos de audio y video.

Los programadores experimentan constantemente con nuevas fórmulas y técnicas de compresión de audio y video. En el video, el desarrollo de las fórmulas de compresión se enfoca en optimizar la reducción de la cantidad de colores, el ojo humano es más fácil de complacer que el oído. Entonces nuestra visión puede satisfacerse con una imagen de escasos 256 colores. Esta dosis de color es suficiente para delinear formas, contrastes, brillos y gamas de colores con una definición que es aceptada en buen grado por nuestra interpretación visual. En el caso del oído, un silencio o distorsión en el sonido puede ser detectado con facilidad, mientras que para nuestra vista, ante una secuencia de imágenes incompleta o distorsionada en alguna de sus áreas, nuestro cerebro tiende a autocompletar las piezas de información visual perdidas.

Los CODEC's se actualizan con el tiempo y utilizan una variedad de técnicas para obtener la mejor compresión posible de un archivo.

## 2.2. TIPOS DE SERVICIOS EN EL VIDEO-STREAMING

Para clasificar de manera correcta los diferentes tipos de servicio que utilizan los sistemas de Video-Streaming, se toma en cuenta la característica principal que distingue al servicio. Esta es la capacidad de interacción y elección de los usuarios a la hora de escoger el tipo de contenido y cuando lo va a reproducir, aunque para la transmisión de un canal de Televisión en vivo, esta característica no es aplicable.

Tomando en cuenta el parámetro anterior, los posibles servicios que puede ofrecer un sistema de Video-Streaming son:

- En Directo (Live), que es similar a un canal de Televisión en vivo.
- Bajo Demanda (On Demand), que funciona de forma similar a un reproductor de video.
- Casi Bajo Demanda (en Falso-Directo), que simula el funcionamiento de un servicio bajo demanda con flujos de video en directo.

El tipo de servicio ofrecido es un parámetro muy importante que se toma en cuenta en el diseño de sistemas de Video-Streaming, ya que a medida que aumenta la interactividad con el usuario también se incrementa la complejidad del sistema y por lo tanto aumenta el valor agregado del servicio ofrecido a los usuarios.

### 2.2.1. EN DIRECTO (LIVE)

Este servicio está orientado a la multidifusión, por lo que es primordial para la emisión en directo de un canal de Televisión. El funcionamiento básico de este servicio inicia cuando el servidor comienza a transmitir en un instante dado y los usuarios se conectan y ven la información que se está transmitiendo en ese instante.

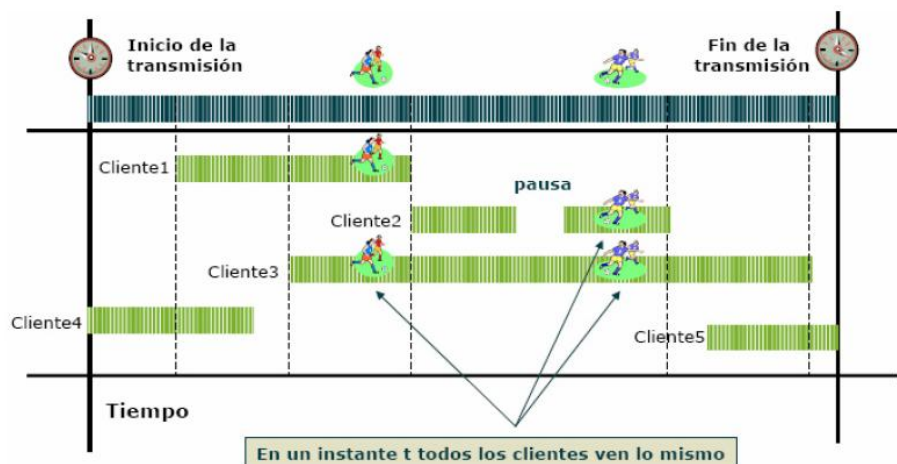


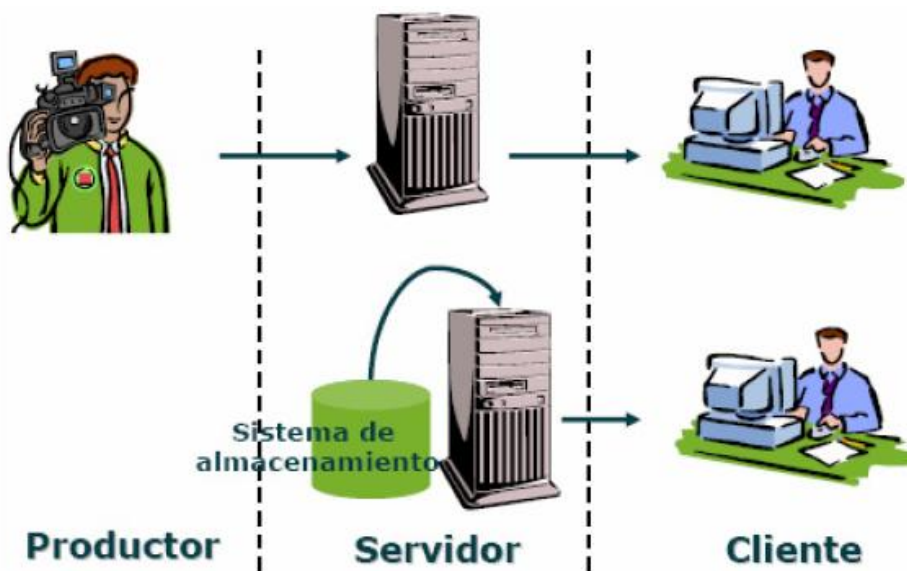
Figura 2.16 Proceso de una emisión en directo



En la figura anterior se puede ver claramente el proceso de transmisión para las emisiones en directo. En este tipo de servicio no existe interactividad, es decir, el usuario no puede adelantar o rebobinar, únicamente está permitido realizar pausas y cuando el usuario recupere nuevamente la reproducción, podrá ver la información que se está transmitiendo en ese instante.

Una de las características de este servicio, es que las señales transmitidas pueden ser clasificadas en función de la fuente:

- ✓ **Según el origen de las señales de A/V.** La transmisión puede hacerse con información en **vivo** o con **información almacenada**.



**Figura 2.17** Clasificación de señales en directo según el tipo de fuente

- ✓ **Según el tipo de transmisión.** Este tipo de transmisión puede ser orientada a uno a muchos usuarios, por lo que se derivan tres tipos de transmisión diferentes:
  - **Transmisión Unicast.** Consiste en la transmisión dedicada a cada usuario, es decir que se envían distintos flujos de paquetes de datos a distintos usuarios por igual, dividiendo el ancho de banda entre ellos.
  - **Transmisión Multicast.** Consiste en la transmisión por igual a un grupo de usuarios, por lo que se envían los paquetes de datos por la red a todos los usuarios que pertenezcan a un grupo determinado que desea recibir la información.
  - **Transmisión Broadcast.** Consiste en la transmisión por igual a todos los usuarios, enviando los paquetes de datos a todos los usuarios que estén conectados a la red y desean recibirla.

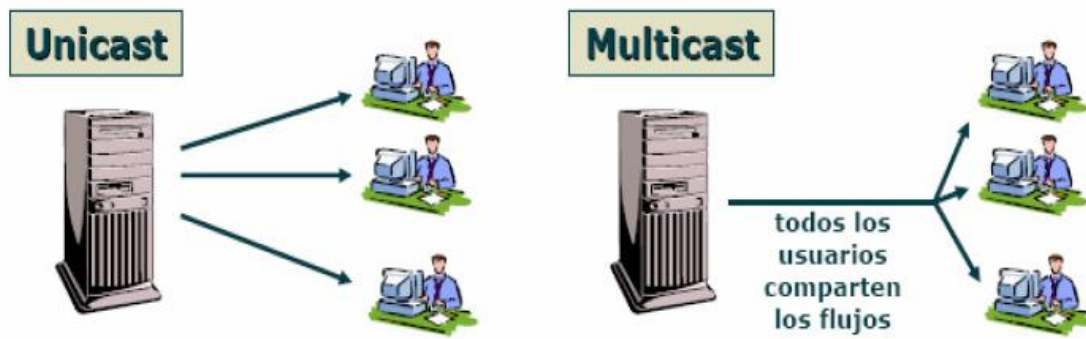


Figura 2.18 Clasificación de señales en directo según el tipo de transmisión

### 2.2.2. BAJO DEMANDA (ON DEMAND)

En la utilización de este servicio los usuarios solicitan el envío de información en el instante que lo deseen, por lo que la información esta personalizada para cada usuario, esta característica es la base del funcionamiento de la Televisión interactiva.

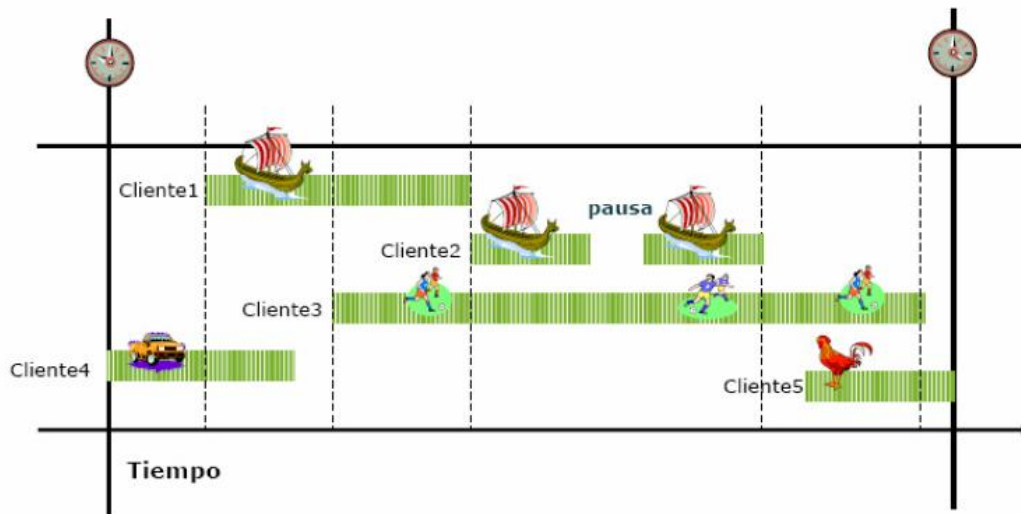


Figura 2.19 Proceso de transmisión bajo demanda

En este tipo de transmisiones, existen diversas formas de interacción entre los usuarios y los operadores, por ejemplo:

- ✓ **Pausas.** Este comando permite al usuario detener la reproducción en cualquier instante de tiempo y al continuar la reproducción, ésta retoma el punto donde se dejó.

- ✓ **Salto hacia adelante.** Permite posicionarse en zonas más adelantadas de la reproducción actual.
- ✓ **Salto hacia atrás.** En este caso es posible volver a visualizar partes de la reproducción.

### 2.2.3. CASI BAJO DEMANDA (EN FALSO-DIRECTO)

Esta transmisión, simula el funcionamiento del Video bajo Demanda mediante flujos de video en directo, pero lo hace siempre con información almacenada. Es decir, cuando llega un cliente se le incorpora al flujo que comienza (posiblemente tenga que esperar un pequeño intervalo de tiempo), pero cuando realiza alguna interacción, como las mencionadas anteriormente, se le incorpora al flujo de datos que emite la posición más cercana a la que solicita. Cuando los flujos terminan la emisión, se transmiten otra vez desde el principio (se realiza una emisión continua). Este método se utiliza para tratar de aprovechar las características de las transmisiones Multicast.

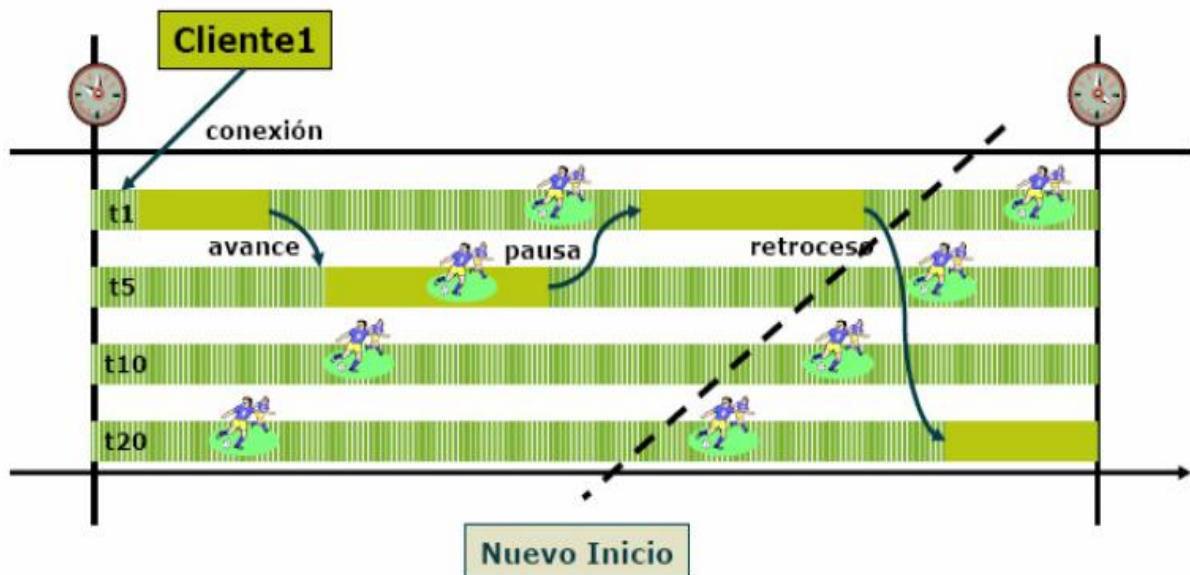


Figura 2.20 Proceso de transmisión casi bajo demanda

### 2.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VIDEO-STREAMING

Los sistemas de Video-Streaming están compuestos de tres componentes básicos:

- El servidor
- La red de comunicación
- Usuarios de contenidos multimedia

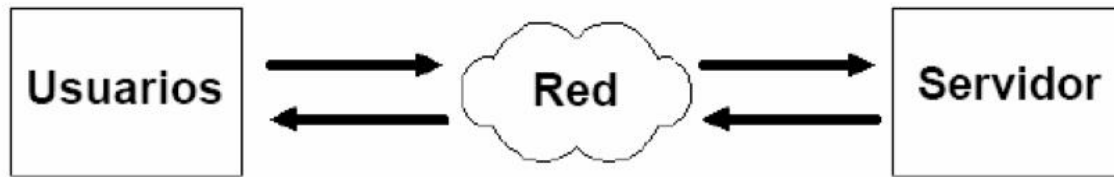


Figura 2.21 Componentes de un sistema de Video-Streaming

### 2.3.1. SERVIDOR DE VIDEO-STREAMING

En este dispositivo se almacenan los contenidos de video que pueden ser solicitados por los usuarios. Además, es el encargado de gestionar el servicio a los clientes, garantizando una cierta Calidad de Servicio (QoS) a lo largo del camino que tiene que seguir la información desde el servidor a los usuarios. Un servidor de Video-Streaming esta compuesto por tres subsistemas explicados a continuación:

- **Subsistema de Control.**

Es el encargado de recibir las peticiones de cada uno de los usuarios y ordenar las acciones que deben llevarse a cabo para poder atenderlas de la mejor forma posible. Este módulo debe decidir si la nueva petición puede ser ejecutada por el sistema sin que ello implique un deterioro en las peticiones activas. Cada una de las decisiones son tomadas por políticas de control de admisión que están en función de los recursos disponibles en el sistema y de los requisitos de la nueva peticiones. Otras funciones del módulo de control son la gestión de las estadísticas de utilización del sistema (contabilidad y facturación) y realización de tareas de optimización para incrementar la eficiencia del sistema.

- **Subsistema de Almacenamiento.**

Este módulo es el responsable de almacenar y recuperar la información multimedia desde los dispositivos de almacenamiento. Las principales dificultades que se presentan a la hora de realizar esta acción están relacionadas con el volumen de información que se debe gestionar y ser entregada, cumpliendo con las especificaciones de calidad del servicio de Video-Streaming requeridas para las aplicaciones de Video Bajo Demanda.

- **Subsistema de Entrega de Comunicación.**

Es el encargado de planificar el flujo de los contenidos multimedia en la red de transmisión. Este módulo también se encarga de gestionar las diferentes políticas de servicio que permiten optimizar los recursos del ancho de banda de la red y del servidor.

### **2.3.2. RED DE COMUNICACIONES**

Uno de los factores que han influenciado el rápido desarrollo de las aplicaciones multimedia, es el crecimiento de las redes de interconexión. Para permitir a los usuarios acceder a los contenidos multimedia las redes deben satisfacer al menos dos requisitos: disponer de mecanismos de transporte para enviar las peticiones y datos de cada usuario, y permitir que la información sea transmitida respetando los niveles mínimos de rendimiento (Calidad del Servicio).

La red de comunicaciones en un sistema de Video-Streaming se caracteriza por la utilización de amplios anchos de banda (capacidad de transferencia de grandes volúmenes de datos), además de grandes velocidades de transmisión. En un sistema de Video-Streaming se encuentran tres tipos diferentes de red: la red principal, la red troncal y las redes locales.

- La red principal es aquella en la cual se conectan los servidores de Video-Streaming y sirve como punto de conexión entre los servidores y la red de distribución (red troncal) de los contenidos multimedia a los usuarios.
- La red troncal (Backbone) permite interconectar la red principal con cada una de las redes de distribución locales (en caso de que existan) o bien directamente con los usuarios. Su objetivo es transportar, tan rápido como sea posible, la información generada por los servidores desde la red principal a los usuarios.
- Las redes locales son las responsables de la conexión final de los usuarios al sistema de Video-Streaming. Esta red requiere un ancho de banda inferior en comparación con los otros niveles, esto es porque el tráfico soportado por las redes de usuario tienen una naturaleza asimétrica, esto significa que se necesita un ancho de banda de entrada considerablemente mayor al tráfico de salida.

Por otro lado, dependiendo de la arquitectura del sistema se pueden definir solo dos niveles: la red principal y la red troncal.

### **2.3.3. USUARIOS DE CONTENIDOS MULTIMEDIA**

Los usuarios del servicio de Video-Streaming deben tener una recepción que permita la visualización sin cortes en los archivos multimedia, además de soportar los comandos VCR. La interfaz entre los usuarios y el sistema de Video-Streaming se realiza mediante un Reproductor (Player). Este módulo es el encargado de recibir instrucciones del usuario y enviar las señales correspondientes al servidor a través de la interfaz de red.

El Reproductor almacena los contenidos multimedia, recibidos desde el servidor, dentro de los Buffers locales, posteriormente decodifica los contenidos que recibe en tiempo real y envía las imágenes obtenidas a la pantalla con una correcta sincronización.

En general los sistemas de Video-Streaming constan de cuatro componentes principales:

- ✓ **Interfaz de Red.** Permite al usuario recibir y enviar información desde o hacia los servidores.
- ✓ **Decodificador.** Se utiliza para reducir los requisitos de almacenamiento, ancho de banda de disco y ancho de banda de red. Los contenidos multimedia suelen estar codificados, por lo que, se necesita un decodificador en el lugar de cada usuario para procesar el video antes de ser presentado en la pantalla.
- ✓ **Buffer.** Debido a los retrasos generados por la red de datos, el tiempo de llegada de la información no puede ser determinado con exactitud. Para conseguir una reproducción sin cortes, el servidor debe garantizar que la siguiente parte del video que se va a visualizar este disponible antes que el usuario lo requiera. Para lograr este objetivo, el servidor envía datos al usuario en adelanto, de forma que se asegure un margen de tiempo que minimice los posibles retardos inesperados introducidos por la red de comunicación. Como los datos no son utilizados inmediatamente por el usuario, se tienen que almacenar temporalmente en un buffer hasta que sean requeridos.
- ✓ **Hardware de sincronización.** Los videos están compuestos por un flujo de datos de video y un flujo de datos de audio independientes. Para poder realizar una reproducción correcta, ambos tipos de información deben estar sincronizados entre sí antes de que sean reproducidos.

El desarrollo de los reproductores se mantiene en una continua evolución que no esta enfocada solamente en reducir el costo, sino también en incrementar su potencia debido al rápido desarrollo tecnológico de la industria de computadoras. Mientras las recientes generaciones de reproductores están bastante limitadas con respecto a la funcionalidad y a la capacidad, las tendencias actuales intentan sobrepasar el mero rol de receptor y decodificador de video, convirtiéndolo en un verdadero centro de entretenimiento familiar, además de incrementar su capacidad de almacenamiento y de procesamiento.

## 2.4. FORMATOS DE LOS ARCHIVOS DE VIDEO-STREAMING

Para cada uno de los diferentes formatos de archivos (meta-archivos y archivos de audio y video), necesitamos conocer cuáles son sus características y cuáles son los formatos más comunes en los sistemas de Video-Streaming y aplicaciones multimedia.

### 2.4.1. META-ARCHIVOS (META-FILES)

El prefijo META, viene del griego y significa “próximo o cercano”, por lo tanto, un meta-archivo es un tipo especial de archivo que describe o brinda más información acerca de otro archivo. Los meta-archivos son archivo de texto que utilizan la extensión XML (eXtended Markup Language) para definir tipos de información específica.

Los meta-archivos cuentan con varias maneras de obtener un funcionamiento más eficiente del reproductor.

El uso más común de los meta-archivos es como archivo para lectura y escritura de “playlist” (listas de reproducción) en el disco duro. Un archivo de listas de reproducción contiene una lista de directivas que el reproductor de audio/video debe ejecutar en el orden y forma que el archivo “playlist” le indique. Además, un “playlist” puede ser enviado por correo electrónico (e-mail) o estar alojado en un servidor para descargarlo.

Las aplicaciones más comunes de una lista de reproducción son:

- ✓ Vincular contenidos multimedia para enriquecer una presentación.
- ✓ Insertar publicidad (gráficos, audio, video) en la pantalla principal del reproductor, entre los archivos de contenido principales (parecido a cortes comerciales de Televisión), insertar publicidad en áreas específicas de la pantalla del reproductor o página Web (en el caso de que el archivo este incrustado en un documento HTML) mientras se ejecuta el archivo de audio o video, los comerciales pueden contener enlaces hacia páginas Web en direcciones de correo electrónico.
- ✓ Titular o subtítular archivos de video, esta aplicación es útil para la traducción del contenido audiovisual (un meta-archivo puede permitirle al usuario seleccionar el idioma) para ayudar a personas con discapacidad auditiva o para resaltar secciones en un archivo de audio o destacar escenas en un archivo de video.
- ✓ Enviar notificaciones o comunicados en Video-Streaming media, por ejemplo en un evento que será transmitido en vivo, un meta-archivo puede especificar cuando y en que canal tomará lugar la transmisión, de esta forma el reproductor puede comenzar a recibirla en el momento debido.

#### **2.4.2. ARCHIVOS DE AUDIO**

La mayoría de las personas ha escuchado archivos de audio (música, voz, etcétera) en una computadora y lo que hace es indirectamente reproducir archivos de audio que dependiendo del reproductor utilizado tienen formatos y extensiones diferentes.

#### **2.4.3. ARCHIVOS DE VIDEO**

Este tipo de formato es utilizado para archivos que contiene datos de video y la diferencia principal entre los formatos y extensiones son las técnicas de compresión que utilizan cada uno de sus desarrolladores.



## 2.5. OPERACIÓN DE LOS SERVIDORES DE VIDEO-STREAMING

Para que un servidor pueda ejecutar sus funciones, éste debe realizar una secuencia de tareas periódicas y cada una de ellas esta sujeta a una estricta temporización, de forma que se garantice un continuo flujo en la información a lo largo de todo el camino de servicio que debe seguir la petición. Este camino de servicio se inicia en el subsistema de almacenamiento, pasando por el subsistema de inyección en la red que se encarga de enviar los contenidos multimedia a través de la red de comunicación.

Los distintos módulos que componen un servidor de Video-Streaming son: el módulo de control de admisión, los planificadores de disco y de red y el gestor de almacenamiento. Las funciones realizadas por cada uno de estos módulos y algunas de sus políticas de operación más significativas aparecen posteriormente.

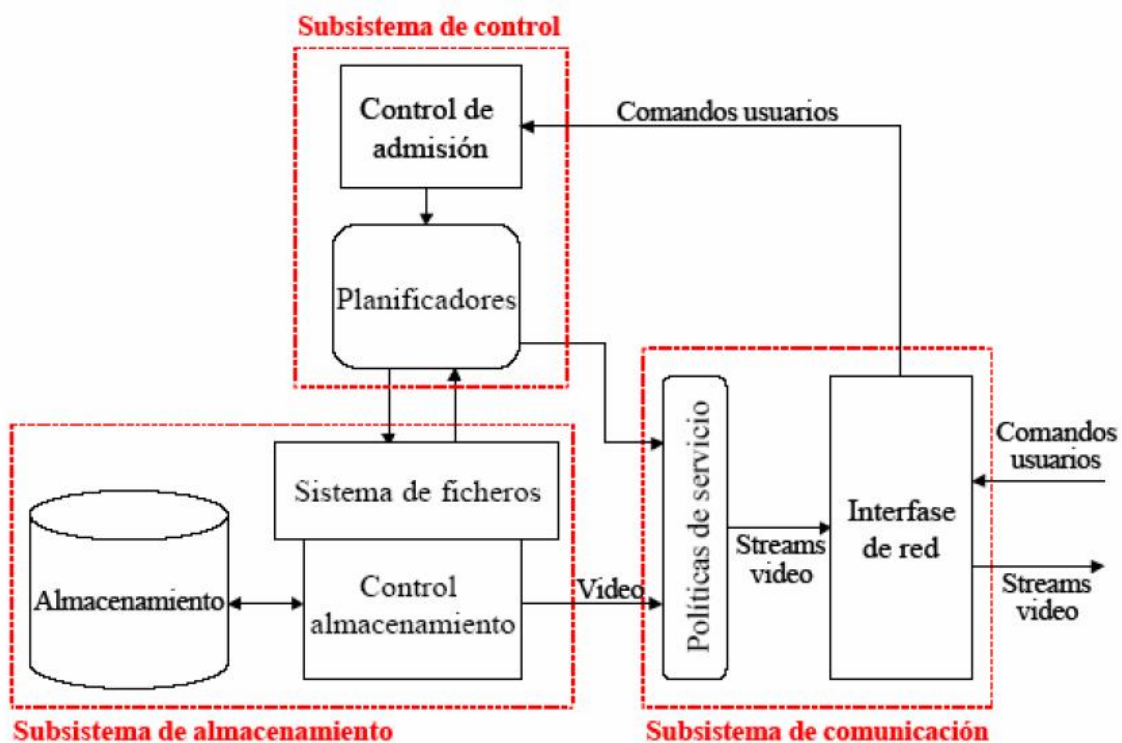


Figura 2.22 Módulos que componen un servidor de Video-Streaming

### 2.5.1. CONTROL DE RECURSOS

Para garantizar que los nuevos clientes cuentan con un servicio continuo y sin interrupciones, garantizando una buena calidad de servicio en las conexiones existentes, el servidor debe contar con los recursos suficientes (ancho de banda de entrada y salida en disco, buffers de memoria, ancho de banda de procesamiento y ancho de banda de red) antes de admitir una nueva petición. La decisión de que una petición se puede o no

servir con los recursos disponibles, recae bajo la responsabilidad del módulo de control de admisión del servidor.

Antes de admitir una nueva petición, un conjunto de parámetros de Calidad de Servicio (QoS) son transmitidos por el usuario para que sean comprobados por el servidor. Si esta Calidad de Servicio pedida no puede ser soportada, la petición será denegada o alternativamente se establecerá un proceso de negociación entre el servidor y el usuario para reducir los requisitos solicitados.

El algoritmo de control de admisión debe disponer de conocimientos sobre la capacidad del subsistema de almacenamiento y la política de servicio activa, de forma que se pueda evaluar adecuadamente el volumen de recursos requeridos para atender la nueva petición (en el caso de que se puedan utilizar políticas de Multicast que permitan reducir el consumo de recursos).

### 2.5.2. PLANIFICADORES

En un modelo genérico, el servidor de video se compone de un planificador de disco y un planificador de red. El planificador de disco determina cómo y cuándo se tiene que transferir desde el subsistema de almacenamiento hasta los buffers intermedios de memoria. El planificador de red determina cómo y cuándo la información se transfiere desde los buffers de memoria a la red, para su transmisión a los clientes.

- ✓ **Planificador de Disco.** Para una eficiente utilización del ancho de banda de disco, el planificador de disco se suele organizar en ciclos. En su forma más sencilla, el esquema basado en ciclos consiste en que cada ciclo se planifican y se leen los datos que necesita transmitir el planificador de red en el siguiente ciclo. El principal motivo para esta organización en ciclos es que permite desligar el orden de transmisión de los datos a los usuarios del orden de lectura desde los dispositivos de almacenamiento. Al poder leer los bloques del disco en cualquier orden se pueden minimizar los tiempos de búsqueda (seek) en el disco. El orden de lectura de cada uno de los bloques del disco en cada uno de los ciclos, dependerá de la política concreta que se aplique. Se pueden utilizar políticas genéricas como el SCAN, EDF, o SCAN-EDF, o bien políticas específicas orientadas a sistemas de tiempo real como GSS (Grouped Sweeping Scheme).
- ✓ **Planificador de Red.** Los dos principales objetivos de las políticas de planificación de red (presuponiendo la correcta recepción de los usuarios) son: simplificar la gestión del sistema de Video-Streaming (suavizando los requisitos de tiempo real o la variabilidad de la frecuencia de compresión de los contenidos multimedia) y reducir los recursos requeridos para servir las peticiones.

Una de las técnicas más conocidas que permite reducir los requisitos de ancho de banda, es el "Smoothing" o suavizado. En esta técnica se utiliza el buffer del cliente para enviarle datos (trozos del video) por adelantado, minimizando la posibilidad de que el usuario

perciba un retardo. El objetivo de estos datos enviados por adelantado, es permitir que el planificador de red pueda minimizar la fluctuación en los requisitos de ancho de banda de red de los contenidos multimedia.

El “Prefetching” es otra técnica que intenta enviar datos por adelantado al servidor, pero en este caso, con el objetivo de reducir los requisitos de tiempo real del sistema y optimizar los recursos del sistema, aprovechando los periodos de tiempo en los cuales el sistema está inutilizado.

Para reducir los requisitos de ancho de banda del sistema, el planificador suele implementar distintas políticas de servicio.

### **2.5.3. POLÍTICAS DE SERVICIO**

Las políticas de servicio son las encargadas de decidir cómo se deben gestionar las peticiones de los usuarios y el tipo de servicio que finalmente ofrece el sistema. Existen tres tipos de categorías de políticas de servicio, en función del tipo de comunicación utilizada: Unicast (uno a uno), Broadcast (uno a todos) y Multicast (uno a n):

- ✓ **Unicast.** Es la política de servicio más sencilla, esto es porque se basa en enviar un flujo de información independiente (mediante una transmisión Unicast) para cada una de las peticiones. La principal ventaja de esta técnica estriba en que puede soportar un flujo de Video-Streaming verdadero y los comandos del usuario. Por otro lado, podemos destacar su poca eficiencia con respecto a la utilización de los recursos del sistema y a los grandes anchos de banda requeridos para servir a un número elevado de usuarios.
  
- ✓ **Broadcast.** Esta política intenta maximizar la eficiencia de los recursos del sistema a costa de la interactividad de los usuarios. Se utiliza principalmente para ofrecer servicios de Video-Streaming de bajo costo. Las políticas de Broadcast se basan en las comunicaciones con el mismo nombre, en las cuales se permite enviar un mismo flujo de datos a todos los usuarios de una red de forma indiscriminada. Los receptores deben decidir si la información les interesa o no. Si no es así, entonces sencillamente descartan la información recibida. Lo cual implica que los Streams (paquetes de datos) utilicen ancho de banda de la red, tanto si van a ser utilizados por usuarios como si ningún usuario los utiliza. Esta característica condiciona la utilización de estas políticas ya que requieren que la información que se está transmitiendo tenga una alta frecuencia de acceso para obtener un rendimiento acorde con el ancho de banda utilizado. Ésta es la principal razón por la cual esta técnica solo se emplea con videos cuya popularidad es muy alta. Existen diversas técnicas de Broadcast, las cuáles se diferencian principalmente en la forma en que se fracciona y se transmite el contenido multimedia. Los principales parámetros con los que juegan estas

técnicas son el número de Streams utilizados en el Broadcast de la película y la frecuencia de transmisión de cada uno de los trozos.

- ✓ **Multicast.** Mediante las técnicas de Multicast el flujo de información solo se envía, de forma indiscriminada, a un grupo de usuarios que han pedido los mismos contenidos. De esta forma, un Stream de Multicast siempre tiene por lo menos un destinatario y nunca se malgasta el ancho de banda. Ésta es la razón principal por la cual estas técnicas suelen tener rendimiento más eficiente que las técnicas de Broadcast. Algunas de las políticas más significativas de Multicast, son las siguientes:
  - La política de “Batching” se basa en retrasar las respuestas (transmisión de los contenidos) a los usuarios de forma que varias peticiones a un mismo video se puedan servir, utilizando un único flujo de información. La principal ventaja de esta técnica consiste en que se permite un considerable ahorro de recursos del sistema de Video-Streaming, además que no requiere que el Reproductor del usuario disponga de características específicas. En su contra está que no puede ofrecer un servicio de Video-Streaming verdadero y que puede causar la cancelación de la petición por parte del usuario si éste no está dispuesto a esperar durante más tiempo por el servicio solicitado.
  - La política de “Patching” es una de las primeras políticas de Multicast que soporta los servicios de Video-Streaming verdadero. Esta política se basa en aprovechar los flujos de información que se están transmitiendo a otros usuarios para reducir los requisitos de las nuevas peticiones. Cuando el servidor recibe una nueva petición se comprueba si existe algún Stream que esté transmitiendo el mismo contenido y que esté dentro de la ventana de tiempo del buffer del nuevo usuario (el minuto  $x$  de la información que se está transmitiendo, no tiene que ser mayor que la capacidad del buffer). Si la condición se cumple, el nuevo usuario se añade al canal de transmisión activo (con lo cual se asegura la recepción de todo el resto del video a partir del minuto  $x$  mediante un Multicast) y se crea un canal específico para el trozo de video que falta (canal de patch o parche) de forma que se pueda empezar inmediatamente la reproducción de video. Esta política tiene una serie de ventajas como son el tiempo mínimo de respuesta a los clientes, que permite expandir el canal de Multicast para servir a nuevas peticiones, además que la mayoría de los canales de patch son de corta duración. Es contraparte, esta técnica requiere que el reproductor del usuario disponga de un buffer para guardar alrededor de 5 minutos de video (tamaño normalmente utilizado mediante esta técnica) y además debe soportar la repetición simultánea de al menos dos canales de transmisión de entrada (canal de path + canal Multicast).

- Existen otras técnicas Multicast que permiten crear una estructura jerárquica de Multicast (política de “Merging”), o que logran la fusión de las peticiones de los usuarios en un canal Multicast, incrementando el volumen de información enviada al usuario (piggybacking) o bien incrementando el nivel de compresión de los contenidos enviados (skimming).

#### **2.5.4. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO**

Debido al volumen de información gestionado en un sistema de Video-Streaming, el sistema de almacenamiento puede resultar muy costoso en el caso de que se utilicen exclusivamente discos magnéticos. Para construir un sistema de Video-Streaming con una buena relación entre las prestaciones y el costo, resulta lógica la utilización de sistemas de almacenamiento híbridos que combinan dos o más dispositivos de almacenamiento.

Un sistema jerárquico de almacenamiento está constituido por distintos niveles: memoria (formado por los buffers internos del servidor), discos magnéticos (para almacenar los videos con una popularidad media alta) y los discos ópticos (para aquellos contenidos con la frecuencia de acceso más baja). El número de peticiones concurrentes que puede ser gestionado por un único disco está limitado por su rendimiento, es decir por el ancho de banda del disco requerido para proporcionar un contenido multimedia. Una aproximación que se puede utilizar para solucionar esta limitación consiste en mantener múltiples copias de un contenido en diferentes discos, sin embargo esta solución resulta bastante costosa.

Una mejor aproximación consiste en fraccionar los ficheros multimedia en múltiples discos, utilizando técnicas de “Striping”, “Interleaving” o una combinación de ambas. La técnica de “Striping” utiliza la tecnología de RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) que permite realizar accesos en paralelo a un arreglo de discos. Mediante el “Interleaving”, los bloques de un fichero multimedia son almacenados de forma intercalada a lo largo de un conjunto de discos.

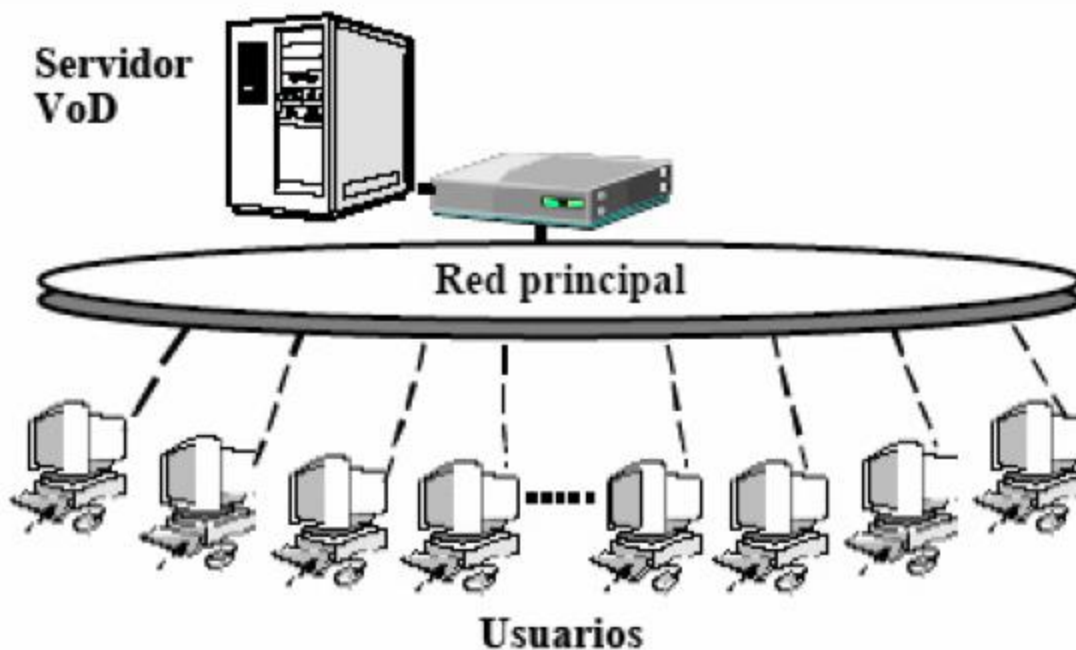
#### **2.6. ARQUITECTURAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE VIDEO-STREAMING**

Se han descrito los principales componentes y políticas que integran un sistema de Video (específicamente bajo Demanda). Sin embargo, a la hora de implementar un sistema de estas características se pueden adoptar diversas arquitecturas.

En este apartado se describen la organización y características de las principales arquitecturas utilizadas para el diseño e implementación de los sistemas de Video-Streaming.

### 2.6.1. ARQUITECTURAS CENTRALIZADAS

Estos sistemas se basan en la conexión de todas las redes de usuario del sistema a una red principal a la cual se conecta un servidor o un conjunto de servidores. Las principales características, que definen las configuraciones centralizadas, son la gestión centralizada de todas las peticiones de los usuarios y la utilización de una red principal que es compartida por todos los flujos de información del sistema. Existen dos categorías de sistemas centralizados en función del número de servidores utilizados: arquitecturas con un único servidor y arquitecturas basadas en múltiples nodos de servicio (arquitectura de servidor distribuida).



**Figura 2.23** Esquema de arquitectura centralizada

En la primera configuración, donde se utiliza un único servidor, la gestión de los clientes se basa en un único nodo de servicio que centraliza la gestión de todas las peticiones. En este tipo de arquitecturas, el servidor de video utilizado puede variar desde una computadora (para sistemas de pequeña escala) hasta supercomputadoras con cientos de procesadores (sistemas de gran escala). Sin embargo, esta aproximación, en general, tiene diversas limitaciones con respecto a la escalabilidad, tolerancia a fallas y disponibilidad del servicio.

Para evitar los inconvenientes asociados con la utilización de un único servidor se propone la utilización de múltiples nodos de servicio, de forma que se logre un servidor escalable (mediante la inclusión de nuevos nodos de servicio) que sea tolerante a fallas (ya no depende de un único punto de falla) y que pueda alcanzar una mayor capacidad de servicio.

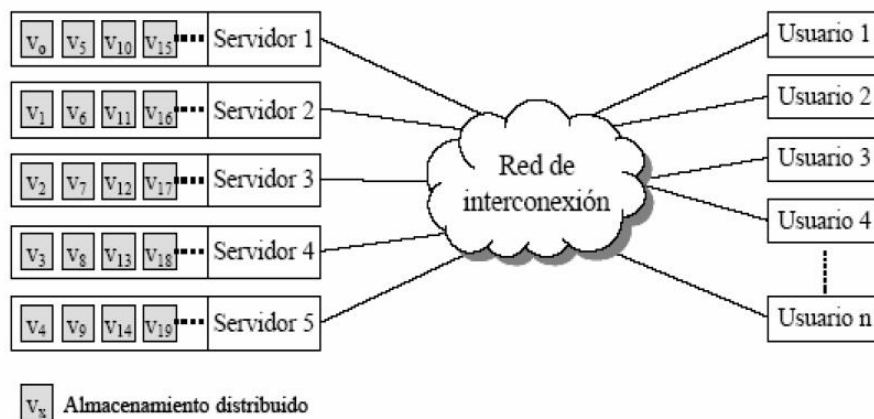


Dentro de las arquitecturas centralizadas basadas en múltiples nodos de servicio, podemos encontrar dos configuraciones diferentes, en función de cómo se organizan los distintos nodos: servidores paralelos (arreglo de servidores) o formando un “clúster”.

En general, los servidores centralizados obtienen mejores rendimientos con respecto a la probabilidad de bloqueo de las peticiones, siempre que ambas configuraciones dispongan del mismo ancho de banda de entrada y salida (E/S). Sin embargo, los servidores distribuidos tienen una mejor escalabilidad, una alta disponibilidad, un mejor costo y pueden alcanzar el mismo rendimiento que los servidores centralizados incrementando su capacidad de almacenamiento o de entrada y salida.

El principal problema que sufren las arquitecturas centralizadas es el cuello de botella que presenta la red principal. La escalabilidad futura del sistema queda limitada por el ancho disponible en esta red.

- ✓ **Servidores Paralelos o Arreglo de Servidores.** Esta arquitectura consiste en un arreglo de servidores, que trabajan de forma similar a un arreglo de discos. Los distintos nodos de servicio no almacenan videos completos, sino que los videos son divididos en trozos y éstos son distribuidos entre los diferentes nodos para lograr una distribución de la carga más homogénea entre todos los servidores. A continuación se muestra la configuración de una arquitectura de servidores paralelos compuesta por cinco servidores, todos ellos son conectados con los usuarios a través de una red de interconexión. Cada uno de los servidores almacenan un subconjunto de segmentos ( $v_1, v_2, \dots, v_n$ ) de los videos del catálogo del sistema.



**Figura 2.24** Esquema de servidores paralelos

Cuando se produce una petición, cada nodo de servicio es el responsable de transmitir al usuario los fragmentos de video solicitado que se encuentran en sus discos. El cliente tiene la responsabilidad tanto de fraccionar su petición en las distintas solicitudes a cada uno de los nodos de servicio, como de posteriormente recombinar y sincronizar los distintos flujos de información recibidos, para poder reproducir el contenido multimedia.

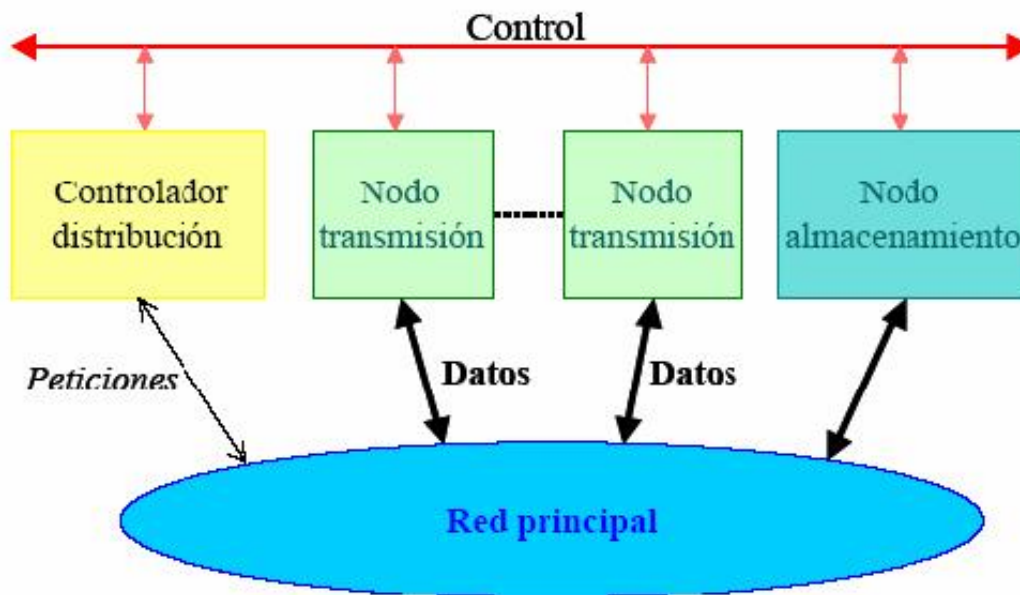


Esta arquitectura permite escalar la capacidad del sistema, añadiendo nuevos nodos, aunque se requiere realizar una nueva redistribución de los videos que tengan en cuenta los nuevos servidores añadidos.

Otra de las ventajas asociadas con esta configuración es que permite un balanceo automático de la carga del sistema y que aumenta la tolerancia a fallas respecto a las arquitecturas basadas en un único nodo de servicio. La principal desventaja de estas aproximaciones es que incrementan los requisitos de los reproductores de los usuarios y complica considerablemente su diseño. Para evitar la utilización de reproductores demasiados complejos, se ha propuesto la utilización de un "proxy" entre los servidores y los clientes. En estos sistemas, el término proxy hace referencia al módulo del sistema encargado de resecuenciar y fusionar los datos procedentes de los distintos servidores en un flujo de información coherente para entregárselo al usuario final. El proxy puede también utilizar información redundante para enmascarar posibles fallas en los servicios.

Además, al no existir un nexo común en la gestión de las peticiones de los usuarios, la utilización de políticas de compartición de recursos se complica considerablemente.

- ✓ **Clúster de Servidores.** Una arquitectura basada en un clúster consiste en un grupo de nodos conectados entre si por una red de interconexión. Cada uno dispone de un disco local conectado a él.



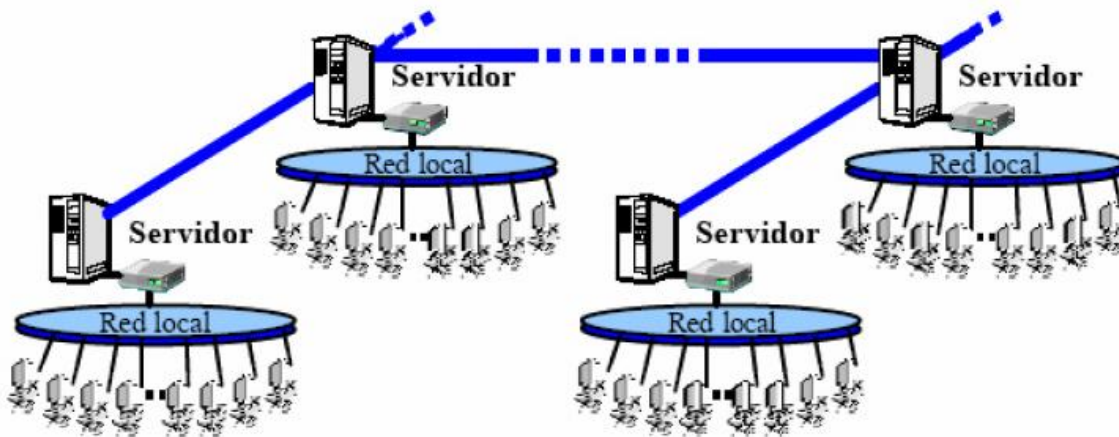
**Figura 2.25** Esquema de un clúster de servidores

Los nodos del clúster se pueden dividir en tres categorías, nodos de transmisión, nodos de almacenamiento y un nodo de control. El nodo de control, admite las peticiones de la red externa basándose en una estrategia de control de admisión predefinida o dinámica. Los nodos de almacenamiento, guardan los contenidos de forma similar a los servidores

paralelos (cada objeto multimedia es dividido en bloques y distribuido entre todos los discos del sistema), proporcionándolos cuando son requeridos a los nodos de transmisión. Los nodos de transmisión son los encargados de unir los distintos bloques, correspondientes a un video, antes de su transmisión al usuario final en forma de un único flujo de información.

## 2.6.2. ARQUITECTURA DE SERVIDORES INDEPENDIENTES

Una de las soluciones que se ha propuesto para incrementar la escalabilidad de los sistemas de Video-Streaming, es la conexión de los usuarios mediante servidores independientes. En estos sistemas, tal y como se muestra en la siguiente figura, los usuarios están agrupados en segmentos de red, cuyo tráfico es independiente entre sí (denominados redes locales), de forma que el ancho de banda del sistema pueda llegar a ser el ancho de banda acumulado de cada una de las redes individuales.



**Figura 2.26** Esquema de arquitectura de servidores independientes

Sin embargo, para incrementar el ancho de banda de estos sistemas no es suficiente con únicamente agrupar los usuarios en redes independientes ya que si todos acaban accediendo al mismo servidor y a su red, éstos se convierten en un cuello de botella para el sistema, lo que produce la saturación de todo el sistema. La clave para que estos sistemas con servidores independientes funcionen y obtengan un mejor rendimiento, estriba en las peticiones que se puedan servir localmente sin la necesidad de acceder a un servidor centralizado. Este objetivo se puede lograr colocando servidores de Video-Streaming cerca de las redes locales de los usuarios y replicando todos los contenidos, de tal forma que éstos no tengan que acceder al servidor central, creando un sistema de servidores independientes o autónomos.

Las principales ventajas de esta arquitectura es que permite una escalabilidad ilimitada mediante la inclusión de nuevos servidores a los cuales se conectarán los nuevos

usuarios y que no requiere servidores muy complejos. Por el contrario, los sistemas de Video-Streaming basados en servidores independientes tienen unos elevados costos asociados con el sistema de almacenamiento, debido a que todos los servidores deben replicar los contenidos del catálogo del sistema.

Una alternativa para reducir estos costos consiste en interconectar los servidores entre sí y permitir que los servidores sólo almacenen un subconjunto de los videos del sistema, redirigiendo las peticiones que no se puedan servir localmente hacia los otros servidores del sistema. De cualquier forma, para no saturar la red de interconexión entre los servidores, estos aún necesitan almacenar un porcentaje considerable de los contenidos del sistema.

### **2.6.3. ARQUITECTURAS BASADAS EN SERVIDORES-PROXY**

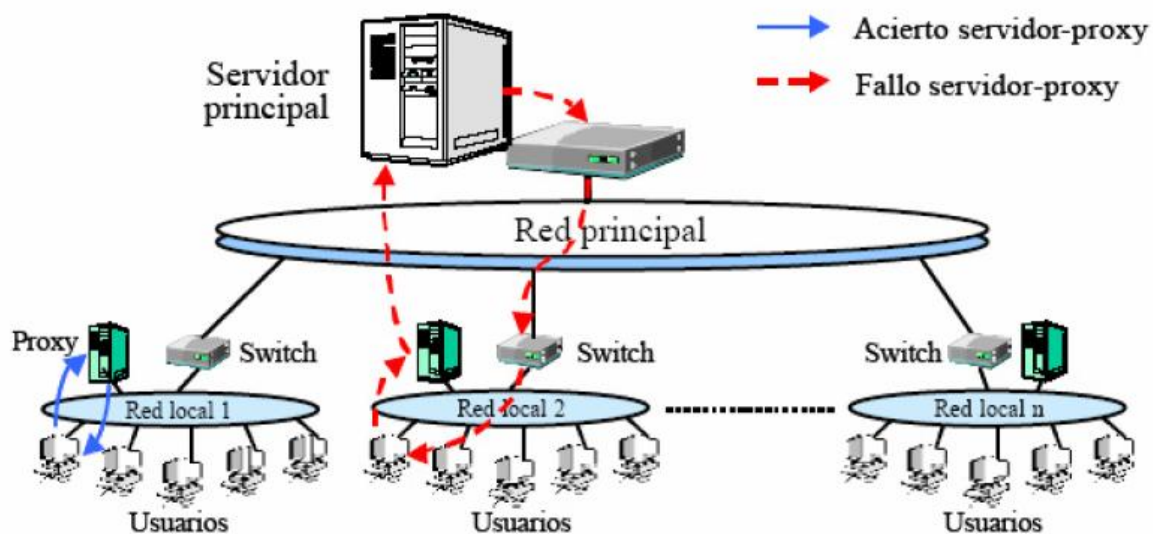
Como la arquitectura basada en servidores independientes, implica un elevado costo, se ha optado por reducir el tamaño de los servidores locales de forma que no almacenen una copia completa de las películas del sistema, sino únicamente los contenidos más populares. Estos servidores locales se denominan servidores-proxy, al igual que sus homólogos de Internet y se comportan como una memoria caché del catálogo de contenidos almacenado en un servidor principal. El cual contiene todos los videos disponibles del sistema.

Los sistemas basados en servidores-proxy de un nivel, identifican a una arquitectura en la cual los servidores-proxy no están interconectados entre sí. Esta arquitectura surge como un compromiso entre las arquitecturas centralizadas (no escalables pero con menores requisitos de almacenamiento) y las arquitecturas de servidores independientes (escalables, pero con elevados costos de almacenamiento). Los servidores-proxy son los encargados de gestionar inicialmente todas las peticiones generadas por los usuarios conectados a sus redes (redes locales), en el caso que la petición no pueda ser atendida localmente debido a que el contenido requerido no se encuentra en la memoria caché, entonces se redirige la petición hacia el servidor principal.

Existen diversas políticas para gestionar el contenido de los servidores-proxy en función de si almacenan los contenidos completos o solo un fragmento: “Prefix-caching” basado en almacenar en la memoria caché el fragmento inicial (prefijo) de los contenidos de video más populares y “Segment-caching” que archivan en la memoria caché los fragmentos del video más populares.

Existen dos configuraciones básicas que se pueden utilizar a la hora de diseñar un sistema de Video-Streaming basado en servidores-proxy. Ambos difieren en la arquitectura utilizada para el servidor principal a la cual se conectan los distintos servidores-proxy. Tenemos la arquitectura de servidores-proxy basados en un servidor centralizado y las arquitecturas de servidores-proxy basadas en un servidor paralelo o jerárquico.

- ✓ **Red de Servidores basada en un Servidor Principal Centralizado.** La topología general de un sistema basado en servidores-proxy se compone de un servidor principal al cual se conectan directamente y a través de una red principal, un conjunto de redes locales con su proxy. Debido a que solo hay un nivel de servidores-proxy en la arquitectura, este sistema se suele denominar como sistema basado en servidores-proxy de un nivel (contrario a otras arquitecturas que pueden utilizar diferentes niveles jerárquicos de servidores-proxy dentro del sistema).

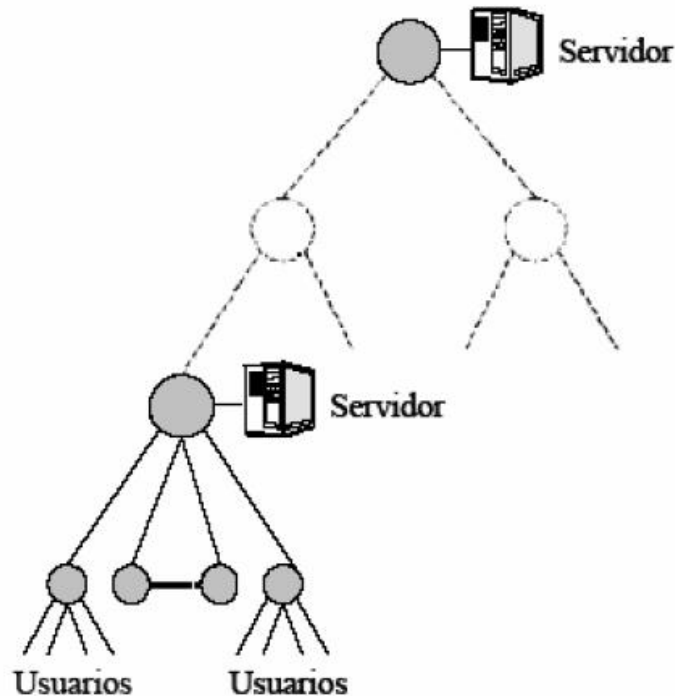


**Figura 2.27** Esquema de arquitectura basada en un servidor principal centralizado

Como vemos en la figura, también se pueden ver los dos tipos de peticiones que tienen éstos sistemas: peticiones servidas localmente y las peticiones atendidas por el servidor principal. Las peticiones locales son aquellas que se pueden servir desde los contenidos almacenados en la memoria caché de los servidores-proxy. Cuando el servidor-proxy no dispone del contenido requerido por la petición, ésta se redirige hacia el servidor principal que se encargará de su servicio. Este tipo de peticiones requieren el doble de ancho de banda de red para ser atendidas. El principal problema que encuentran estos sistemas es la escalabilidad limitada derivada de la dependencia de unos componentes centralizados como son el servidor y la red principal. La capacidad de crecimiento del sistema dependerá en última instancia de la capacidad de estos componentes centralizados. De cualquier forma, siempre disponen de un mayor margen de maniobra comparado con los sistemas centralizados.

- ✓ **Red de Servidores basada en un Servidor Principal Paralelo (Jerárquico).** Esta aproximación trata de resolver los problemas de escalabilidad del servidor principal centralizado en la arquitectura de servidores-proxy de un nivel. En esta arquitectura puede mostrar una forma de configuración como la que sigue, en este

caso el servidor principal esta diseñado basándose en una red jerárquica o en árbol, con servidores de Video-Streaming en los nodos y enlaces de red en las ramas de la jerarquía. Los nodos de servicio situados en las hojas de la jerarquía son los puntos de acceso para el sistema. Todos los nodos del sistema solo almacenan un subconjunto de los contenidos del sistema.



**Figura 2.28** Esquema de arquitectura basada en un servidor principal paralelo

Cuando una petición de un contenido llega a un nodo hoja, si el contenido está disponible en su almacenamiento local, el servidor atiende él mismo al cliente. En caso contrario, la petición se reenvía hacia los niveles superiores de la jerarquía para que sea atendida por otro nodo de servicio de la arquitectura que disponga del contenido requerido. El rendimiento de esta arquitectura es similar a las basadas en servidores-proxy de un nivel conectadas a un servidor centralizado, pero reduce la probabilidad de saturación del servidor principal e incrementa la capacidad de servicio del sistema.

#### 2.6.4. ARQUITECTURAS DISTRIBUIDAS A NIVEL DE USUARIO

Las últimas tendencias a la hora de diseñar sistemas de Video-Streaming se orientan hacia la adopción de arquitecturas distribuidas, en las cuales la gestión de peticiones, así como los contenidos multimedia se distribuyen entre todos los componentes del sistema. En estos sistemas, los distintos nodos de servicio tienen que colaborar entre sí para poder atender a los usuarios.

Existen diferentes categorías de sistemas distribuidos en función de si existen o no un nodo maestro encargado de centralizar la gestión del sistema y mantener una copia completa de los contenidos del sistema, por ejemplo las arquitecturas de servidores-proxy de un nivel. Una de las primeras propuestas en este sentido es la política de servicio de “Chiang” o encadenamiento. Esta política utiliza el contenido de los buffers internos de los reproductores de los usuarios para a su vez servir peticiones de otros usuarios hacia el mismo contenido. De esta forma, se crea una cadena de servicio (cada eslabón de la cadena consiste de un usuario que reenvía los contenidos almacenados en su buffer hacia el siguiente eslabón) entre los propios usuarios del sistema que permite reducir la carga del servidor de Video-Streaming del sistema. Recientes propuestas intentan utilizar el concepto “peer-to-peer” (apareciendo originalmente en la distribución de ficheros de música por Internet) para crear un sistema de almacenamiento distribuido de contenidos multimedia que se puede utilizar para implementar un sistema de Video-Streaming totalmente distribuido. En estas arquitecturas, al igual que ocurre con las técnicas de “Chaining”, los reproductores de los usuarios realizan funciones de servidor de contenidos para las peticiones de otros usuarios del sistema.

## *CAPÍTULO III*



### **3. FUNCIONAMIENTO DE UN CANAL DE IPTV**

A la hora de diseñar un canal de Televisión que lleve las señales que emite hacia los usuarios, es necesaria una amplia demanda tanto de Hardware y Software, como de presupuesto, además de un amplio conocimiento acerca del funcionamiento de las redes y de los servicios necesarios para su correcto funcionamiento. Cabe destacar, que para llevar las señales de video al usuario se involucra una arquitectura tradicional cliente/servidor, donde el dispositivo receptor del cliente pide una señal y el servidor envía al cliente un flujo de datos que contiene dicha señal. El proveedor de las señales de Televisión necesita enviar a cada usuario un flujo individual, ya que la transmisión se realiza a través de la política Unicast, en el caso del Video bajo Demanda. Cuando se esta transmitiendo en vivo a través de las redes de Internet, los proveedores están literalmente enviando miles flujos idénticos de sus servidores a los receptores (Set Top Boxes o computadoras) de los usuarios.

El servidor solo se encarga de la comunicación con los usuarios, por lo que se necesita un codificador, que se encargue de la codificación o digitalización de las señales provenientes de las estaciones transmisoras. Uno de los objetivos principales de las investigaciones en ingeniería, es lograr transmitir programas de radio y Televisión a los usuarios minimizando el costo de operación, pero sin descuidar la eficiencia del sistema.

#### **3.1. PROCESO DE TRANSMISIÓN DE UN CANAL DE TELEVISIÓN**

Los actuales sistemas con los que cuentan los canales de Televisión actuales, utilizan un gran consumo de recursos de Hardware, Software y humanos. Pero, se tienen dos modelos de sistemas de Video-Streaming para la transmisión de un canal de Televisión, los cuales se diferencian por un ahorro considerable de Hardware y en consecuencia una disminución considerable en los costos.

##### **3.1.1. MODELO DE TRANSMISIÓN GENERAL**

Este sistema de transmisión permite al canal de Televisión enviar los datos de cada uno de los programas a los usuarios que lo hayan pedido. Este sistema está compuesto por tres módulos claramente definidos.

El módulo de producción es el encargado de generar y emitir la señal tanto de audio como de video, el módulo de codificación es el encargado de digitalizar la información analógica generada por la producción y finalmente el módulo de transmisión el cual se encarga de entregar el flujo de datos generados por el canal de televisión a los usuarios.

Cada uno de los módulos se presenta en la siguiente figura:

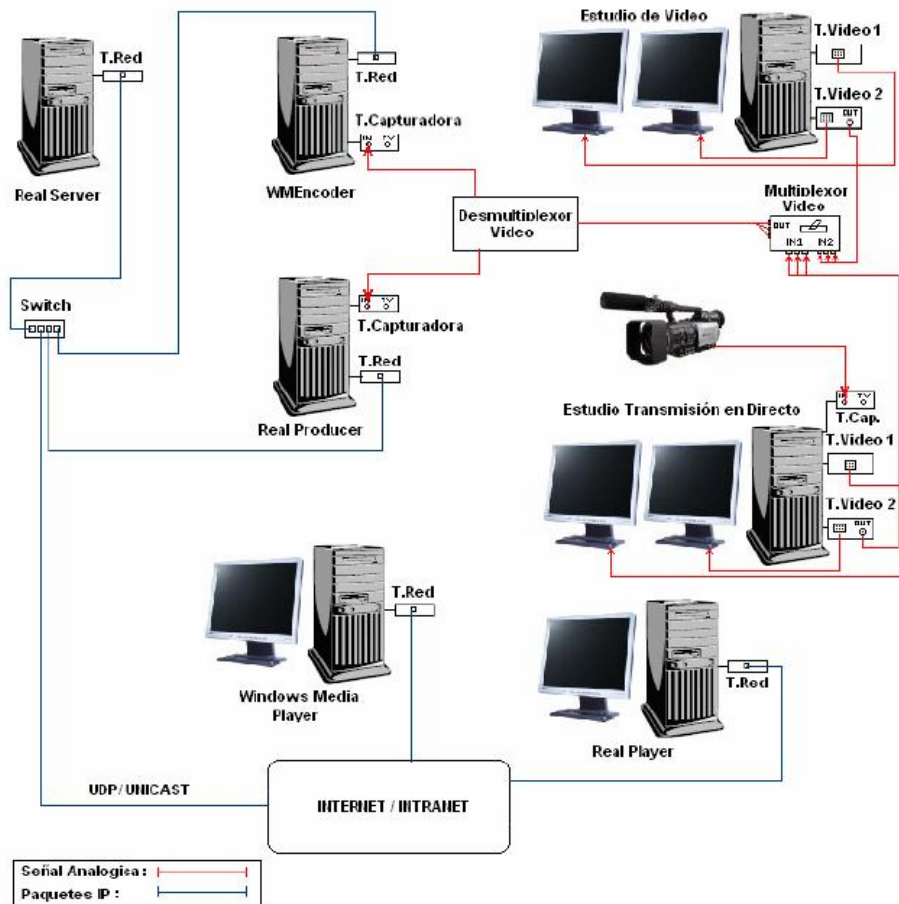


Figura 3.1 Estructura de un canal de Televisión (Modelo General)

La mayoría de canales de Televisión que operan hoy en día, cuentan con módulos claramente diferenciados, que se encargan de cada uno de los aspectos importantes de producción, como el departamento de Edición, de Periodismo, de Transmisión Satelital, de Broadcasting, etcétera; los cuáles cuentan con una amplia gama de recursos en cuanto a infraestructura, insumos, recursos humanos, capital y sistemas de automatización para las Redes de Área Ampla (WAN).

Por esto se debe estudiar enfáticamente cada uno de los objetivos que se desean lograr al instalar un canal de Televisión, además, analizar, de acuerdo a estos objetivos, si es factible y rentable la realización del proyecto. Es necesario diseñar sistemas que cuenten con un balance entre la eficiencia y los costos, sin descuidar el correcto funcionamiento del canal de Televisión.

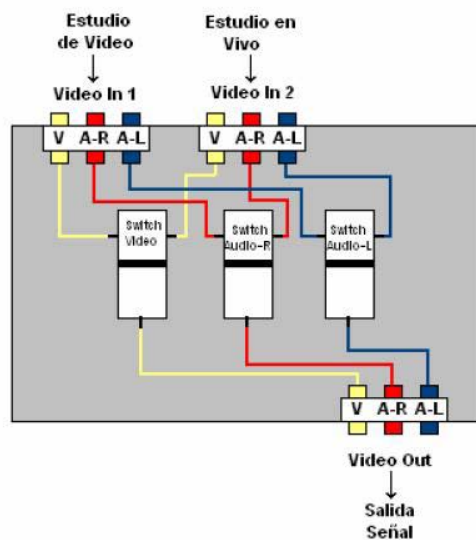
En el proceso de emisión de los canales de Televisión, se necesita de cada uno de los módulos explicados a continuación:

- ✓ **Producción.** El canal de Televisión necesita una producción eficiente que entregue videos de buena calidad y de la forma más transparente posible para los

usuarios. En la figura anterior, el proceso de producción cuenta con dos estudios claramente diferenciados, que se explican a continuación:

- **Estudio de Video.** La tarea de los estudios de video es simple, ya que solo debe reproducir archivos de video, que ya hayan sido grabados y editados con anterioridad para que sean presentados en diferido a los usuarios que lo necesiten. Para realizar la acción anterior, el estudio de video debe contar con una tarjeta de sonido y dos tarjetas de video, de las cuales una debe tener una salida de televisión que debe ir conectada, junto con la salida de la tarjeta de sonido, al multiplexor de video. La idea de esto, es que el reproductor pueda ser manejado desde uno de los monitores y la previsualización del video pueda verse en otro dispositivo a través de la tarjeta de video que contiene la señal de salida de Televisión, así es como la señal de video sale del estudio de video hacia el multiplexor.
- **Estudio de Transmisión en Vivo.** Su función principal es la de capturar señales provenientes de cámaras grabadoras de video y transmitir las a los decodificadores. Para ello se puede utilizar cualquier tipo de Software grabador de video.

La salida proveniente de los dos estudios mencionados, se dirige a un “Multiplexor de Video” el cual se encarga de seleccionar cual de las entradas de video es transmitida a los codificadores. El diseño de un multiplexor se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.2** Multiplexor de video

Su función principal es la de elegir cual de las dos entradas de video van dirigidas a los codificadores de video. Como vemos, existen dos entradas de video provenientes de dos fuentes distintas, las cuales son canalizadas a la salida de video según sea el interés del

operador. Por lo tanto, el Multiplexor de Video cuenta con un “Switch” que selecciona cada una de ellas como salida.

- ✓ **Codificación.** Cuando la señal de video sale del Multiplexor de Video, independientemente del estudio de procedencia, debe ingresar a los codificadores, para que éstos entreguen la señal digitalizada al servidor de Video-Streaming. En cuanto a la comunicación entre el codificador y el servidor, se debe especificar el tipo de compresión tanto video como de sonido para seleccionar el códec correspondiente.
- ✓ **Transmisión.** Éste módulo opera en un principio con el servidor de Video-Streaming que recibe el flujo de datos digitalizados por el codificador, para que se retransmita a los usuarios con la calidad configurada en el codificador.

### 3.1.2. MODELO DE TRANSMISIÓN REDUCIDO

En el modelo anterior es necesario contar con equipo de Hardware específico que genere la señal transmitida, con un estudio especializado en edición y producción del material o con un estudio encargado de recoger la señal en transmitida en vivo desde cualquier lugar geográfico. Por lo tanto, para lograr que un canal de Televisión sea factible de realizar, se debe contar con un modelo reducido que cuente con el equipo esencial, pero sin perjudicar la calidad de transmisión. Al igual que en el modelo general, el proceso de transmisión está dividido en módulos, los cuales se presentan en la siguiente figura:

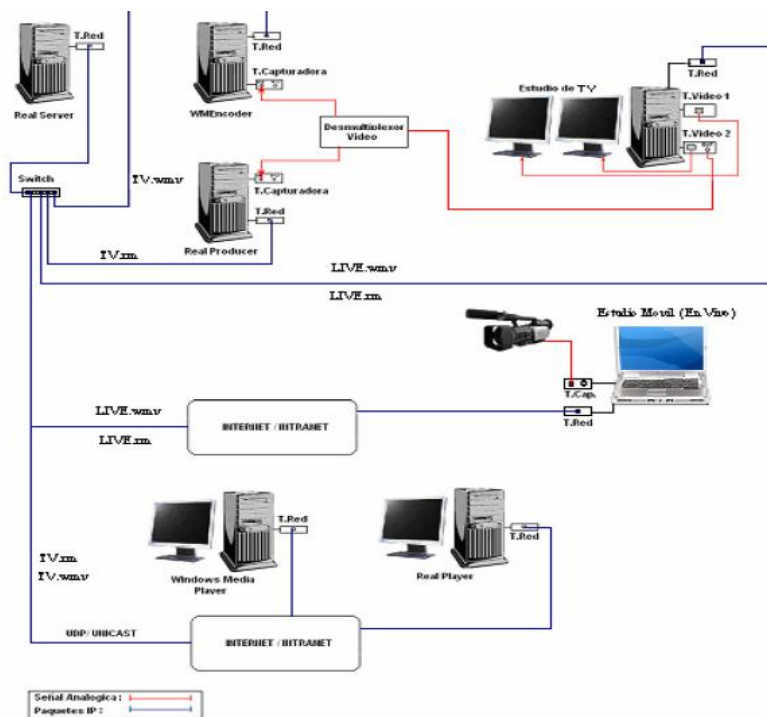


Figura 3.3 Estructura de un canal de Televisión (Modelo Reducido)

Este modelo es una solución muy reducida, que ahorra recursos y así abarata el costo total del sistema, sin descuidar el objetivo principal, de entregar los medios audiovisuales a los usuarios, con una buena calidad y de forma eficiente. Nuevamente, el proceso de emisión de este canal de Televisión esta dividido en los siguientes módulos:

- ✓ **Producción.** A diferencia del modelo anterior, este módulo de producción cuenta con una “Estación de Televisión” y una “Estación Móvil”. La Estación de Televisión es la encargada de automatizar el proceso de transmisión, seleccionando un video almacenado en disco o simplemente mostrando una transmisión en vivo realizada desde cualquier lugar del mundo (Estación Móvil), a través de un codificador de Video-Streaming. Para ello, la Estación Móvil debe contar con una computadora con tarjeta capturadora de video que tenga acceso al servidor, para que envíe la señal en vivo. Dicha señal en vivo será tomada por la Estación de Televisión desde el servidor y será retransmitida a los usuarios. Una vez que la señal es generada por la Estación de Televisión, la salida de la tarjeta de video (salida analógica) es dirigida a los codificadores, que son los encargados de digitalizar la señal.
- ✓ **Codificación.** Cuando la señal sale de la Estación de Televisión, ingresa a los codificadores, que entregan la señal digitalizada al servidor de Video-Streaming. Este funcionamiento es similar al método anterior, por lo que la señal entregada por la Estación de Televisión pasa directamente a los codificadores. En cuanto a la comunicación de la Estación con el servidor, se debe especificar el tipo de compresión para audio y video para utilizar el códec correcto.
- ✓ **Transmisión.** Este proceso es exactamente igual al de una estación de radio y al proceso de transmisión del método anterior. En resumen, el servidor de Video-Streaming recibe el flujo de datos digitalizado por el codificador y lo retransmite a los usuarios.

### 3.2. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

Para que los sistemas de Video-Streaming brinden un correcto funcionamiento, el equipo (Hardware) debe contar con un mínimo de características y requisitos en cuanto a calidad y velocidad, principalmente. Además, cada uno de los componentes del sistema debe contar con los programas (Software) adecuados, para que dicho sistema funcione de forma eficiente.

A continuación se mencionan los requerimientos de Hardware y Software necesarios para que cada uno de los componentes funcione correctamente.

### **3.2.1. SISTEMAS OPERATIVOS SOPORTADOS**

Es necesario estudiar el Software, para ver la forma en la cuál los reproductores de archivos multimedia permiten a los usuarios presentar los diferentes tipos de datos recibidos a través de Internet. Por lo que, se describen y discuten algunos de los reproductores más populares. Después, se relaciona el uso de la IPTV y la forma en la cuál un reproductor permite a los usuarios ver y escuchar una variedad extensa de eventos, incluyendo videos, películas y otros archivos multimedia, provenientes directamente de las redes de Internet o almacenados previamente como un archivo dentro de una computadora.

Actualmente, los cuatro reproductores utilizados por la mayoría de las computadoras son: Microsoft Windows Media Player, Apple Computer's QuickTime, Real Networks RealPlayer y Macromedia Flash Player. Aunque los cuatro reproductores poseen muchas similitudes entre ellos, también presentan algunas diferencias.

Algunas de sus similitudes son: que todos los reproductores pueden manejar archivos de audio y video, además son capaces de mostrar algunos archivos de imágenes almacenadas en el equipo. Las diferencias son básicamente sobre su operación, ya que su desempeño y funciones son iguales, pero las operaciones que realizan cada uno de los reproductores son diferentes. Microsoft Windows Media Player y Apple Computer's QuickTime tienen el mayor número de reproductores multimedia utilizados, por lo que se explican estos dos programas más a fondo. Sin embargo, los otros dos reproductores son también considerados brevemente para dar una idea básica acerca de su funcionamiento.

- **Microsoft Windows Media Player.**

Este reproductor ha sido continuamente actualizado desde su lanzamiento hace más de 10 años. Actualmente se utiliza la décimo primera versión y permite a los usuarios organizar y reproducir archivos multimedia. Los usuarios pueden escuchar una amplia variedad de archivos de audio, además de la Radio por Internet, también permite copiar archivos de música a dispositivos portátiles y ver diferentes tipos de archivos, incluyendo fotos y videos. Puede copiar y reproducir DVDs, CDs y actualmente hasta videos en Alta Definición (HD-DVDs). Según Microsoft, este reproductor es considerado como una sola aplicación que puede combinar radio, televisión y fotografía. Una de las mayores ventajas, que ofrecen las últimas versiones del reproductor, es la posibilidad de utilizar flujos de Video-Streaming básicos en la transmisión de IPTV.

El manejo de este reproductor es bastante sencillo y con un solo click se puede tener acceso a la reproducción de películas, videos musicales, música, etcétera. Porque los menús permiten a los usuarios seleccionar el tipo de archivos que quieren ver o escuchar (Música, Películas, Entretenimiento, Radio, etcétera). Obviamente al escoger alguna de las opciones anteriores, es posible visualizar nuevos submenús con gran número de utilidades.

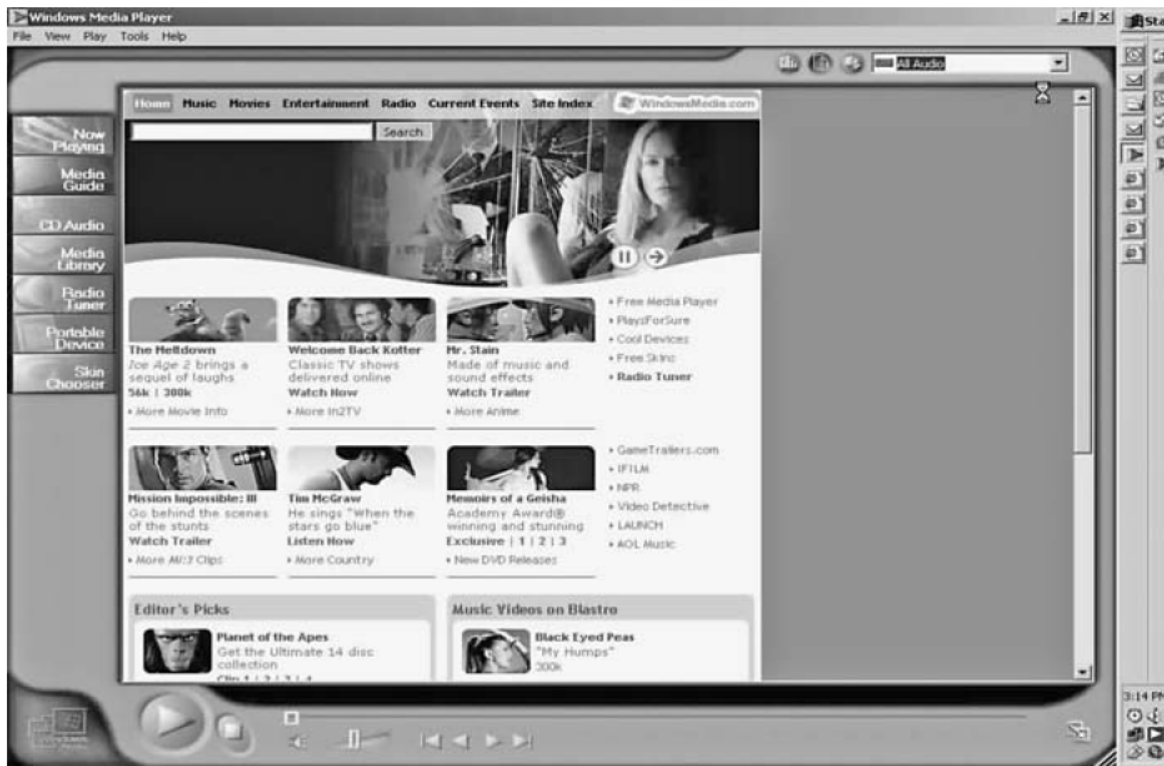


Figura 3.4 Reproductor de Windows Multimedia

La siguiente tabla muestra información acerca de algunos de los formatos de audio y video, soportados por el Reproductor de Windows Multimedia.

Tipo de Archivo	Descripción
.aif	Estos archivos son generados por las especificaciones de audio de las computadoras Apple y Silicon Graphics. También pueden encontrarse con las siguientes extensiones .aifc, .aiff
.mp3	Es el formato de audio diseñado por MPEG capa 3 y es el formato más popular de audio. Estos archivos eliminan las porciones de audio que no son esenciales y se pueden obtener compresiones equivalente a una decima parte del archivo original.
.wav	Es el estándar de los archivos de audio utilizados por las computadoras que utilizan Windows. Estos archivos poseen una calidad parecida a la de un Disco Compacto.
.wma	Es el formato de audio original del Reproductor de Windows Media y permite la protección de cada uno de sus archivos.
.wmv	Esta extensión se refiere a los archivos de video del Reproductor de Windows Media, que contienen datos de audio, video o ambos comprimidos con los códec de Windows Media.

Tabla 3.1 Archivos soportados por el reproductor de Windows Multimedia



- **Apple Computers QuickTime.**

Las computadoras Apple han sido las líderes en producir innovaciones en Hardware y Software, su versión de Quick Time esta basado en la tecnología de iTunes 6, por lo que es compatible con los sistemas operativos Windows 2000 y XP. Este reproductor de video, convierte a los usuarios en editores de videos, porque se pueden crear videos utilizando sus diversas herramientas y de acuerdo a las especificaciones del códec H.264, el cual tiene un efecto igual al MPEG-4. Quick Time permite a los usuarios grabar audio, crear películas y convertir archivos multimedia en más de una docena de formatos diferentes.

Este reproductor contiene el avance más significativo en tecnologías de compresión, MPEG-4. Este tipo de compresión es utilizado para HD-DVD, lo cual permite ver imágenes más claras, limpias, coloridas y grandes, en comparación con los videos que funcionan con el códec MPEG-2.

Este reproductor esta disponible en Internet en 14 idiomas diferentes, además de poder reproducir archivos con extensiones .mp3 y .aac, puede convertir archivos .wma en archivos .aac para ser reproducidos, estas conversiones son realizadas por el asistente de iTunes. Además de las varias opciones para organizar las diferentes listas de reproducciones.

Las computadoras Apple desarrollaron diversos tipos de archivos como .mov y .qt, que son las extensiones que utiliza Quick Time para crear, editar y publicar archivos multimedia. Existen varias incompatibilidades entre las versiones de Quick Time y el Reproductor de Windows Media, pero en general las versiones antiguas de los archivos de cada uno de los reproductores no pueden ser reproducidas por el otro reproductor.

La última versión de Quick Time fue desarrollada abril de 2005, la versión 7.0 es la última de su generación y solo se han proporcionado algunas adecuaciones para que funcione correctamente con el códec H.264. Actualmente, Quick Time soporta archivos de tipo .mov, que corresponden a archivos multimedia que contienen una o más pistas, cada una de éstas guarda un tipo de datos particular como audio, video, efectos o textos utilizados en los subtítulos.

Las computadoras Apple han integrado algunos elementos de Quick Time e iTunes que permiten visualizar películas utilizando iTunes. Por lo que se permite al usuario utilizar Quick Time como un programa separado. Note que el tamaño de Quick time en relación con la pantalla es menor, pero el usuario puede seleccionar el tamaño normal o más grande.

Al igual que Microsoft, el sitio de Apple contiene una serie de listas sobre los diversos componentes que pueden ser adquiridos para reforzar Quick Time. Algunos de los componentes permiten tener las reproducciones en pantalla completa, mejor calidad, comercio electrónico, viajes, etcétera.



**Figura 3.5** Pantalla de inicio del reproductor Quick Time

Además de los dos reproductores mencionados, existen otros reproductores que, aunque son menos conocidos, funcionan de manera similar. Estos reproductores son el Real Player y Macromedia Flash Player.

- **Real Player**

Es similar al reproductor de Apple, se ofrece de forma gratuita la versión completa de Real Player, este reproductor soporta la mayoría de los formatos multimedia más importantes y pueden transferir archivos musicales a más de 100 dispositivos portátiles.

Una de las ventajas, es que soportan archivos tipo .ram, los cuales no son compatibles con Windows Media Player y Quick Time. Además, Real Player soporta incluso muchos formatos de video populares que tienen una porción muy pequeña del mercado de reproductores multimedia.

- **Flash Player**

Macromedia Flash Player, es uno de los reproductores más utilizados en algunos sitios en Internet más importantes, para visualizar su contenido.



Figura 3.6 Visualización de Flash Player

En general, al proporcionar los servicios de IPTV los reproductores multimedia son requeridos para visualizar videos en la computadora. Cuando hablamos de IPTV que llega a casa sobre DSL o conexiones de fibra óptica, el flujo obtenido va a ser recibido dentro de un Set Top Box el cuál va a distribuir la selección de cada canal vía Internet para obtenerla en la televisión localizada en cualquier parte de la casa que tenga conexión a la red.

Los reproductores no son requeridos para ver videos en la Televisión, pero en un futuro existe la posibilidad de convergencia entre las computadoras y las televisiones, por lo que los reproductores van a evolucionar no solo para poder visualizar video en las televisiones, también van a permitir otras funciones, como mostrar información de Identificación de llamadas, activar llamadas de video conferencia, permitir juegos en línea, en fin, soportar el desarrollo de aplicaciones que son limitadas solo por la imaginación de los operadores.

Al combinar las capacidades de los reproductores multimedia con las capacidades de audio y video de las televisiones modernas, se generan los flujos de datos de IPTV, que pueden ser manipulados por los usuarios a su conveniencia y permiten grabar programas con menos cortes comerciales.

Entonces, la convergencia de la tecnología de las computadoras y la televisión a lo largo de una conexión de Internet de banda ancha ofrece grandes alternativas para ver video de gran calidad y a cualquier hora.

La compañía Microsoft ha lanzado la tercera generación de su Software de IPTV llamado **Media Room**. Este Software es utilizado por las empresas telefónicas para ofrecer la TV sobre IP, la nueva versión incluye varios rasgos nuevos que permiten a los proveedores crear nuevas experiencias interactivas para los usuarios.

IPTV propone rasgos profundamente interactivos para sus usuarios, por lo que pueden interactuar con programas de televisión, escoger múltiples ángulos de cámara en acontecimientos deportivos, búsqueda de programas y películas contenidas en una biblioteca casi ilimitada de contenido digital de Alta Definición. Además, permite la creación de guías interactivas, plataformas de juego, etcétera.

Con el despliegue de este Software, Microsoft se ha colocado como un líder en el mercado de la IPTV en países como Estados Unidos y Alemania.

### **3.2.2. HARDWARE SOPORTADO**

Algunos de los dispositivos necesarios en la instalación y el correcto despliegue de los servicios de Televisión por IP, son:

- **Servidores IP.** Se trata de servidores de tráfico IP que permiten enviar distintos flujos de video a la vez, para diferentes usuarios. La red de transporte necesita ser de gran capacidad, además permite el flujo bidireccional de datos hasta los servidores. Entonces, éstos serán los encargados de llevar el flujo de video a los distintos abonados del servicio.
- **Filtro de audio.** Este filtro separa la señal vocal que esta presente a una frecuencia menor, en comparación de la transmisión de video e Internet. Esto se presenta en el caso de contar con los servicios del Triple Play.
- **Módem-Router ADSL.** Que se conecta por un lado a la línea de teléfono como si fuera un módem ADSL normal y por el otro lado al decodificador. Por este módem cruza el tráfico IP, por lo que podrán conectarse a él computadoras y además, permite la navegación en Internet.
- **Decodificador digital.** Al igual que sucede con la Televisión por satélite o por cable, para poder ver la IPTV el usuario necesitará un decodificador. Pero, mientras en el caso de la transmisión por satélite o por cable, los canales se difunden todos a la vez y el decodificador se encarga de cambiar canales; para el caso de la IPTV los canales se difunden uno a uno hasta el abonado. Así, cada vez que se cambia de un canal a otro, se solicita al servidor que le proporcione el

flujo de video del canal deseado. El decodificador descomprime y decodifica la señal de video que llega, para mostrarla en la pantalla.

El proceso que siguen cada uno de estos elementos para disfrutar la IPTV, es muy sencillo. Y básicamente, a través de la línea del teléfono se recibe el canal de voz tradicional, un canal de datos ADSL con la señal de Televisión por IP. El módem-router, establece la conexión entre ADSL de la computadora y envía la señal de Televisión al decodificador, mientras que las computadoras pueden navegar por Internet con toda normalidad. Además, con solo utilizar el control remoto, el usuario controla el decodificador y puede solicitar los contenidos de Televisión a través de menús interactivos. El decodificador solicita a los servidores IP los contenidos elegidos por el usuario y una vez recibidos, los muestra en pantalla en tiempo real.

### 3.2.3. REQUISITOS DE LA RED DE COMUNICACIÓN

Para que un sistema de Video-Streaming funcione de forma eficiente se debe calcular el ancho de banda mínimo necesario para la comunicación entre los codificadores y el servidor, además, de la comunicación entre el servidor y los usuarios. En el caso de la comunicación entre los codificadores y el servidor, que se encuentran generalmente en la red local, se necesita contar con un ancho de banda suficiente para dicha transmisión. En la comunicación entre el servidor y los usuarios, lo normal es disponer de suficiente ancho de banda para la retransmisión en directo con alta calidad. Es por esto que, se debe utilizar una fórmula sencilla que permite calcular el tipo de conexión necesaria (ancho de banda) para la transmisión de eventos en directo.

Los codificadores de Video-Streaming pueden crear contenidos multimedia con distintos niveles de compresión en un mismo archivo, por lo que el codificador lo enviará por la red consumiendo la suma de todos los anchos de banda.

La fórmula que permite calcular el ancho de banda necesario es el siguiente:

$$\text{Ancho de banda requerido} = \text{Suma (kbps)} \times 1.5$$

Esto significa que si se quiere realizar una transmisión en directo de un evento en vivo usando varios anchos de banda diferentes, por ejemplo, para las siguientes conexiones: ADSL (225 kbps), RDSI (45 kbps) y módem (34 kbps), necesitaremos:

$$\text{Ancho de banda requerido} = (225 + 45 + 34) \times 1.5$$

$$\text{Ancho de banda requerido} = 456 \text{ kbps}$$

Finalmente, se necesita una conexión hacia el servidor que permita mantener desde el codificador un flujo mínimo de datos de 456 kbps. Si la codificación se realiza en la red interna, como es el caso del estudio de Televisión, contamos con el ancho de banda necesario, pero si se quiere realizar una codificación en la estación móvil desde otro lugar

por Internet, debemos calcular una configuración (para el codificador) que nos permita transmitir sin problemas.

Una vez entregados estos flujos al servidor, éste evalúa la capacidad del cliente para recibir el contenido multimedia y transmite el video y audio con la calidad de compresión proporcional al ancho de banda disponible entre el servidor y el usuario. Un ejemplo de la configuración utilizada al montar un sistema de Video-Streaming es la siguiente.

<b>Canal de Televisión</b>	
Real Producer	Se codifica con calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 282 kbps</li> <li>• 148 kbps</li> </ul>
Windows Media Encoder	Se codifica con calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 282 kbps</li> <li>• 148 kbps</li> </ul>
<b>Estación de Radio</b>	
Real Producer	Se codifica con calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 kbps</li> <li>• 28 kbps</li> <li>• 20 kbps</li> </ul>
Windows Media Encoder	Se codifica con calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 kbps</li> <li>• 28 kbps</li> <li>• 20 kbps</li> </ul>
ShoutCast	Se codifica con calidad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 34 kbps</li> </ul>
<b>Total: 1062 kbps</b>	

**Tabla 3.2** Ancho de banda necesario para un sistema de Video-streaming

Haciendo el cálculo necesario para determinar los requisitos mínimos de la red, tenemos:

**Ancho de banda requerido = 1062 x 1.5**

**Ancho de banda requerido = 1592 kbps**

**Ancho de banda requerido = 1.6 Mbps**

Por lo tanto, como los sistemas de Video-Streaming, están montados sobre redes locales (LAN), donde el ancho de banda puede ser hasta 100 Mbps, se cuenta con anchos de banda suficiente para una correcta comunicación entre los codificadores y el servidor.

### 3.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La transmisión de IPTV sobre la red de Internet representa un servicio de suscripción que requiere el pago mensual del servicio por parte del cliente más el costo de renta mensual por uno o más dispositivos tipo Set Top Box.



Aunque la transmisión de Televisión por aire es un servicio gratis para los usuarios, esta transmisión es pagada por los anuncios publicitarios. Además, a menos que un usuario esté localizado dentro de una gran área metropolitana, el número de estaciones de transmisión por aire puede ser viable a través del uso de antenas aéreas, que es muy limitado. Esto explica por qué un alto porcentaje de los hogares se suscribe a servicios de Televisión por cable o por satélite. Además, cada uno de los proveedores del servicio incluye cientos de canales televisivos.

IPTV es la mejor opción equivalente a la Televisión por cable o por satélite. Para la Televisión por cable, muchos proveedores del servicio ofrecen un paquete básico de estaciones analógicas sin la necesidad de Set Top Boxes, los Set Top Boxes son necesarios solamente al suscribirse a los servicios de canales digitales. Por lo tanto, si se suscribe a un servicio de Televisión por satélite, es necesario el uso de Set Top Box para cada aparato de Televisión, porque los canales se transmiten en formato digital.

Desde una perspectiva técnica, las estaciones de transmisión de Televisión por aire, los operadores de CATV y los proveedores de Televisión por satélite operan de forma similar; los canales son transmitidos a determinadas frecuencias, las cuales permiten a los usuarios sintonizar estas bandas de frecuencias en sus televisiones o Set Top Boxes para poder ver el canal deseado.

Aunque la operación de CATV y DVB-S es muy similar con respecto al uso de sintonizadores que seleccionan bandas de frecuencias para canales determinados, para IPTV se utiliza una tecnología totalmente diferente para la transmisión de contenidos. IPTV puede ser considerada como una tecnología de Software basada en "Pull-Push". El término "Pull" se refiere a la transmisión de una demanda de algún canal por parte del suscriptor a través de una red IP. La demanda es recibida por el proveedor de IPTV, el cual transmite el flujo de video del servidor al usuario utilizando la dirección IP del usuario, esto es conocido como "Push".

El envío del flujo de datos es solamente para un canal, lo que minimiza el uso de ancho de banda para la transmisión. Considerando que los operadores de CATV y DVB-S transmiten una gran cantidad de canales al mismo tiempo, se requiere el uso de un gran ancho de banda, además de un sintonizador para seleccionar el canal deseado. IPTV puede ser considerado como la representación de un servicio bajo demanda, aunque algunos programas pueden ser transmitidos al todo el público en general. Así, en la mayoría de los casos el ancho de banda requerido es de más de 600 MHz para los operadores de CATV y DVB-S, esto es reducido significativamente con la utilización de IPTV.

De hecho, un hogar que tenga una red de conexión con capacidad de entre 15 y 20 Mbps puede recibir entre tres y cuatro canales de Televisión diferentes al mismo tiempo vía IP, así como obtener un servicio de VoIP e Internet de Alta Velocidad. Aunque el ancho de banda requerido para proporcionar IPTV es mucho menor que otros sistemas, es mayor que el disponible para la mayoría de las Líneas de Suscripción Digital (DSL). Por lo que, la mayoría de las compañías telefónicas están instalando extensas redes de fibra óptica



para proporcionar servicios de IPTV. El ancho de banda de la fibra óptica es muy grande, por lo que permite dar el servicio de IPTV a grandes ciudades, además de la capacidad de ver tres o cuatro canales diferentes de Televisión, VoIP e Internet de Alta Velocidad.

En los siguientes apartados se describen los conceptos técnicos más importantes para el funcionamiento de un sistema de IPTV.

### 3.3.1. ANCHO DE BANDA

Aunque los sistemas de video analógico no utilizan pixeles, es conveniente considerar el concepto de pixeles cuando nos referimos a este sistema. Podemos hacer esta referencia definiendo el ancho de un pixel como la mitad del ciclo de frecuencia más alta para un video, y lo alto de un pixel puede ser considerado para representar lo alto de una línea de escaneo. Así, el número de pixeles por línea (PPL) es:

$$PPL = 2B / F_H * C_H$$

Donde:

B es el ancho de banda en Hz

$F_H$  es la frecuencia de escaneo horizontal

$C_H$  es la fracción del intervalo del escaneo horizontal utilizado para la transmisión de la señal.

Para el sistema de Televisión Analógico NTSC con un ancho de banda de 4.2 MHz, los PPL son:

$$PPL = 2 \times 4,200,000 / 15.734 \times 0.84 = 448$$

Así, los pixeles por cuadro (PPF) son:

$$PPF = 448 \times 480 = 215,040$$

Esto es porque 480 representa el número de líneas de escaneo visibles.

Como NTSC funciona a 30 cuadros por segundo, la tasa de datos requerida para transportar la señal de televisión analógica a color con datos digitales es:

$$215,040 \times 30 = 6,451,299 \text{ bps}$$

Este es el comportamiento del ancho de banda para un sistema de Televisión Analógico, en cambio para el funcionamiento de la Televisión Digital y su ancho de banda correspondiente hay que enfocarse en una comparación entre las velocidades del servicio y las distancias soportadas por los diferentes tipos de xDSL y la operación de las diferentes tecnologías de redes existentes en los hogares.

Las compañías telefónicas que ofrecen servicios de IPTV incluyen acceso a Internet de Alta Velocidad, necesitan considerar la mezcla de las programaciones que van a vender con respecto a la distancia de los suscriptores desde la central a su hogar, además de la tasa de operación del servicio. La proporción de solo un canal de Televisión Estándar requiere entre 2 y 6 Mbps utilizando una codificación de video MPEG-2. En cambio, un canal sencillo de HDTV puede requerir más de 20 Mbps aproximadamente con la utilización de la misma técnica de compresión, MPEG-2. Comparando las dos velocidades de transmisión de bites contra los diferentes tipos de xDSL mencionados, podemos notar que solo ADSL2+ y VDSL tienen la capacidad de soportar varios canales de SDTV y acceso a Internet de alta velocidad. Además, solo VDSL proporciona el ancho de banda necesario para soportar varios canales de SDTV además de los canales de HDTV y el acceso a Internet de alta velocidad.

Los proveedores del servicio probablemente tienen que ofrecer la combinación de sus productos para la tecnología de acceso utilizada para proporcionar a los suscriptores una conexión a su oficina central.

	Tipo de DSL			
	ADSL	ADSL2	ADSL2+	VDSL
<b>Velocidad de descarga</b>	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps	52 Mbps
<b>Red casera</b>	Cableado	Cableado	Cableado	Cableado
<b>Tecnología</b>	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet
	802.11	-----	-----	-----
	-----	802.11a	802.11a	802.11a
	802.11b	-----	-----	-----
	802.11g	802.11g	802.11g	802.11g
	802.11n	802.11n	802.11n	802.11n

**Tabla 3.3** Tecnologías de red caseras de acceso xDSL

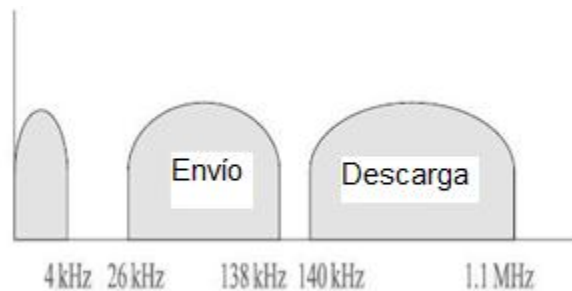
El tipo de red casera puede ser considerado como una importante tecnología de acceso, porque proporciona un mecanismo para la recepción de los flujos de datos a través del hogar o departamento. Así, el ancho de banda proporcionado por el equipo de red casero debe ser al menos igual a la velocidad de descarga proporcionada por la tecnología xDSL utilizada para la línea de acceso. La tabla anterior muestra una comparación entre las velocidades de transmisión de datos y las tecnologías de acceso, además, muestra las diferentes redes caseras que pueden ser utilizadas para soportar diferentes tecnologías de acceso para xDSL.

### 3.3.2. FAMILIA xDSL

El estándar original de ADSL es mejor conocido como G.dmt en la Unión Internacional de Estándares (ITU) y designado como el estándar G.992.1. Bajo este estándar operan velocidades de transmisiones de datos mayores a 8 Mbps para la descarga hacia el

suscriptor y más de 768 kbps para el envío de datos hacia las compañías telefónicas, todo lo anterior con distancias de hasta 5.5 Km.

La siguiente figura muestra la subdivisión por frecuencias del cable telefónico de la línea para acomodar la transmisión y recepción de datos bajo la tecnología ADSL para comunicaciones de voz y datos. El canal de voz es de aproximadamente 4 kHz y no es afectado por los canales de datos, esto es porque los canales de datos utilizan bloques de frecuencias mayores a los 4 kHz, que es la frecuencia máxima utilizada por la voz. Hay que notar que la velocidad de datos es proporcional al ancho de banda, la banda de frecuencia para la descarga es significativamente mayor que la banda de frecuencia para el envío de información.



**Figura 3.7** Utilización de frecuencias para ADSL

Existen tres métodos de modulación utilizados por ADSL para codificar datos hacia la red local: sin portadora de amplitud y fase (CAP), multitonos discretos (DMT) y la tecnología DTM simplificada utilizada para el equipamiento del estándar G.lite.

La modulación CAP puede ser considerada como la representación de una versión no estandarizada de la Modulación de Amplitud por Cuadratura (QAM). Bajo QAM, una señal portadora de doble banda suprimida es construida por dos señales moduladas por Amplitud de Pulso (PAM) y en cuadratura de fase entre ellas. El resultado de CAP tiene la misma forma que la señal QAM. Sin embargo, no se requieren componentes de cuadratura y fase de la portadora para ser generada. CAP fue el estándar de facto para ADSL utilizado hasta mediados de los 90's, cuando el uso de DTM empezó a aumentar, ahora DTM representa el método de modulación preferida.

Las bandas de descarga y envío de datos sobre DTM están subdivididas en una secuencia de rangos pequeños de frecuencias de aproximadamente 4 kHz que son conocidos como subcanales. Los bits de datos son modulados utilizando QAM en cada subcanal, con más de 15 bits por canal, siendo codificados cuando ocurre la transmisión sobre una línea de buena calidad. DMT habilita el ancho de banda de transmisión y se divide en una secuencia de subcanales que pueden o no ser utilizados, dependiendo de la calidad de la línea, esta técnica de modulación ofrece diversas características en cada línea para tener una máxima tasa de transmisión de bits.

La ANSI (Instituto Nacional americano de Estándares) y la ITU tienen especificado al DTM como el método de modulación estándar para ADSL y una versión modificada de DTM para G.lite.

### **3.3.2.1. ADSL2**

Las dos versiones del estándar ADSL2 son conocidas como G.dmt.bis y G.lite.bis y fueron estandarizadas por la UIT como G.992.3 y G.992.3 respectivamente. El estándar G.992.3 representa una versión mejorada de ADSL y el estándar G.993.4 representa una versión más moderna del estándar ADSL. Ambos estándares de ADSL2 fueron aprobados en el 2002 y reemplazan a los estándares de ADSL desarrollados anteriormente.

ADSL2 fue desarrollado para mejorar la tasa de transmisión de datos, además del rango de transmisión. Esto se logró gracias a una mejora en la eficiencia de la modulación, es decir, una compresión en el encabezado, mayor ganancia en la codificación y la utilización de mejores algoritmos para procesamiento de señales.

La reducción de los encabezados se logró con la generación de encabezados con menor número de bits programables para cada cuadro. En cambio, las versiones originales de ADSL utilizaban un número definido de bits por cuadro que consumía 32 kbps de transmisión. ADSL2 permite que los bits del encabezado sean programados entre 4 y 32 kbps, es decir, se puede tener un ancho de banda útil adicional de hasta 28 kbps para datos.

El estándar ADSL2 utiliza la codificación Reed-Solomon para proporcionar la corrección de errores. Bajo el código Reed-Solomon, se representa cada bloque con un método de corrección de error, que utilizan bits extra o redundantes agregados a cada bloque de datos digitales. En el receptor, el proceso de decodificación para Reed-Solomon se presenta en cada bloque con la corrección de los errores en la transmisión para recuperar los datos originales del bloque.

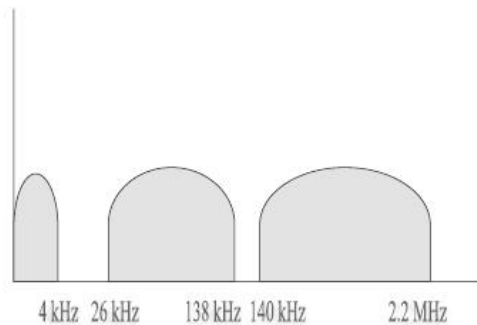
En grandes distancias, donde existen velocidades de transmisión de datos bajas, ADSL2 puede proporcionar una mayor ganancia en la codificación utilizando los códigos Reed-Solomon. Esto hace que la ganancia se incremente debido a las mejoras de cada bloque de datos para ADSL2, ya que contienen mejores codificaciones para Reed-Solomon.

Además de las mejoras mencionadas acerca de la eficiencia en la modulación, la reducción de encabezados y la ganancia de codificación, ADSL2 proporciona otras mejoras adicionales que traen un incremento en la velocidad de transmisión de datos.

Algunas de estas mejoras son: la reducción de potencia en la transmisión para cada terminal telefónica, lo cual reduce el eco en las terminales y los niveles de interferencia en determinados receptores de portadoras DTM utilizadas para transmitir mensajes. Como resultado de las mejoras para ADSL2, se pueden obtener un incremento de 50 kbps y una extensión para su transmisión de 180 metros aproximadamente en comparación con ADSL.

### 3.3.2.2. ADSL2+

Este estándar presenta significantes mejoras con respecto a la velocidad de transmisión en distancias menores a 1.4 km en comparación con los otros estándares. Para obtener esta velocidad de transmisión, ADSL2+ duplica el ancho de banda utilizado para transportar datos, con una banda de frecuencias que se extiende de 1.1 MHz para ADSL y ADSL2 a 2.2 para ADSL2+. La siguiente figura muestra esta utilización de frecuencias.



**Figura 3.8** Utilización de frecuencias para ADSL2+

Gracias a la Ley de Shannon se sabe que la velocidad de transmisión de datos obtenida en un canal es proporcional al ancho de banda disponible y a la Relación Señal-Ruido del canal. Por lo tanto, si se dobla el ancho de banda disponible, mientras se mantiene la relación Señal-Ruido constante, el resultado obtenido es una velocidad de transmisión mayor en cada canal, esta velocidad es aproximadamente el doble para distancias mayores a 1 Km, y el incremento de la velocidad de descarga de archivos para ADSL2+ permite que la longitud de la línea se puede aumentar.

La tabla siguiente muestra una comparación entre las velocidades de transmisión máximas obtenidas para los estándares ADSL2 y ADSL2+ con respecto a la longitud de la línea.

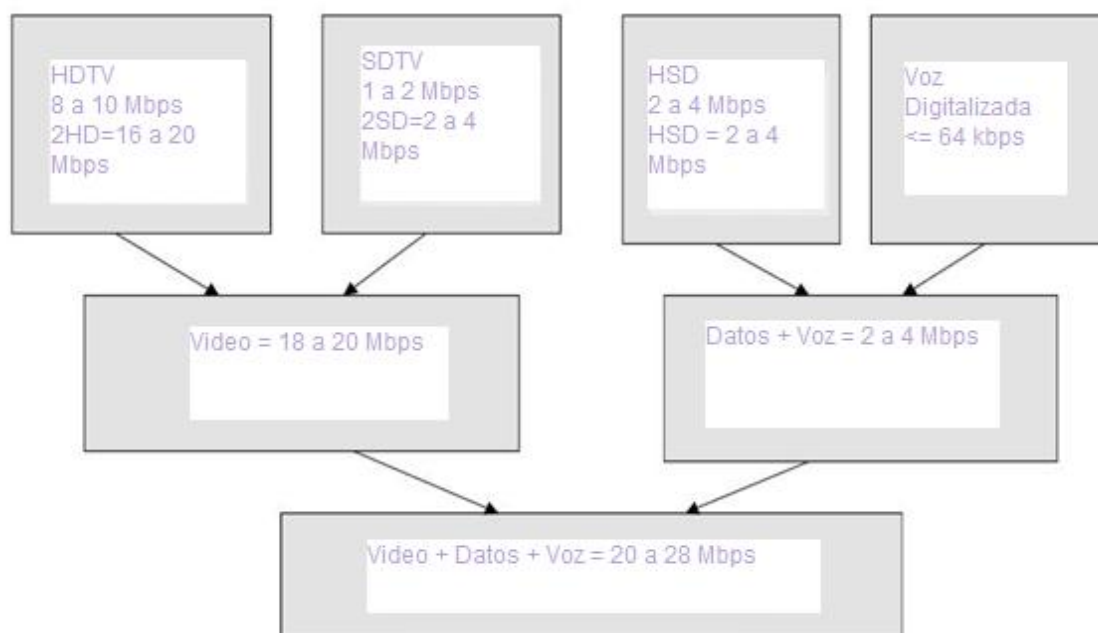
Distancia de la Línea (m)	ADSL2 (Mbps)	ADSL2+ (Mbps)
300	12.5	26
600	12.5	26
900	12.5	25.5
1,200	12.5	24.5
1,500	12.5	20.0
1,800	11.0	15.5
2,100	10.0	12.5
2,400	9.5	9.5
2,700	7.5	7.5
3,000	6.0	6.0

**Tabla 3.4** Comparación entre velocidades de descarga para ADSL2 y ADSL2+

Además del incremento a 2.2 MHz de la banda de frecuencias para descarga, ADSL2+ incluye un modo de operación opcional que puede ser utilizado para aumentar el ancho de banda del envío de información. Sin embargo, con la navegación en Internet y el uso

de IPTV, el envío de información por parte del usuario es relativamente pequeño en comparación con la cantidad de datos descargados, por lo tanto, esta opción puede que no sea muy importante para la mayoría de los usuarios de ADSL2+.

Para explicar por qué las compañías telefónicas necesitan soportar la tecnología ADSL2+ para proporcionar servicios de IPTV por medio de FTTN, se presenta la siguiente figura que muestra la capacidad de ancho de banda requerida para la entrega de HDTV, SDTV y voz digitalizada dentro de una casa. Suponiendo que los hogares próximamente tendrán probablemente un promedio de cuatro televisiones, de los cuales dos necesitan canales en Alta Definición.



**Figura 3.9** Requerimientos de Ancho de Banda para el Servicio de IPTV

Gracias a las técnicas de compresión, el servicio de HDTV puede ser transportado a velocidades de transmisión de entre 8 y 10 Mbps, por lo que, la transmisión simultánea de dos señales de HDTV requiere un ancho de banda de entre 16 y 20 Mbps. Al mismo tiempo, el uso de dos canales de SDTV requiere entre 2 y 4 Mbps. Finalmente necesitamos conexiones que transmitan datos a velocidades de entre 18 y 24 Mbps, suponiendo que todas las televisiones estén encendidas al mismo tiempo. Además, para las actividades de navegación por Internet se pretenden proporcionar Altas Velocidades para Datos (HSD), que son entre 2 y 4 Mbps, aunque las señales de voz digitalizadas (VoIP) requieren un ancho de banda significativamente menor, solo se necesitan 64 kbps para los sistemas de telefonía. En conclusión, el ancho de banda total requerido para soportar los servicios de IPTV y Triple Play para un futuro cercano es entre 20 y 28 Mbps.

ADSL2+ es el único estándar que puede soportar tasas de transmisión mayores a 20 Mbps en distancia mayores a 1.8 Km. Por lo que, para que FTTN funcione exitosamente, el punto terminal de la fibra óptica dentro de una colonia necesita ser colocado en un lugar

donde los suscriptores potenciales están situados a distancia menores a 1.8 Km. La utilización de ADSL y ADSL2 esta limitada a ver canales que no estén en Alta Definición en tiempo real, ya que su velocidad de transmisión es relativamente bajo para ofrecer este servicio.

### 3.3.2.3. VDSL

Es el miembro más poderoso de la familia de productos xDSL, proporciona velocidades de transmisión mayores a 50 Mbps utilizando el cable de una línea de teléfono sencilla, para distancias que van de 300 metros a 1.3 Km. Existen varias versiones de VDSL, y pueden ser simétricas o asimétricas, pero es más conveniente utilizar una conexión simétrica para grandes empresas, donde la transferencia de datos requiere que las velocidades de transmisión sean balanceadas.

La siguiente tabla muestra las velocidades de transmisión de datos soportados por VDSL con la utilización de un cable de cobre calibre 26. Podemos ver que mientras la distancia va aumentando, la velocidad de transmisión disminuye.

Velocidad de Transmisión (Mbps) Descarga / Envío	Distancia (m)
52 / 30	300
54 / 13	300
26 / 26	900
22 / 13	900
13 / 13	1300
6 / 6	1800
16 / 1	1800

**Tabla 3.5** Velocidades de transmisión para VDSL

La tecnología VDSL al ser diez veces más rápida que ADSL, permite ofrecer servicios en tiempo real como voz y video dentro de varias residencias, que pueden estar localizadas dentro de una colonia, edificio, oficinas o el hogar.

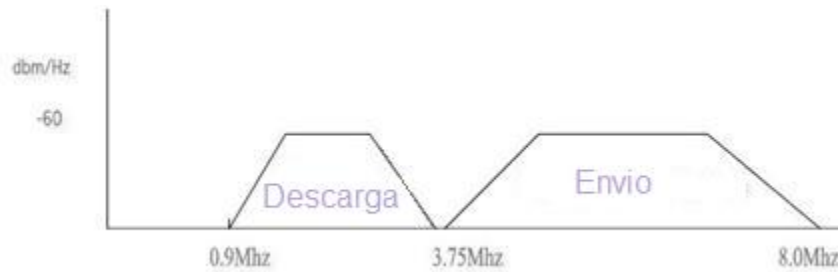
VDSL se basa en la utilización de la Multiplexación por División de Frecuencias (FDM), por lo que los canales de datos para descarga y envío están separados por una banda de frecuencias de 0 a 4 kHz, utilizada por la compañía de teléfonos. El uso de canales separados para el envío y descarga de datos permite la transmisión simultánea de datos en ambas direcciones.

Actualmente existen tres tipos de estándares para la localización de bandas de frecuencias definidas para VDSL:

- **10 Base-S.** Es un mecanismo que permite extender las redes Ethernet de 10 Mbps a más de 1.3 Km, sobre las ya existentes basadas en redes de cobre. 10 Base-S es una combinación entre la simplicidad de Ethernet y la tecnología VDSL, que trae como resultado una capacidad de transmisión simétrica. El estándar 10 Base-S utiliza un espectro en frecuencia de 0.9 a 3.75 MHz para la descarga de datos y un espectro que va de 3.75 a 8 MHz para el envío de datos. La siguiente



figura muestra la localización de los dos espectros en frecuencia anteriores. 10 Base-S es el estándar más popular dentro de la tecnología VDSL.



**Figura 3.10** Localización de frecuencias para 10 Base-S

- ETSI Plan 997.** El Instituto Europeo de Estándares para Telecomunicaciones (ETSI) Plan 997 especifica el uso de cuatro bandas de frecuencias para VDSL. Dos bandas de frecuencias son utilizadas para la descarga de datos (DS1 y DS2) y dos se utilizan para el envío de datos (US1 y US2). Estas bandas difieren en el ancho de sus bandas de frecuencias y pueden soportar ambos tipos de transmisión, simétrica y asimétrica. La siguiente figura muestra la localización de frecuencias para este estándar. Las bandas de frecuencias utilizadas van de 0.138 a 3.0 MHz y de 5.1 a 7.05 MHz para la descarga de datos y las bandas de 3.0 a 5.1 MHz y 7.05 a 12 MHz son utilizadas para el envío de datos.



**Figura 3.11** Localización de frecuencias para ETSI Plan 997

- ETSI / ANSI Plan 998.** Este estándar es similar al anterior en el funcionamiento de los cuatro canales, dos para descarga y dos para envío de datos. Sin embargo, su diferencia principal es el uso de frecuencias que optimizan la transmisión asimétrica. La siguiente figura muestra la localización de frecuencias para este estándar.



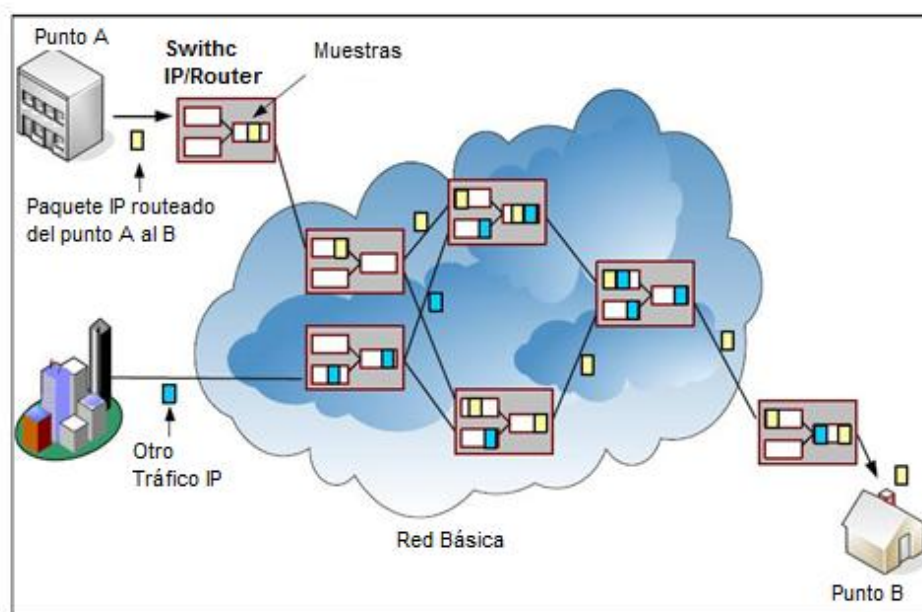
**Figura 3.12** Localización de frecuencias para ETSI Plan 998

A través del uso de VDSL es posible soportar flujos de datos del servicio de transmisión de Televisión Digital de Alta Definición (HDTV), acceso a Internet de Banda Ancha, Video bajo Demanda (VoD), Cursos a Distancia, Teleconferencias y otras aplicaciones por medio de un simple cable localizado en la mayoría de casa y oficinas.

Aunque la velocidad de transmisión de datos para VDSL disminuye con la distancia, cuando es usado para distancias mayores a 1.3 Km esta tecnología puede soportar uno o más canales en Alta Definición, así como acceso a Internet de Banda Ancha y varios canales de SDTV.

### 3.3.3. TRÁFICO DE IPTV

En una red IP una serie de paquetes de datos, una vez llenados, son acomodados en su ruta y trasladados de un punto a otro.



**Figura 3.13** Representación de una red IP

Cuando los paquetes de datos son detenidos en el tráfico de la red por lapsos de tiempo pequeños, las colas funcionan como buffers de memoria que retienen la información mientras la trayectoria del router o switch es liberado o limpiado. En estas operaciones, la Calidad del Servicio (QoS) tiene la función de dictar qué paquetes son ignorados en cada cola y omitidos en el dispositivo.

Además, la QoS es responsable de indicar cuáles son los paquetes, que al ser analizados, pueden entrar en las colas y si la cola esta llena, indica cuales pueden ser descartados. Las colas que funcionan como memoria, son recursos finitos y fácilmente pueden llenarse bajo las condiciones que presenta la red. Cuando las colas están llenas, se utiliza la lógica más sofisticada para dar la prioridad correspondiente a cada uno de los paquetes e indicar cuales son los datos importantes que deben llenar las colas y cuales pueden dejarse fuera de ellas.

Estos son simples procedimientos en el funcionamiento de la teoría de colas y su implementación, pero si consideramos que en una red IP, existen cientos de miles de colas en operación dentro de cada router o dispositivo. Estos dispositivos necesitan grandes cantidades de memoria, otros no tanto, pero todos tienen que trabajar correctamente para que se pueda trasladar un paquete desde un punto hasta su destino.

Los operadores deben garantizar el absoluto funcionamiento de cada una de las colas, para que cada trayectoria de la red, cada cola y la QoS trabajen de manera eficiente. Sin embargo, al considerar flujos de video IP sobre las redes, si se presenta una sola pérdida de paquetes o colas, pueden presentarse varios eventos con pérdidas.

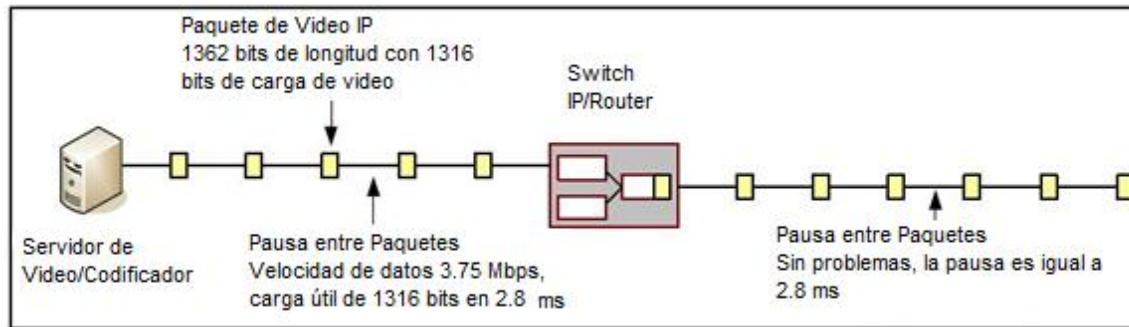
Esto puede presentarse en cualquier lugar, en la primera transmisión dentro del router, en el núcleo con una diferente prioridad de tráfico o en cualquiera de los dispositivos colocados antes del Set Top Box del usuario. La pérdida de cualquier cola o vínculo, en el camino del codificador al decodificador, va a presentarse como un servicio de video con errores y de baja calidad.

Para que los operadores puedan garantizar el correcto funcionamiento de las colas, deben hacer pruebas a cada uno de los dispositivos, para ponerlos a punto y entender completamente el desempeño de los sistemas de video IP robustos y estables.

El diseño y configuración de colas para flujos de video IP parece una tarea sencilla. Esto es en el caso de tener una velocidad de transmisión de bits constante; generalmente un flujo de video IP es de 3.75 Mbps y podemos concluir que necesitamos reservar o contar con un ancho de banda de 3.75 Mbps, para transportar un canal que brinde un servicio de buena calidad.

Sin embargo, existen diversos tamaños en los paquetes, que al ser enviados por la red, generan flujos de datos mayores o menores en distintos periodos de tiempo y aunque en el tiempo de transmisión se tenga un promedio de 3.75 Mbps, en cada uno de los instantes de tiempo existen velocidades de transmisión diferentes.

De forma más detallada, se puede considerar que el flujo ideal de video IP tiene paquetes que entran en las redes de datos con una tasa de transmisión constante de 3.75 Mbps de carga útil y que los paquetes parecen ir uno detrás de otro. Bajo las condiciones anteriores y para un flujo de 3.75 Mbps, cada uno de los paquetes tiene una carga útil de 1316 bytes de video (Flujo de Transporte típico) con un retraso de 2.8 milisegundos entre cada uno de los paquetes.

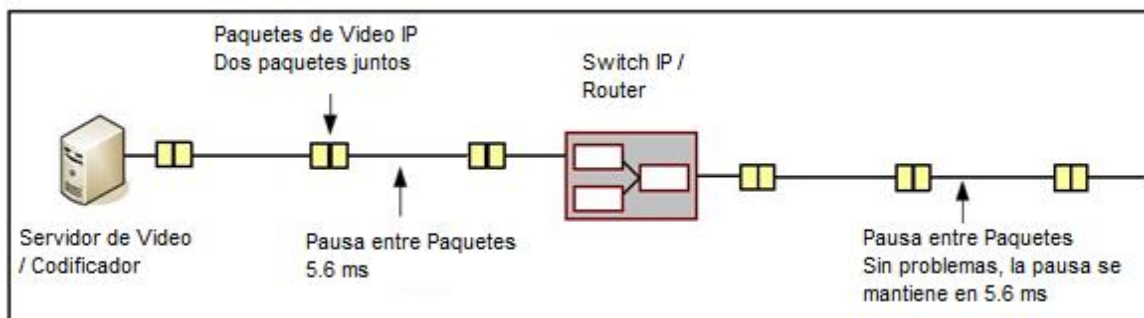


**Figura 3.14** Flujo de video ideal a 3.75 Mbps

Claramente, cualquier router o dispositivo IP que reciba este flujo debe tener paquetes IP de 1362 bytes cada 2.8 ms, el tiempo entre cada uno de los paquetes es suficiente para transportar otro flujo de tráfico IP.

Una propiedad que presentan los flujos de video IP, a diferencia de voz y datos, es que el tráfico de datos debe ser constante por largos periodos de tiempo. Lo que significa que su comportamiento es diferente.

En el caso de que se muevan los paquetes con un flujo más cercano o más lejano entre ellos, puede no afectar la carga útil del flujo de paquetes. Ya que en un segundo de tiempo, la velocidad de bits entregados por el flujo de video IP continúa siendo 3.75 Mbps.



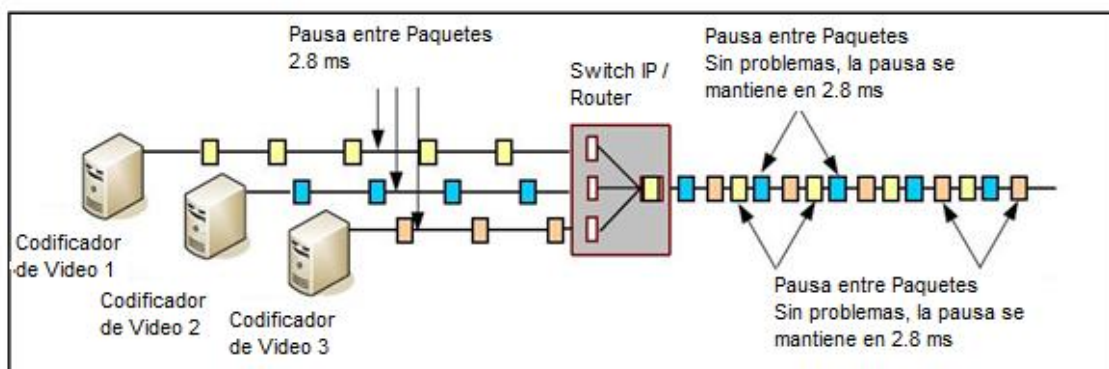
**Figura 3.15** Ráfaga de paquetes con un flujo de video IP de 3.75 Mbps

Es fácil ver cómo y por qué un codificador o servidor de VoD puede escoger los flujos inyectados de video IP sobre las redes de datos. Quizá el codificador o servidor de VoD tiene limitaciones de Hardware internas que presentan 2 kbits de datos de video en cada oportunidad de envío de paquetes IP, quizá para operar con varios flujos en vivo, el

codificador es forzado a transmitir por la red solo un flujo de video en cada instante de tiempo.

Para los routers, este nuevo tráfico IP crea mini ráfagas de paquetes seguidas por un hueco. En este patrón, la llegada de los paquetes a la cola del router ha cambiado. Ahora, el router verá dos paquetes de datos sin espacios entre ellos, seguidos por un tiempo más largo de 5.6 milisegundos. De nuevo, este patrón parece benigno, perfectamente valido y dentro de las especificaciones de Ethernet e IP.

Considerando un flujo ideal de tres flujos de video IP. Para este ejemplo, los flujos deben entrar y ser agregados al router por puertos diferentes y todos los flujos son dirigidos fuera del router por un puerto de salida sencillo. Este router tiene una memoria (o cola) suficiente para 1362 bytes (o un paquete de video IP).



**Figura 3.16** Tres flujos de video IP a 3.75 Mbps agregados a un router

Si los paquetes se van insertando, el router ve solamente un paquete en un puerto y en un tiempo, por lo que no hay problema. El paquete que llega al router primero, consigue pasar a través de la cola sin paradas y es cronometrado fuera del puerto de menor flujo. Para este modelo de flujo se puede ver, que si cada flujo de video IP es de 3.75 Mbps el modelo de ruteo va a continuar por largo tiempo. Porque la carga de video es atada a la precisión del reloj, la traza de transmisión de bits del flujo es muy exacta y tiende a fluir lentamente. Entonces, este modelo puede estar llegando al router de esta forma por largos periodos de tiempo y ofrecer un tráfico de video IP ideal.

### 3.3.4. TAMAÑO DE LA IMAGEN

La resolución juega un papel muy importante en el nivel de claridad de las imágenes o videos. En un sistema de Televisión analógico se tienen 480 líneas activas para dibujar una imagen en los aparatos de televisión. En cambio, la Televisión digital tiene 18 formatos diferentes, los cuales se mencionan a continuación. Es necesario saber que 480, 720 y 1080 es el número de líneas soportadas por los diferentes formatos y que las dos últimas cantidades representan a las resoluciones de Televisión de Alta Definición (HDTV).

Los diferentes formatos de Televisión digital pueden soportar los dos tipos de escaneo utilizados en la Televisión analógica, el escaneo progresivo y entrelazado. Utilizando el escaneo progresivo, las líneas pares e impares de una imagen son escaneadas de manera secuencial cada 1/60 de segundo para algunos formatos digitales populares. Esto da como resultado, la producción de 60 cuadros o imágenes por segundo, que ofrece imágenes con mayor claridad, colores más reales y con un parpadeo considerablemente menor comparado con la Televisión analógica.

La proporción que existe entre el ancho y el alto de las imágenes es conocida como Relación de Aspecto (Aspect Ratio). Para el estándar analógico NTSC, esta Relación de Aspecto es 4:3 (ó 1.33:1), que significa que existen cuatro unidades de longitud de ancho por tres unidades de longitud de alto en cada una de las imágenes.

Esta Relación de Aspecto fue elegida inicialmente para utilizarla como proporción para las películas de cine que era muy popular en los inicios del desarrollo de la Televisión. Pero, a finales de los 50's, los estudios de películas tomaron la decisión de utilizar la Relación de Aspecto de pantalla ancha, esto con el fin de no permitir la transmisión de sus creaciones en las televisiones convencionales, además de proporcionar una visibilidad panorámica, la cual fue bien recibida en películas de oeste y con temas bíblicos.

Cuando se dieron cuenta de las ventajas que podía traer el uso de pantallas anchas, los fabricantes de equipo para Televisión digital comenzaron a utilizar la Relación de Aspecto de 16:9 (ó 1.85:1). Las televisiones con pantalla ancha y los cines han cubierto la computación, esto es porque, muchas computadoras portátiles modernas proporcionan vista panorámica con Relación de Aspecto de 16:10. Aunque no es igual a la Relación de Aspecto de 16:9 utilizada en la Televisión digital, su nivel de preferencia indica un crecimiento por parte de los consumidores, ya que el uso de formatos de pantalla ancha les permite ver de una manera mejor la información, incluyendo Televisión y datos.

La siguiente tabla muestra los 18 diferentes formatos de Televisión digital, de los cuales seis son considerados para la representación de HDTV. La siguiente tabla, además de la resolución horizontal y vertical, muestra la Relación de Aspecto, la velocidad de los cuadros en Hz y el formato de Televisión que representa.

Número de Formato	Resolución Vertical	Resolución Horizontal	Relación de Aspecto	Tipo de Escaneo	Velocidad de Cuadro	Definición
1	480	640	4:3	Entrelazada	30	SDTV
2	480	640	4:3	Progresiva	24	EDTV
3	480	640	4:3	Progresiva	30	EDTV
4	480	640	4:3	Progresiva	60	EDTV
5	480	704	4:3	Entrelazada	30	EDTV
6	480	704	4:3	Progresiva	24	EDTV
7	480	704	4:3	Progresiva	30	EDTV
8	480	704	4:3	Progresiva	60	EDTV
9	480	704	16:9	Entrelazada	30	EDTV
10	480	704	16:9	Progresiva	24	EDTV



11	480	704	16:9	Progresiva	30	EDTV
12	480	704	16:9	Progresiva	60	EDTV
13	720	1280	16:9	Progresiva	24	HDTV
14	720	1280	16:9	Progresiva	30	HDTV
15	750	1280	16:9	Progresiva	60	HDTV
16	1080	1280	16:9	Entrelazada	30	HDTV
17	1080	1920	16:9	Progresiva	24	HDTV
18	1080	1920	16:9	Progresiva	30	HDTV

**Tabla 3.6** Formatos de Televisión Digital

### 3.3.5. DEFINICIÓN

La tabla anterior muestra la existencia de diferentes tipos de definición para la Televisión Digital, éstos son la Televisión Digital Estándar (SDTV), la Televisión Digital Mejorada (EDTV) y la Televisión Digital de Alta Definición (HDTV).

- **Televisión Digital Estándar (SDTV).**

El primer formato mostrado en la tabla anterior representa esta definición de Televisión Digital. Esta definición utiliza una resolución de 480 líneas verticales y un escaneo entrelazado, la notación que se utiliza para estas características es 480i. También sabemos que su velocidad es de 30 cuadros por segundo (fps), por lo que también es conocido como 480i/30.

Este formato de Televisión Digital es equivalente a la salida proporcionada por un video en DVD con Relación de Aspecto 4:3. Este formato es utilizado cuando el ancho de banda es más importante que la calidad de la imagen. Ya que SDTV utiliza tasas de transmisión de datos de entre 4 y 7 Mbps; por lo que entre tres y seis canales de SDTV pueden ser multiplexados dentro del mismo ancho de banda requerido para soportar un solo canal de HDTV.

- **Televisión Digital Mejorada (EDTV).**

La Televisión Digital Mejorada consiste en 11 formatos diferentes, este formato funciona para ambas formas de escaneo, el entrelazado y el progresivo. La resolución vertical esta limitada a 480 líneas, pero, la resolución horizontal puede variar de 640 a 704 líneas. Este formato tiene la capacidad de soportar ambas Relaciones de Aspecto, 4:3 y 16:9, así como velocidades de 24, 30 y 60 cuadros por segundo. La EDTV es utilizada cuando se necesita una mejor calidad de video que la proporcionada por SDTV pero el ancho de banda no permite la utilización de la verdadera HDTV.

En una tienda de electrónica se nota el bajo costo de las televisiones de plasma disponibles para su compra. Este tipo de televisiones de plasma están generalmente limitadas para soportar EDTV, aunque se observen sobre ellas video con colores brillantes y con muy buena claridad, éstas no son buenas para recibir la HDTV. Lo anterior se debe a que los equipos de EDTV tienen una falta de elementos electrónicos para



generar resoluciones de 720 ó 1080 líneas, por esto el costo es menor comparado con los equipos receptores de HDTV.

- **Televisión Digital en Alta Definición (HDTV).**

La Televisión Digital de Alta Definición tiene seis formatos diferentes de definición, cada uno de ellos proporciona imágenes con calidad superior que las obtenidas con SDTV y EDTV. Todos los formatos utilizados para HDTV funcionan con Relaciones de Aspecto de 16:9, por lo que se obtiene una vista panorámica de los videos. Cuando se utilizan 720 líneas de resolución vertical, el escaneo soporta ambos métodos, entrelazado y progresivo, con velocidades de 24, 30 y 60 cuadros por segundo.

Aunque la tabla anterior indica que ambos escaneos, enlazado y progresivo, son soportados con resoluciones verticales de 1080 líneas, esta resolución es utilizada principalmente con escaneos entrelazados debido a las actuales limitaciones de ancho de banda de equipo utilizado. El formato 1080p puede ser visto como un camino a seguir para el crecimiento de las tecnologías de imágenes y pantallas.

La mayor resolución obtenida para HDTV es de 1080x1920 y ofrece una imagen formada por 2,073,600 pixeles, lo que representa una mejora en el detalle de la imagen de al menos siete veces comparado con SDTV, la cuál tiene una resolución de 480x640, que resulta una pantalla formada por 307,200 pixeles. Para Alta Definición, la resolución de color también es superior por un factor de dos, comparado con la SDTV.

### **3.4. COMPRESIÓN DE ARCHIVOS**

El video digital puede ser considerado como una secuencia de imágenes en la que cada uno de los cuadros se representa en dos dimensiones y cada una de las imágenes esta formada por pixeles. A cada pixel se le asocian dos valores, luminancia y crominancia. La luminancia es un valor proporcional a la intensidad de cada pixel y la crominancia es el valor que define el color del pixel.

Varios métodos pueden ser utilizados para representar el color de un pixel. Uno de los métodos es especificar la mezcla apropiada de los tres colores primarios (rojo, verde y azul). Otro método es la especificación de la luminancia (Y) y crominancia (U y V). Como ya sabemos los sistemas YUV permiten aproximar los valores de color utilizando solamente dos variables y representa uno de varios mecanismos con los que obtenemos algunas pérdidas de compresión pero que permite un alto nivel de compresión cuando se utiliza en sistemas de video digital. Una alta calidad en la imagen debería utilizar 3 bytes (o 24 bits) por pixel para representar su valor de color verdadero.

La clave tecnológica, que permite a la IPTV ser una realidad, es la compresión de video. Antes del completo desarrollo del video digital, existieron muchas técnicas de compresión para ser utilizadas. Uno de los problemas más comunes de las técnicas de compresión de datos de texto es la lenta codificación, en la cuál, se cambian las cadenas de datos

similares por cadenas que indican la realización de compresión, con lo cuál el número de caracteres es comprimido.

Otra de las técnicas populares de compresión actuales es una serie de flujos de datos basados en el trabajo de los profesores Lempel y Ziv, pero uno de sus inconvenientes es el hecho de que la relación de compresión típica es del orden de dos o tres veces menor que el tamaño original, lo cual es insuficiente para la transmisión de video en tiempo real.

Las técnicas de compresión mencionadas ofrecen una menor pérdida de datos en la compresión, para que la serie de datos comprimida pueda ser descomprimida y obtener el flujo de datos original. En cambio, para una mayor compresión se presenta más pérdidas y se utilizan para disminuir los requisitos de almacenamiento y transmisión de fotos y video, en las cuales los bloques de píxeles son comparados entre sí y solo se envía la información de los píxeles diferentes. Así, la compresión con mayores pérdidas no puede ser reversible en su totalidad, ya que los bloques de píxeles son comparados con otros y se asume que son iguales cuando son diferentes solo en algunos píxeles, la compresión con pérdidas tiene una alta proporción de compresión. Esto la hace más conveniente para la compresión de video digital. Algunos ejemplos de las técnicas de compresión incluyen el JPEG (Joint Photography Experts Group) para imágenes y MPEG (Motion Pictures Experts Group) es una serie de técnicas de compresión utilizadas en el video digital.

Las imágenes en movimiento que representan el video digital son conocidas como cuadros, estos cuadros pueden tener diferentes velocidades. Considerando que las películas utilizan una velocidad de 30 cuadros por segundo, además el ancho y alto de cada imagen de video digital es de 640 x 480 píxeles para SDTV (Televisión Digital Estándar) y para HDTV (Televisión de Alta Definición) la resolución es de 1920 x 1080 píxeles. Para la representación de color, utilizamos 2 bytes para SDTV y 3 bytes para HDTV y con una velocidad de 30 cuadros por segundo utilizadas en el estándar Norteamericano (NTSC), se tiene:

$$30 \times 640 \times 480 \times 16 = 147,456,000 \text{ bps}$$

Para el caso de HDTV, la tasa de datos no comprimidos es de:

$$30 \times 1920 \times 1080 \times 24 = 1,492,992,000 \text{ bps}$$

A simple vista, la posibilidad de proporcionar a cada uno de los suscriptores un canal de Televisión diferente sobre una línea de acceso común está severamente limitado sin la utilización de técnicas de compresión que permitan la disminución en la tasa de transmisión de datos.

Las limitaciones son varias, por ejemplo, el uso del cable telefónico en la tecnología ADSL2+ limita a los usuarios para que reciban 25 Mbps aproximadamente en distancias menores a 1.8 km y el uso de PON (Redes Ópticas Pasivas) permite un ancho de banda de 30 Mbps a los usuarios. Por lo que no se obtienen los anchos de banda suficientes para la transmisión del número de bits anteriores, por lo que los avances en el desarrollo

de diferentes técnicas de compresión hace posible la transmisión de video a la casa de los diferentes usuarios de IPTV.

### 3.4.1. TÉCNICAS DE COMPRESIÓN DE VIDEO

Las técnicas de compresión de vídeo se basan en eliminar la redundancia de cada campo en una imagen, es decir, de las secuencias de campos que producen una cierta animación, descartar aquellos aspectos de la imagen que presentan poca visibilidad para el ojo humano. Así por ejemplo, el ojo humano posee mayor sensibilidad a los movimientos horizontales que a los verticales, y mínima respecto a los movimientos diagonales.

La mayoría de los usuarios de video digital utiliza actualmente el método de compresión MPEG-2, el término se refiere al Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento, que es un grupo de trabajo que pertenece a la Organización Internacional de Estándares (ISO). Desde su fundación en 1988, ha desarrollado una serie de estándares para la compresión de archivos de audio y video.

#### 3.4.1.1. MPEG-1

El estándar MPEG-1 representa el primero de una serie de estándares desarrollado por el MPEG. Este estándar se utilizó en el desarrollo de algunos productos tales como el Disco Compacto de Video (VCD) y los reproductores mp3. El MPEG-1 fue desarrollado con el fin de codificar imágenes en movimiento y su audio para poder almacenarlos como contenido multimedia de manera digital, y así disminuir su velocidad de datos que eran mayores a los 1.5 Mbps.

Este estándar esta definido en cinco partes, las cuales se mencionan a continuación:

Parte	Descripción
1	Direccionamiento de cada uno de los flujos de audio y video con información de tiempo para formar un flujo de datos sencillo.
2	Definición de un código representativo que es utilizado para comprimir ambas resoluciones a velocidades de bits menores a 1.5 Mbps.
3	Definición de un código representativo que es utilizado para comprimir las secuencias de sonido monoaural y estéreo.
4	Definir cómo pueden ser realizadas las pruebas para verificar que los flujos de bits y decodificadores reúnan los requerimientos de cada una de las partes del estándar.
5	Un reporte técnico que proporcione una implementación de Software completa de la primera de tres partes del estándar.

**Tabla 3.7** Las partes del estándar MPEG-1

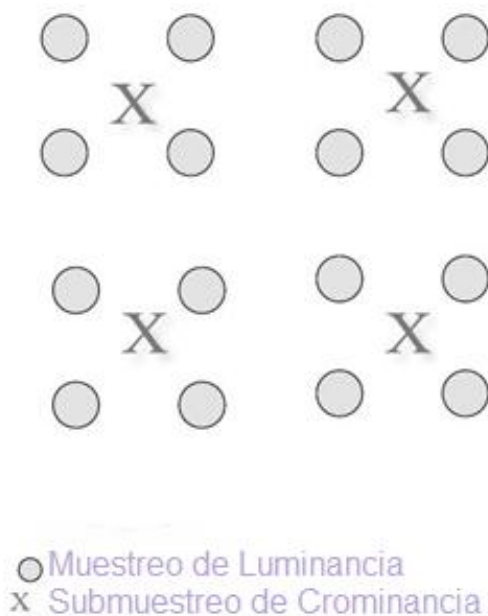
Al examinar cada una de las partes anteriores, la primera parte del estándar representa una función muy importante que permite que el audio y video sea almacenado o

transmitido como una entidad sencilla. Sin embargo, el almacenamiento y la transmisión son importantes y merecen de atención en las partes 2 y 3 del estándar, las cuáles definen técnicas para la compresión de video y audio, respectivamente.

Cada cuadro representa una imagen congelada, aunque las imágenes están a color, son convertidas en valores de luminancia y crominancia. El movimiento esta predicho de un cuadro a otro en la dirección temporal del canal de luminancia (Y) en bloques de 16 x 16 pixeles y la operación de la Transformada Discreta Coseno (DTC) se presenta en bloques de 8 x 8 pixeles para organizar la redundancia en la dirección espacial. Así, para cada cuadro de 16 x 16 pixeles de la imagen actual, se realiza una búsqueda para encontrar un bloque similar en una imagen previa o posterior. Los coeficientes de la Transformada Discreta Coseno son cuantizados y se obtienen varios coeficientes que empiezan con cero, que forman cadenas de ceros, convenientes para la compresión. Entonces, los coeficientes de la DTC, los vectores de movimiento, los parámetros de cuantización y demás datos son codificados en una tabla arreglada que utiliza codificación Huffman.

Para obtener altas razones de compresión, MPEG-1 utiliza técnicas de codificación para reducir las redundancias espaciales, donde las muestras vecinas en la misma línea de escaneo son similares y la redundancia temporal, donde las imágenes vecinas en una secuencia de video son similares.

Además, el ojo humano es más sensitivo a la luminancia (Y) por lo que esta componente se codifica completamente, las componentes de crominancia son submuestreadas, por lo que se genera una reducción de los datos, sin afectar la calidad visual de la imagen. En el estándar MPEG-1 la resolución de la componente Y es cuatro veces la del submuestreo de las componentes Cb y Cr, gráficamente esto representa:



**Figura 3.17** Proceso de submuestreo para MPEG-1

El submuestreo representa la técnica de compresión más básica ya que reduce la cantidad de datos al descartar algunos de ellos. Existen dos métodos básicos de submuestreo. El primero de los métodos requiere copiar la imagen original utilizando una parte de los píxeles de la imagen original. El segundo requiere calcular el promedio de los valores de los píxeles para cada grupo de varios píxeles, el valor promedio es substituido en el lugar apropiado de la imagen. Esta técnica es más complicada, sin embargo se obtiene una mayor calidad en las imágenes.

El submuestreo es obviamente no reversible ya que los valores se pierden, aunque el proceso de submuestreo se ayuda de la habilidad de la visión humana de llenar los espacios vacíos, el receptor debe restaurar los píxeles que fueron removidos durante el submuestreo. Para hacer esto, los píxeles adyacentes de la imagen submuestreada son comparados, entonces, los valores de los píxeles perdidos pueden ser obtenidos a través de la interpolación.

Después de haber convertido los píxeles y haber hecho el submuestreo de la información de crominancia, el siguiente paso es reducir los datos resultantes a través de un proceso de cuantización. La cuantización es el proceso de aproximación de valores de una imagen que tiene un número infinito de colores. Así, el uso de la cuantización permite minimizar el número de bits para representar una variedad de colores.

Bajo el estándar MPEG-1, los bloques de 8x8 píxeles son convertidos a otro bloque utilizando la Transformada Discreta Coseno (DTC). Esta transformación es una técnica de conversión que cambia una señal en sus componentes espectrales de frecuencia. La DTC de una dimensión es utilizada para representar imágenes de una dimensión, como formas de onda. La DTC de dos dimensiones es requerida para el análisis de señales en dos dimensiones, como imágenes.

El uso de la DTC convierte los datos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Si hay una pequeña variación de los datos en el dominio del tiempo, entonces los datos en el dominio de la frecuencia dan como resultado una baja frecuencia y una alta frecuencia cuando los datos varían considerablemente. Aunque el proceso de la DTC no da como resultado la compresión, los coeficientes resultantes, cuando se aplica a un escaneo en zigzag, tienden a ser candidatos para la compresión.

Los coeficientes en la DTC son conocidos como Coeficientes Discretos Coseno (DC). En cambio, los otros valores de los coeficientes son llamados coeficientes AC, el resultado de los pasos de cuantización son utilizados para cuantizar los coeficientes AC considerando que los pasos pequeños de la cuantización son utilizados para cuantizar los coeficientes DC. Esta acción proporciona un alto nivel de precisión.

Después de la aplicación de la DTC y la cuantización, la mayoría de los valores AC son ceros. Para las secuencias de ceros, la Longitud de Codificación (RLE) es utilizada para comprimir los resultados de la DTC y la cuantización. Para hacer esto, el flujo de bits es codificado en pares (skip, value), donde "skip" representa el número de ceros y "value" es el siguiente valor encontrado diferente a cero. RLE es usado solo para las componentes

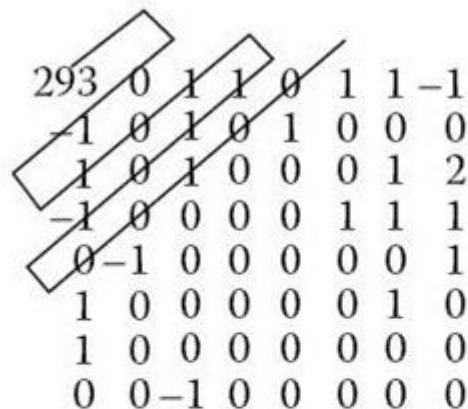
AC. Para las componentes DC, se utiliza la Modulación Diferencial de Pulsos Codificada (DPCM). La DPCM puede considerada como una extensión de la Modulación de Pulsos Codificada en la cual la diferencia entre la salida previa y una nueva entrada es codificada en lugar de los valores actuales de la nueva entrada.

La siguiente tabla muestra la creación de diferencias entre la salida de una secuencia previa y una nueva secuencia de entrada. Note que al codificar la diferencia encontrada con los nuevos valores de entrada requieren un menor número de bits.

Nueva Entrada	1 3 2 5 7 4 1 0 3
Salida Previa	0 1 2 4 8 3 0 1 2
Diferencia de Valores	1 2 0 1 -1 1 0 -1 1

**Tabla 3.8** Modulación diferencial de pulsos codificados

Después de la aplicación de la DTC y la cuantización, la mayoría de los valores AC van a ser ceros. En este punto, se utiliza un proceso de escaneo en zigzag para obtener secuencias mayores de ceros. La siguiente figura muestra una porción del proceso de escaneo en zigzag aplicado a un bloque de 8x8 y los datos resultantes.



Datos en Zig Zag:

293, 0, -1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, -1, 0, 0, 1, 0, 0, ....

**Figura 3.18** Proceso de escaneo en zigzag

Después que el proceso de escaneo es aplicado al bloque, la cadena de bits resultante es codificada en pares. El valor del coeficiente DC no es codificado. En cambio, DPCM es utilizada para predecir el coeficiente DC.

La Estimación de Movimiento es utilizada para predecir los valores de un bloque de pixeles en la imagen actual. Un cuadro es seleccionado como referencia y los cuadros siguientes son predichos utilizando la referencia.



El proceso de compresión de video utilizando la Estimación de Movimiento es conocido como Codificación entre Imágenes. Este proceso ocurre con la división del actual cuadro en bloques de 8x8. Cada bloque es comparado con el bloque de referencia de la imagen y se selecciona el bloque más parecido. Después, un vector describe el desplazamiento del bloque en la imagen de referencia con respecto a los bloques del cuadro actual. Este vector es llamado Vector de Movimiento y la diferencia entre los dos bloques es llamada Error de Predicción.

La siguiente figura muestra un ejemplo del proceso de Estimación de Movimiento en un bloque de 4 x 5 pixeles, en este ejemplo, el cuadro N sirve como referencia para la Estimación de Movimiento del cuadro N+1.

Cuadro N	Cuadro N+1	Vector de Movimiento
76 78 79 80	79 79 80 80	3 -1 1 0
81 82 82 81	80 81 81 81	-1 -1 -1 0
79 79 83 81	79 79 82 82	0 0 -1 1
80 80 79 80	81 80 80 81	1 0 1 1
81 81 80 80	81 81 80 80	0 0 0 0

**Figura 3.19** Ejemplo de estimación de movimiento

Durante el proceso de reconstrucción, el cuadro de referencia es utilizado para predecir los actuales cuadros basados en los vectores de movimiento. Con el estándar MPEG-1, la codificación de los vectores de movimiento y su error de predicción son almacenados. Durante el proceso de decodificación, el decodificador utiliza esta información para reconstruir las imágenes, a esto se le conoce como Compensación de Movimiento. Se puede decir que la Compensación de Movimiento es el inverso de la Estimación de Movimiento.

Un mecanismo para reducir la redundancia de los datos en MPEG-1 se utiliza la Codificación de Longitud Variable (VLC) para el proceso de codificación. La VLC puede ser considerada como la representación de una técnica de codificación estática en la cual los códigos pequeños son utilizados para representar los valores mas frecuentes y los códigos largos representan valores que ocurren con menor frecuencia.

Cuando se asignan códigos a los símbolos basados en su probabilidad de ocurrencia, utilizamos el bien conocido Código de Huffman. En el estándar MPEG-1, la codificación y decodificación utiliza una tabla con dos entradas. Una entrada representa los posibles símbolos o datos originales y la segunda entrada guarda los códigos correspondientes para cada símbolo.



### 3.4.1.2. MPEG-2

Es el método más utilizado para la compresión de señales de audio y video. Este estándar es capaz de codificar SDTV a velocidades de datos entre 3 y 15 Mbps y HDTV con velocidades de 15 a 30 Mbps. Además, MPEG-2 proporciona capacidad de sonido envolvente. A diferencia de MPEG-1, este estándar consta de nueve partes.

Parte	Descripción
1	Direcciona uno o más flujos de audio y video, así como otro tipo de datos que pueden ser combinados dentro de los flujos de datos para su almacenamiento o transmisión. Su principal objetivo es definir una sintaxis para el transporte de paquetes de audio y video, además de la sintaxis para su sincronización.
2	El encabezado y los flujos de bits son definidos con ayuda de los algoritmos utilizados para el procesamiento de video. También define una serie de perfiles que ofrecen diferentes funciones, como la codificación de imágenes con diferentes resoluciones de color en altas tasas de bits de datos.
3	Representa una extensión de un multicanal de regreso compatible con el estándar de audio de MPEG-1.
4	Esta parte es similar a la de MPEG-1, define el significado de conformidad para el sistema de video y audio.
5	Esta parte al igual que su similar al MPEG-1 contiene un ejemplo del Software de lenguaje de codificación y decodificación para audio y video.
6	Representa una serie de protocolos que controlan los flujos de bits de MPEG-2, conocidos como Comandos de Control de Contenido Multimedia Digital (DSM-CC). Que definen una sintaxis para controlar el estilo de grabación, acceso al disco e incluye comandos como Adelantar, Pausar, etcétera.
7	Representa una especificación de un algoritmo de codificación de audio multicanal que no es compatible con el audio de MPEG-1.
8	Introduce una extensión de video de 10 bits como aplicación primaria para un estudio de video que requiere 10 bits de precisión para las muestras. El trabajo en esta parte fue discontinuado por la falta de interés de la industria.
9	Define las especificaciones de la Interfaz en Tiempo Real (RTI) para el transporte y control de señales de Video bajo Demanda entre los Set Top Boxes y los Servidores de Encabezados.

**Tabla 3.9** Partes que forman el estándar MPEG-2

MPEG-2 representa una extensión de estándar de video MPEG-1. Además, MPEG-2 proporciona algoritmos extra que permite soportar MPEG-1 y pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia de la codificación de video. En MPEG-2 se definen cuatro parámetros para la codificación, incluyendo la resolución de la imagen, velocidad de la imagen, máxima velocidad de transmisión de datos y tamaño del Buffer requerido para cada nivel. La siguiente tabla muestra los límites superiores de cada parámetro.

Nivel	Ancho de la imagen (píxeles)	Altura de la imagen (píxeles)	Velocidad de Cuadro (Hz)	Velocidad de Transmisión de Bits (Mbps)	Tamaño del Buffer (Bits)
Bajo	352	288	30	4	475136
Principal	720	576	30	15	1835008
Alto 1440	1440	1152	60	60	7340032

Alto	1920	1152	60	80	9781248
------	------	------	----	----	---------

**Tabla 3.10** Parámetros superiores para el estándar MPEG-2

En este estándar se soportan ambas técnicas de escaneo, entrelazado y progresivo. En cambio, MPEG-1 está limitado a soportar un escaneo progresivo, porque su aplicación principal fue la compresión de video para discos.

### 3.4.1.3. H.264

Para concluir el tema de pérdidas por compresión, es necesario tratar brevemente un estándar de codificación de video desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y la ISO / IEC. Es el estándar H.264 o mejor conocido como MPEG-4 AVC (Codificación de Video Avanzado). Es un estándar de compresión de video que proporciona una capacidad de compresión mayor que sus predecesores, puede proporcionar calidad de video similar a la de un DVD a velocidades de transmisión menores a 1 Mbps.

La meta principal de este estándar es obtener un nivel de compresión muy grande, pero conservando la calidad de video. El resultado es el logro de una reducción aproximada del 50 por ciento de la velocidad de transmisión requerida para transportar archivo multimedia, comparado con los estándares antes mencionados.

Este estándar es similar a sus predecesores en su diseño, basado en una secuencia de acciones que construyen bloques. La única diferencia son los algoritmos adicionales, los cuales tienen una exactitud de movimiento que incrementa la complejidad para obtener grandes niveles de compresión.

El H.264 tiene dos capas distintas: la Capa de Red Abstracta (NAL) y la Capa de Codificación de Video (VCL). La NAL es la responsable de la codificación de paquetes de datos basada en las características de la red que va a ser utilizada como transporte. En cambio, la VCL es la responsable de generar una representación eficiente de los datos. Así, la NAL administra el transporte sobre la red y la VCL representa una interfaz independiente a la red.

El H.264 soporta operaciones basadas en IP y no basadas en IP. De hecho, H.264 puede ser utilizado en PDAs, DVDs, satélites y servidores de contenidos o Set Top Boxes.

Este estándar es similar a las otras técnicas de compresión para archivos multimedia, porque utiliza redundancias espaciales y temporales, dentro y entre las imágenes para reducir la cantidad de datos. Sin embargo, para explotar al máximo las redundancias entre los bloques adyacentes de una imagen, H.264 predice el valor del pixel de un bloque de los bloques adyacentes, codificando la diferencia entre el valor actual y el valor predicho. Existen nueve modos de predicción diferentes soportados por H.264 para macro bloques.

Además, H.264 utiliza una Transformada Integral DCT. Esta transformada es una aproximación de la DCT convencional. Pero los bloques son reducidos a 4x4, lo que permite obtener resultados con mejor exactitud durante la decodificación.

La compensación de movimiento ocurre utilizando bloques de tamaño variable. Existen más de siete modos de bloques variables diferentes y 16 vectores de movimiento son soportados en cada macro bloque. Aunque el uso de bloques con tamaño variable mejora la capacidad de predicción, se incrementa la complejidad de sus códigos.

Bajo el estándar H.264, se utiliza un proceso de cuantización no lineal, con un incremento aproximado del 12 por ciento en la magnitud de tamaño por escalón de un parámetro de cuantización a otro. Un total de 52 parámetros de cuantización son soportados por el estándar, los cuales mejoran la ganancia de codificación obtenida en el proceso.

Aunque el estándar H.264 soporta un amplio rango de redes de operación de ADSL para CATV, por su alta complejidad no se encuentra en la inmensa mayoría de Set Top Boxes. Aunque, la potencia de procesamiento de los chips se va incrementando, podemos esperar que el uso del estándar H.264 se incremente rápidamente.

### **3.4.2. TÉCNICAS DE COMPRESIÓN DE AUDIO**

El apartado anterior trataba sobre las técnicas de compresión de video utilizando MPEG. En esta sección se trata la forma en la cual el sonido es digitalizado bajo los estándares MPEG. Existen tres esquemas diferentes de codificación para datos de sonido digitalizado bajo el estándar MPEG. Estos esquemas de codificación son conocidos como Capas I, II y III.

Bajo el estándar de audio MPEG-1, el tipo de información que el codificador tiene que producir se genera bajo códigos estandarizados. La codificación de audio percibida resulta del cambio de pérdidas por la compresión; la codificación perceptual elimina las partes de una señal de sonido que no es posible escuchar por medio del oído humano. De hecho, la codificación de audio MPEG-1 transforma las señales de sonido dentro del dominio de la frecuencia y elimina las componentes de frecuencia que no pueden ser escuchadas debido a su enmascaramiento por las componentes de frecuencias más fuertes.

Cada una de las capas de audio MPEG-1 va incrementando en su complejidad y la eficiencia de su codificación de acuerdo a la evolución de la capa I a la capa II y después a la capa III. El archivo más conocido es el que tiene la extensión .mp3 que fue creado con el desarrollo de la capa III del estándar de codificación MPEG-1 que utiliza el Software de los sistemas operativos de Windows.

Después de remover las partes de las señales de audio que no pueden ser escuchadas, el audio que permanece es cuantizado dentro de una cadena de bits, la cual es dividida en bloques de datos. En la capa I, los bloques consisten de 384 muestras de audio, en cambio, la capa II y la capa III tienen 1152 muestras en cada bloque. Cada bloque es codificado dentro de un cuadro de audio MPEG-1, una cadena de audio MPEG-1 consiste en una serie de cuadros de audio consecutivos. Al igual que los cuadros de video, un cuadro de audio consiste en un encabezado que contiene la información obtenida de las

capas MPEG, la frecuencia de muestreo, el número de canales, y si el cuadro es un Ciclo Redundante de Chequeo (CRC) de protección. Posteriormente el encabezado es seguido por los datos del sonido codificado.

Las técnicas de compresión de audio MPEG-1 soportan un amplio rango de velocidades de bits, de 32 kbps a 320 kbps. Existe una frecuencia de muestreo baja que fue incluida en el estándar MPEG-2 y permite obtener una velocidad de hasta 8 kbps.

Aunque la capa III soporta varias velocidades de bits, las capas menores pueden tener un soporte opcional. Sin embargo, muchos de los decodificadores de audio MPEG-1 soportan tasas de bits variables, pero todas las capas del estándar de audio MPEG-1 también soportan uno o dos canales de señales de audio. Cuatro diferentes modos de audio son soportados por este estándar. Esos modos son monoaurales, estéreo, joint estéreo y canal doble, con este último se proporcionan dos canales independientes que pueden ser utilizados para soportar dos idiomas al mismo tiempo.

Existe una técnica llamada Codificación de Audio Avanzada (AAC) que es el centro de las especificaciones MPEG-4, 3GPP y 3 GPP2. AAC proporciona una codificación de audio que comprime de forma más eficiente que cualquier otro formato (mp3). Algunas de las ventajas que presenta son: un menor tamaño de archivo con mayor calidad, soporta audio multicanal, alta resolución de audio con velocidades menores a 96 kHz, mejor eficiencia en la codificación que requiere menor procesamiento para la decodificación.

### **3.5. EQUIPO TÉCNICO**

Se ha mencionado de forma breve, algunos de los componentes de Hardware que son utilizados en los sistemas de Televisión por IP, pero sin tratar profundamente sus funciones. Esto es, porque la función básica de los dispositivos de Hardware, como servidores, Set Top Box, etcétera, es bien conocidas. En este apartado se estudia profundamente cada uno de los componentes de Hardware utilizados en sistemas de IPTV. Por ejemplo, se examinan las diferencias entre un STB para CATV y un STB para IPTV, además se menciona cuál de los dos tiene un mejor desempeño en el manejo de archivos multimedia, administración de contenidos, servidores Broadcast y servidores de almacenamiento.

#### **3.5.1. SERVIDORES IP**

Los Set Top Boxes, Centros Multimedia y Centros Multimedia Extendidos son dispositivos localizados en casa u oficina. En la terminal opuesta de una red IPTV existe una serie de servidores para adquirir el contenido, estructurar el volumen para su distribución y transmitir el contenido hacia la red para que la puedan recibir los suscriptores. Por lo anterior es necesario conocer las características operacionales de la serie de servidores que forman parte de la infraestructura de IPTV.

Existen los servidores de encabezados, los servidores de transmisiones Broadcast, los servidores de video digital, los servidores de transmisión bajo demanda, además de los servidores de administración de los suscriptores. Aunque, ya se mencionaron algunas de las características de los servidores, en esta sección se estudian algunas similitudes en el funcionamiento de los servidores y algunas diferencias que se presentan en cada uno de los servidores dentro de un ambiente IPTV.

Aunque no todas las operaciones de la IPTV necesitan los servidores antes mencionados, es fundamental conocer las funciones que realiza cada uno de ellos. Por ejemplo, un servidor de transmisión bajo demanda se habilita cuando el proveedor de servicios necesita transmitir datos de video grabados en diferentes horarios y a diferentes usuarios. Si el proveedor del servicio no ofrece esta característica, no necesita utilizar este tipo de dispositivo. Esta función también puede ser lograda utilizando Software con la ayuda de un Servidor Multimedia para evitar la necesidad de utilizar un servidor separado. Sin embargo, como el número de suscriptores a IPTV se incrementa rápidamente, el proveedor del servicio debe emplear una división de labores para mover ciertas funciones y separar los servidores para que cada uno de ellos tenga una función determinada.

- **Servidor de Encabezados.**

Uno de los tipos más importantes de servidores utilizados en el ambiente de la IPTV es el servidor de encabezados. Este servidor captura los flujos de datos de video transmitidos vía satélite (DVB-S), terrestre (DVB-T), y por cable (DVB-C) y las señales capturadas son convertidas en flujos diferentes de datos utilizando asociaciones para cada uno de los canales preseleccionados para su transmisión sobre redes IP. Este proceso incluye la recepción de flujos de video Broadcast, como una serie de imágenes y posteriormente convierte cada una de las imágenes de cada flujo en un formato digital como MPEG-2 o MPEG-4. Entonces, los cuadros digitales obtenidos son enviados vía Multicast utilizando protocolos de direccionamiento, tal como el RTP bajo UDP o UDP RAW.

Los Servidores Multimedia aceptan una gran variedad de fuentes tipo Broadcast y transfieren datos a un codificador Broadcast. Los dos dispositivos anteriores, servidor multimedia y codificador Broadcast son equivalentes a la utilización de un Servidor de Encabezados. El Software de encabezado debe soportar obviamente el Set Top Box instalado en el hogar del suscriptor. Asumiendo esto, el suscriptor podría cambiar los canales de forma directa o usar una guía fácil para seleccionar cualquier canal. Para lograr esto, el Set Top Box debe transmitir una demanda para entrar a un grupo Multicast asociado al canal. Esta demanda va a fluir del Set Top Box al Multiplexor de Acceso DSL (DSLAM) dentro de un ambiente que utilice DSL, con la transmisión del DSLAM la demanda del canal Multicast empieza a ser transmitida como una transmisión Unicast sobre la conexión de cobre hacia el suscriptor.

- **Servidor Broadcast.**

Otro nombre para los servidores de encabezado es Servidor Broadcast; sin embargo, las dos condiciones pueden ser sinónimas o antónimas. Esto es porque, se acaban de

mencionar las funciones principales de los servidores de encabezados, pero esta sección se enfoca en las funciones adicionales que se pueden incluir dentro de un servidor Broadcast utilizado dentro de un ambiente IPTV.

Un servidor Broadcast está diseñado para habilitar organizaciones dentro del alcance de sencillas o múltiples localidades para video en vivo, audio y diferentes tipos de presentación de datos, como presentaciones en Power Point, para seleccionar direcciones IP. Estas direcciones pueden representar empleados en la oficina central o áreas de oficinas o clientes.

Contrario a los Servidores de Encabezados, el Servidor de Video Broadcast no convierte los flujos de datos Broadcast en múltiples transmisiones Multicast, donde cada transmisión es asignada a un canal de Televisión, ni hace este trabajo el servidor en unión con uno o más tipos de Set Top Boxes. El servidor de Video Broadcast está designado comúnmente a generar una alimentación sencilla en cada instante de tiempo, la cual es vista a través del uso de un navegador activo en el escritorio o pantalla de la computadora. Claro que esto es posible a través de Hardware y Software para tomar la alimentación de video generada en una computadora y transmitida por una red alámbrica o inalámbrica hacia una pantalla ancha vista por un grupo de empleados, contratistas o clientes.

- **Servidores de Video Digital.**

Un tercer tipo de servidores que merecen una explicación más detallada es el Servidor de Video Digital (DVS). Aunque este servidor puede estar localizado en el extremo de la red de un sistema de transmisión, también puede estar localizado en cualquier otro punto de la red. Este servidor soporta la captura, edición, almacenamiento y transmisión de video digital. Fue diseñado para el uso de escuelas, librerías, hoteles, museos y empresas, el Servidor de Video Digital es más pequeño y menos poderoso que los Servidores de Encabezado y permite a las diferentes organizaciones crear contenido que pueda ser mostrado dentro de un área predefinida, como las pantallas dentro de un museo o aeropuerto.

A diferencia de los Servidores de Video Digital convencionales, que muestran el mismo contenido en todas las pantallas, un DVS sobre IP es capaz de transmitir diferentes imágenes y programas en diferentes direcciones IP. Así, los DVS pueden transmitir información acerca de arte moderno a una sala de algún pintor famoso dentro de un museo, al mismo tiempo puede mostrar una secuencia de imágenes diferente en otra sala dedicada a otro pintor diferente dentro del mismo museo. Esto es posible, porque los DVS son usados comúnmente en un sistema de IPTV privado, como escuelas o museos.

- **Servidor de Video Bajo Demanda.**

La función del Servidor de Video Bajo Demanda es almacenar programas, películas y cualquier otro tipo de eventos en video que los clientes quieren ver en un instante de tiempo y para el cuál existe usualmente una cuota asociada en su transmisión. Así, las tres principales diferencias entre los Servidores de Encabezado, Broadcast y de Video



Bajo Demanda pueden ser clasificados por su accesibilidad, método de transmisión y costo.

Considerando que los programas del Servidor de Encabezados y de Broadcast son transmitidos en una hora predefinida, la información almacenada en los Servidores de VoD es transmitida a la hora en la cuál el usuario la requiere. Involucrando un método de transmisión, los Servidores de Encabezado y de Broadcast transmiten cadenas de datos de video como un mensaje Multicast que fluye como una secuencia sencilla de datagramas a un DSLAM o algún otro dispositivo equivalente que sirva a varios suscriptores y que al menos un suscriptor haya pedido un contenido específico. Después de esto el equipo DSLAM va a transmitir una secuencia de datagramas a cada uno de los suscriptores que previamente ingresaron al grupo Multicast al cambiar el canal de su Set Top Box. En cambio, un Servidor de VoD va a transmitir películas seleccionadas, deportes, reestrenos o la información que responda los requisitos de cada uno de los suscriptores. Así, el Servidor de VoD transmite la información correspondiente de forma directa a cada uno de los suscriptores como una secuencia de datagramas Unicast.

Una tercera diferencia entre estos tipos de servidores se encuentra en el hecho de que el suscriptor normalmente tiene que pagar una cuota para ver el funcionamiento del VoD. Esto puede requerir que el operador de IPTV tenga que transmitir la información de los programas pedidos a un servidor que cheque el estado de cuenta de los suscriptores y cargue cada una de las cuotas correspondientes a la cuenta del usuario. Ese Servidor de Cargos de Cuentas tiene un sistema de administración de clientes y se menciona su funcionamiento más adelante. Entonces, si la cuenta ha estado atrasada por más tiempo del otorgado, El Servidor de Cargos de Cuenta podría rechazar el pedido del programa y además transmitir un mensaje que fluya a través del Set Top Box del Suscriptor y se muestre en la computadora o pantalla de Televisión informando al suscriptor la razón por la cual se rechazó su petición de VoD. Asumiendo que el Servidor de Cargos de Cuentas apruebe la petición, después de descargar la grabación ese servidor enviará la respuesta al Servidor de Video Bajo Demanda.

- **Servidor de Archivos.**

Una de las diferencias clave entre los datos y el video es el hecho de que el video requiere una capacidad de almacenamiento considerablemente más grande; considerando la descripción de una película o programa de Televisión comparado con su actual contenido almacenado. El hecho que los Servidores de Encabezado y de VoD eviten tener la capacidad de almacenar miles de horas de programación resulta el desarrollo de Servidores de Archivos de video.

Similar a los servidores convencionales, los Servidores de Archivos son fabricados con una gran variedad de configuraciones. Este tipo de servidores tienen un lugar diferente a los Servidores de Encabezados, Broadcast y de VoD, por el hecho de que los Servidores de Archivo están diseñados específicamente para soportar una cantidad extremadamente grande de almacenamiento en línea, en un rango típico de Terabytes. Los Servidores de Archivos almacenan archivos de video usando un Arreglo Redundante de Discos



Independientes (RAID), donde, dependiendo del nivel de RAID empleado, su desempeño, falta de tolerancia o una combinación de ambos son mejorados.

La siguiente tabla muestra una breve descripción de los niveles del RAID estandarizados. Note que el RAID representa una categoría de controladores de discos que utilizan dos o más controladores juntos para habilitar el grado de incremento en el funcionamiento, falta de tolerancia o ambos.

Un RAID puede ser utilizado por varios tipos de servidores, pero es particularmente utilizado en un Servidor de Archivos de Video.

Nivel	Descripción
0	Arreglo de una tira de discos sin tolerancia a fallas que proporciona tiras de datos o la expansión de bloques a través de múltiples discos. Aunque esto mejora el desempeño, no proporciona una capacidad de tolerancia a fallas.
1	Al reflejar y doblar, se proporciona una copia de datos y se lee dos veces la transacción de discos sencillos mientras la velocidad de transacción de escritura no es alterada.
2	Tiras de códigos de corrección de errores de datos a nivel de bits. Los bits redundantes son analizados utilizando el código Hamming, el cual está escrito a lo largo de los datos. En la recuperación, los datos y los códigos de corrección de errores son leídos, permitiendo un bit de error sencillo para ser corregido en el "vuelo".
3	Resultados en el entrelazado del bit de paridad en una tira de bytes utilizando discos de paridad dedicados, permitiendo las fallas de un disco sencillo. Sin embargo, el funcionamiento es degradado por la necesidad de escribir en el disco de paridad cuando los datos son colocados en tiras.
4	Tiras de bloques de nivel con desempeño mejorado en su paridad dedicada por las tiras de datos a través de varios discos y falta de tolerancia debida a disco de paridad dedicada. Si un disco de datos falla, el disco de paridad es utilizado para crear un disco de reemplazo. Una desventaja del nivel 4 es similar a la del nivel 3, en el disco de paridad se pueden crear cuellos de botella al escribir.
5	Rayado de bloques de niveles con tiras de paridad dedicadas, datos y paridad cruzando tres o más unidades. Aunque es similar al nivel 4, el nivel 5 quita la necesidad de una unidad de paridad dedicada, reforzando el funcionamiento mientras se proporciona un buen nivel de tolerancia a fallas. El nivel 5 es quizás la versión más popular de RAID.
6	Este método es propiedad de Storage Computer Corporation, su uso es asíncrono, con tiras escondidas de paridad dedicada para enlazar los niveles 3 y 4. Colocar dentro de múltiples niveles y procesadores de administración los arreglos de manera asíncrona. Esto mejora el funcionamiento mientras mantiene la tolerancia a las fallas.
10	Es una combinación de los niveles 0 y 1, el nivel 10 no fue uno de los niveles originales. Bajo el nivel 10 el arreglo es inicialmente preparado como un grupo de pares reflejados (nivel 1) y entonces colocados en tiras (nivel 0). Ambos funcionamientos y tolerancia a fallas son altos, pero el nivel 10 requiere un mínimo de 4 unidades y tiene un gran encabezado con una escalabilidad limitada.

**Tabla 3.11** Niveles de los Arreglos Redundantes de Discos Independientes (RAID)

Un Servidor de Archivos puede funcionar como otros tipos de servidores y puede ser utilizado como una unidad de almacenamiento auxiliar para algún Servidor de contenidos Multimedia genérico. En conclusión, los Servidores de Archivos pueden ser conectados a la red LAN, donde pueden proporcionar la capacidad de almacenar los datos de otros servidores conectados en la Red de Área Local (LAN).

- **Servidor de Timeshifting Broadcast.**

Timeshifting representa la transmisión de un video en un instante de tiempo diferente al establecido originalmente. Timeshifting es altamente considerado para representar la operación de un suscriptor que utiliza una grabadora de DVD o VCD, pero también puede representar la operación de un proveedor de IPTV. Aunque timeshifting puede funcionar a través de Software en un Servidor de Encabezados, Broadcast o de Video, algunas veces el proveedor de servicio de IPTV debe adquirir y almacenar video en un servidor separado para transmitirlo en un tiempo específico. Cuando esto ocurre, el servidor es normalmente utilizado como Servidor de Timeshifting Broadcast.

Como los videos de Alta Definición requieren un ancho de banda considerablemente mas grande que la utilizada por la Televisión Estándar, algunos proveedores de IPTV pueden encontrar conveniente el adquirir programación vía satélite o por comunicación terrestre y almacenar esta programación dentro de un servidor separado para transmitirlo en horarios predefinidos. Similarmente, ciertos canales de programación populares son normalmente retransmitidos varias veces después de su programación inicial. Así, los Servidores Timeshifting Broadcast pueden almacenar la programación de canales retransmitidos en definición estándar o alta.

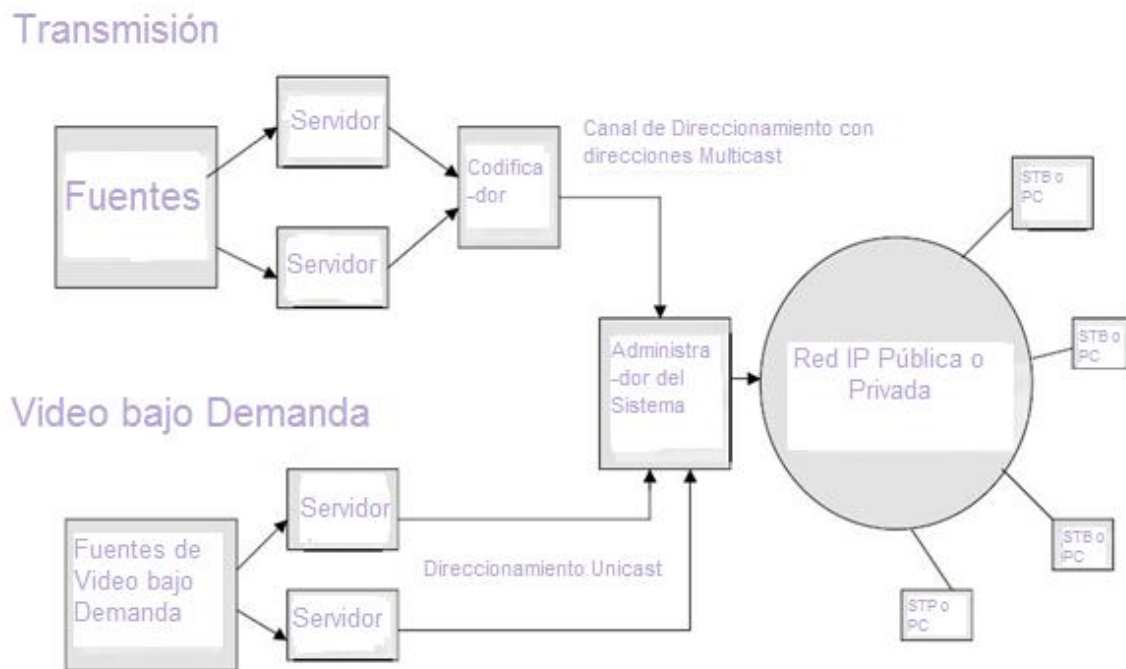
- **Servidor de Administración y Cargos.**

Ya se había tratado algo acerca de este tipo de servidores, pero solo se mencionó brevemente que la forma de acceso al Video bajo Demanda puede requerir la verificación del estado de cuenta de un suscriptor. Esa verificación así como sus cargos y otras funciones administrativas pueden ser desempeñadas por servidores separados. Esto es porque la capacidad de administración y cargos es importante en la operación del servicio de IPTV, esta capacidad es implementada usualmente en un sistema de procesadores paralelos conectados a la RAID que proporciona un alta grado de tolerancia a fallas. Esta configuración asegura que las fallas de un procesador a disco pueden ser compensadas. Aunque los pequeños proveedores de IPTV, así como algunas compañías telefónicas, proveedores de comunicaciones por satélite y operadores de cable pueden usar sistemas de procesadores paralelos en un servidor sencillo, la mayoría de los operadores van a elegir probablemente mantener su sistema de administración y cargos en servidores paralelos que son interconectados y operados en "tándem".

Las funciones de un Servidor de Administración y Cargos pueden incluir la verificación del estado de cuenta de los suscriptores para evitar retrasos en los nuevos programas de pago por evento así como la generación de mensajes, utilizados para recordar a los usuarios si su pago esta vigente o retrasado. En conclusión, los datos capturados por el

Sistema de Administración y Cargos son utilizados para crear las cuentas mensuales de los suscriptores que pueden ser transmitidas vía correo electrónico o enviadas por correo a cada suscriptor.

El Servidor de Administración y Cargos se muestra en la siguiente figura como “Sistema de Administración del Suscriptor”. Este sistema puede tener la habilidad de aceptar pagos utilizando transferencias de los portales de Bancos Electrónicos o con tarjetas de crédito. Así, el sistema de administración de suscriptores puede incluir conexiones de telecomunicaciones para aumentar el número de organizaciones de crédito, así como una conexión para transferencias vía electrónica.



**Figura 3.20** Localización de los diferentes tipos de servidores en un sistema de IPTV

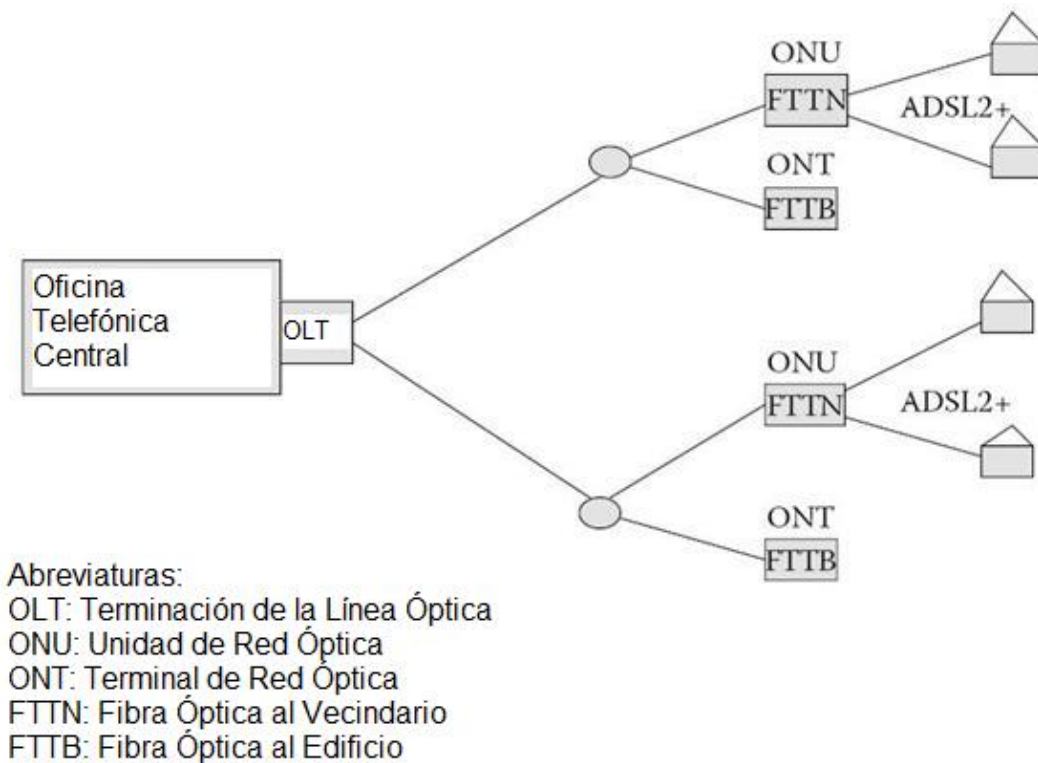
### 3.5.2. HUBS

La habilidad para transmitir contenidos de video requiere el desarrollo de redes de distribución de video. Esas redes consisten en tres niveles de Hubs: nacionales, regionales y locales.

- **Hubs Nacionales.** A un nivel nacional un banco central de servidores conectados a alimentadores terrestres y por satélite deben proporcionar el contenido de video nacional. Los Hubs nacionales deben codificar y comprimir el video así como almacenar contenido de Video Bajo Demanda.

- Hubs Regionales.** Los hubs regionales deben recibir el contenido de los Hubs nacionales así como conectar y recibir el contenido local además de insertar anuncios locales. Para facilitar la entrega de contenido de Video Bajo Demanda, los Hubs regionales deben almacenar temporalmente películas populares o algún otro contenido, como nuevas películas de pago por evento (pay-per-view).
- Hubs Locales.** El nivel más pequeño de las redes de distribución de video son los Hubs locales. Esto facilita la forma de recibir contenido local y nacional de un Hub Regional. En conclusión, los hubs locales insertan anuncios más locales así como transmitir contenidos directamente al suscriptor.

La siguiente figura muestra la jerarquía de las redes de distribución de video antes mencionadas.



**Figura 3.21** Jerarquía de las redes de distribución de video

### 3.5.3. SOLUCIONES DE ÚLTIMA MILLA

Se mencionaron algunas de las variantes existentes en la familia ADSL (Línea de Suscripción Digital Asimétrica), incluyendo ADSL2 y ADSL2+. Su principal uso es en la

llamada “Última Milla” para proporcionar la conectividad de las redes de una casa u oficina a la fibra óptica localizada en una colonia o en una oficina central de la compañía telefónica que esté próxima al cliente. Aunque se trató el uso de las diferentes versiones de ADSL a detalle, en este apartado se examina el uso de esta tecnología en combinación con varios métodos de instalación de cables de fibra ópticas en sitios centrales donde se encuentra un grupo de casas y oficinas conectadas. Además, otra de las versiones, la Líneas de Suscripción Digital conocida como VDSL (DSL de Alta Velocidad), puede proporcionar un ancho de banda mayor para distancias relativamente mas cortas y puede ofrecer alguna alternativa o algún complemento en el uso de las versiones de ADSL. Al entender el funcionamiento de la VDSL, se presentan algunas alternativas para las soluciones de Última Milla.

En el tema de ADSL se mencionó que la longitud máxima para su utilización es aproximadamente 5.5 km comparados con la longitud máxima utilizada en el transporte de HDTV y algunos canales de SDTV que utiliza tecnología VDSL que esta limitada a una longitud de 2.75 km aproximadamente. Esto significa que comparado con el ADSL el despliegue de VDSL es más dependiente de la cercanía entre el cliente y la fibra óptica. Aunque las mejores arquitecturas de red que soportan IPTV, deben ser habilitadas para ver varios programas de Televisión en Alta Definición al mismo tiempo, por medio del uso de Fibra óptica Hasta el Hogar (FTTH), desde una perspectiva económica, esta solución es muy costosa en la mayoría de las situaciones. Esas situaciones se refieren al desarrollo existente, donde es muy costoso el despliegue de fibra óptica en la colonia o las restricciones dentro de la casa que debe ser excavada en los jardines, estacionamientos, etcétera; o los cables de fibra óptica a ser instalados en líneas son muy costosos. En cambio, varias compañías telefónicas están usando algunas alternativas en el despliegue de fibra óptica. Algunas de las alternativas son:

- **Fiber-To-The-Exchange (FTTEx).**

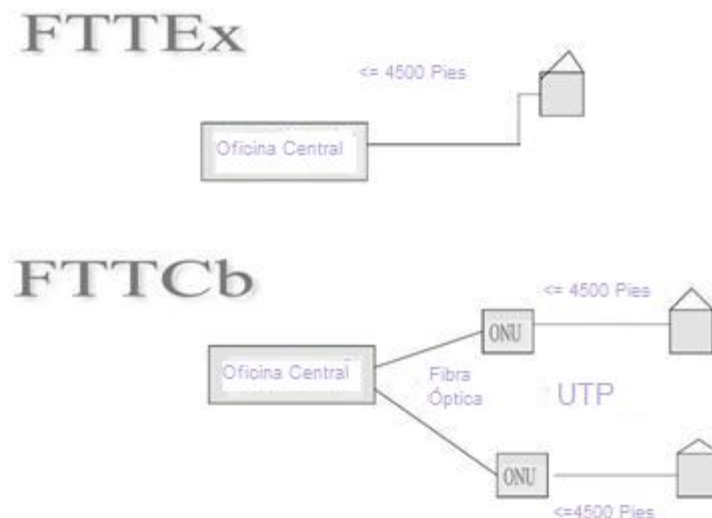
Esta solución se refiere al uso de fibra óptica en las oficinas centrales. De las oficinas centrales, se puede desplegar VDSL sobre cables de cobre a distancias de 1.4 km aproximadamente. Actualmente, si no son requeridos los servicios de HDTV, el VDSL puede ser utilizado para proporcionar una solución de Última Milla para varios canales de SDTV, además de acceso a Internet de banda ancha a distancias de hasta un kilómetro. Si se requiere la transmisión de HDTV, la distancia de transmisión será significativamente menor, aproximadamente 300 metros.

- **Fiber-To-The-Cabinet (FTTCb).**

Es un método que sirve a los suscriptores mas alejados de la oficina central. En esta situación se utiliza en la oficina central una Red Óptica Única en la cual los flujos de datos del suscriptor fluyen sobre cables de cobre existentes. En la siguiente figura se comparan este método con el anterior.

La parte superior del la imagen muestra que para el uso de FTTEx la oficina central debe estar localizada a una distancia máxima de 1.4 km del suscriptor. En comparación con la

parte inferior donde se ilustra que para el uso de FTTCb puede extenderse la distancia de la oficina central a los suscriptores y permitir el servicio sobre los cables de cobre existentes.



**Figura 3.22** Comparación entre FTTEx y FTTCb

La figura anterior no muestra los Multiplexores de Acceso para las Líneas de Suscripción Digitales (DSLAMs) que se encuentran en las oficinas centrales y que sirven directamente a un gran número de suscriptores. La función del DSLAM es permitir la conexión de los suscriptores a las redes de comunicación por medio de cables de cobre al centro de la red. En un ambiente de IPTV, el DSLAM podría soportar transmisiones de tipo Multicast. Si no se hace esto, el Switch o Router localizado en una oficina central va a necesitar la repetición de los canales de Televisión para transmitirlos a cada uno de los suscriptores que están viendo el mismo canal. Esta acción puede traer como consecuencia una congestión en la entrada del DSLAM cuando un programa muy popular es pedido. En cambio, si el DSLAM soporta transmisiones Multicast, este equipo va a recibir solo una cadena de datos por cada canal en la entrada y entonces se multiplican los flujos de datos para enviarlos a todos los suscriptores del canal que están utilizando su Set Top Box o Computadora para ver el canal.

- **Fiber-To-The-Neighborhood (FTTN).**

Este método es también conocido como Fiber-To-The-Node, y tiene algunas similitudes con FTTCb, pero también algunas diferencias. En un ambiente FTTN, la fibra óptica es dirigida de la oficina central a localidades dentro de las colonias, esto es para minimizar la distancia de cables de cobre utilizada dentro de un grupo de casas y oficinas. Aunque, esto es similar a FTTCb, FTTN puede tener la habilidad de ser actualizada en el futuro para permitir que la fibra óptica sea soportada directamente dentro de los hogares y oficinas. Esto permitirá a los suscriptores migrar hacia tecnologías de fibra óptica capaces de ofrecer la demanda de HDTV y aumentar otros tipos de tecnologías.



- **Fiber-To-The-Curb (FTTC).**

En un despliegue de FTTC, la fibra óptica es extendida a hogares y oficinas restringidas. Aunque esto minimiza la distancia del uso de cables de cobre, se incrementa el uso de fibra óptica, la cual puede resultar en grandes cantidades de cables de fibra a través de carreteras y autopistas. Típicamente, FTTC representa una buena solución para desarrollos de hogares donde los caminos y restricciones están en proceso de ser preparados. Si una colonia esta ya establecida, entonces FTTC puede representar un mejor método de despliegue.

- **Fiber-To-The-Building (FTTB).**

Otra opción que puede ser considerada para facilitar el uso de VDSL es el despliegue de fibra óptica directamente dentro de un edificio. Esto es conocido como FTTB, este método de despliegue de fibra óptica representa una solución práctica para unidades habitacionales, como edificios para departamentos, así como para edificios corporativos. Claro que la densidad de habitaciones dentro del área será un factor determinante para las justificaciones económicas de este tipo de despliegues. Por ejemplo, si media docena de edificios están localizados dentro de un terreno de una hectárea y tiene 20 departamentos, FTTB es una solución muy conveniente que se puede utilizar en áreas rurales.

- **Fiber-To-The-Home (FTTH).**

La última opción de despliegue que merece nuestra atención es la fibra óptica hasta el hogar, como su nombre lo indica, se refiere al uso de fibra óptica directamente dentro del hogar u oficina. Aunque FTTH representa el método más costoso utilizado para la conexión de la Última Milla, también puede proporcionar el mayor nivel de ancho de banda para los suscriptores. En varias pruebas de campo, FTTH ha dado velocidades de hasta 155 Mbps para los clientes, aunque en muchos casos esa velocidad representa la capacidad física máxima, la velocidad de datos promedio hacia el punto final se limita a entre 10 y 40 Mbps.

VDSL puede proporcionar velocidades de transmisión relativamente mayores que las basadas en cables de cobre, por esta razón muchas compañías telefónicas pueden reemplazar muchos de sus alimentadores principales con cables de fibra óptica sin tener que desplegar cables de fibra óptica directamente a los hogares o negocios. Al utilizar los despliegues FTTC o FTTH, las compañías telefónicas pueden evitar el costo de la excavación en jardines o carreteras. En cambio, un modem VDSL puede ser colocado dentro de la casa u oficina y conectarlo al cable telefónico existente. Si FTTH es utilizado, una entrada VDSL se localiza donde la fibra óptica termina y proporciona conversiones Analógicas-Digitales y Digitales-Analógicas por una serie de cables de cobre colocados desde la casa u oficina de los suscriptores a la entrada del VDSL. En realidad, el desempeño de la entrada depende de la velocidad en las transformaciones de las señales ópticas-eléctricas y eléctricas-ópticas. Esto es porque los VDSL son similares a las otras



tecnologías de DSL las cuales se basan en el uso de módems que funcionan con modulaciones analógicas.

#### **3.5.4. MÓDEM-ROUTER ADSL**

Para concluir el tema acerca de las soluciones de Última Milla, es necesario saber cómo la IPTV puede ser distribuida dentro de los hogares de los suscriptores. Por lo que se examina la forma en la cual el video y el audio pueden entrar a la casa de los suscriptores en una fibra óptica sencilla o en algún conductor metálico de cobre y llega a los aparatos de Televisión, de sonido y computadoras colocadas dentro de la residencia.

La distribución básica de IPTV puede estar formada por diversos canales de Televisión y acceso a Internet de banda ancha. Un sencillo flujo de transporte de datos forma una mezcla de actividades recreativas, pero existe una potencial conectividad para negocios que trae ventajas para algunos usuarios, por lo cual los flujos de datos pueden ser distribuidos en base a varios factores. Esos factores incluyen la manera con la cual las cadenas de datos son transportadas y la distancia del suscriptor a la oficina de comunicaciones más cercana o el tipo de suscripción del cliente.

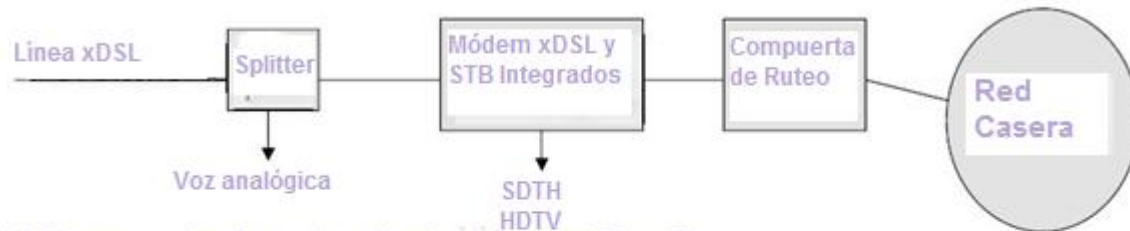
Además de todos los factores externos antes mencionados, existen varios factores internos que influyen mucho en la transmisión de IPTV al usuario. Estos factores son el tipo de Set Top Box instalado por la compañía telefónica, la capacidad de la compuerta de ruteo instalado por el propietario, el tipo de tecnología de red utilizada dentro del hogar del suscriptor. Además, algunos equipos de Televisión modernos de pantalla plana están siendo fabricados con una interfaz USB (Universal Serial Bus), la cual facilita la distribución de IPTV y la conexión directa de la red de la casa a la Televisión o al Set Top Box, para lo cual es utilizado un cable con conexión USB.

Las versiones de ADSL y VDSL funcionan de una manera similar, por lo que se conoce la forma en la cual un tipo de servicio de DSL es terminado dentro de una casa u oficina. La siguiente figura muestra la manera en la cual una conexión en serie para flujos sobre xDSL puede estar terminada. La parte superior muestra la integración de un Set Top Box dentro de un Módem xDSL, con la opción de que el servicio de IPTV pueda ser distribuido a otros lugares de la casa del suscriptor. En la parte inferior una entrada de ruteo es mostrada dentro del Módem xDSL. La diferencia clave entre las dos imágenes es el hecho de que el Set Top Box integrado con el Módem xDSL proporciona a los usuarios la habilidad para conectar una Televisión estándar o de Alta Definición sin utilizar la red del hogar o una entrada de ruteo.

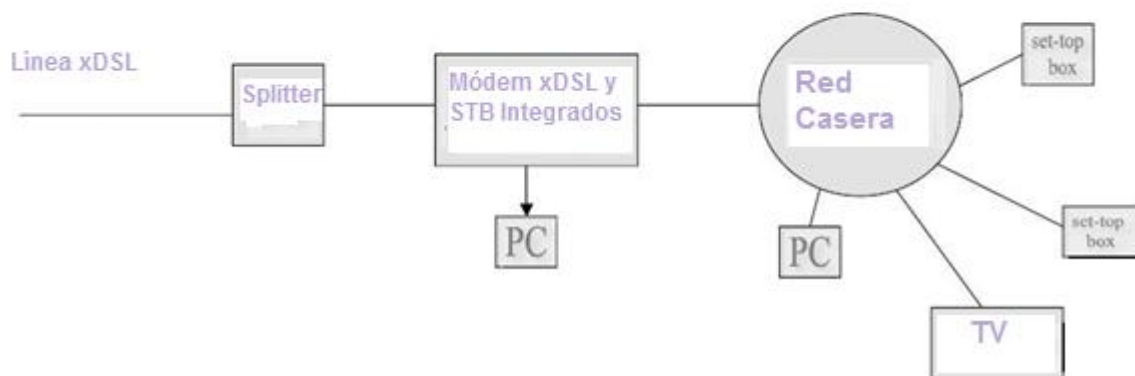
Así, este método de terminación utilizando un Módem xDSL con un Set Top Box unido puede ser apropiado para departamentos y otras residencias pequeñas. En cambio, con la parte baja de la figura, se necesita una entrada de ruteo para colocarse dentro del Módem xDSL o directamente unido al dispositivo en la parte de la entrada del servicio dentro del hogar. Esta configuración permite a los suscriptores poner sus computadoras cerca del Módem xDSL cuando se utiliza la red de la casa para distribuir SDTV y HDTV

hacia ambos Set Top Boxes y televisiones localizados a través de un departamento, casa u oficina.

### a) Set Top Box instalado dentro del módem xDSL



### b) Compuerta de ruteo dentro del Set Top Box



**Figura 3.23** Distribución de un flujo de datos de IPTV

La red de datos del hogar representa el elemento clave en la entrega de IPTV dentro de los hogares, departamentos y oficinas, por lo tanto, al estudiar las diferentes tecnologías de entrega de IPTV se necesita discutir el tipo de red en la casa.

Existe una gran variedad de soluciones disponibles para las redes de computadoras, para la elección de los consumidores. Estas redes pueden ser redes Ethernet que utilicen cables o de forma inalámbrica, además redes que operan sobre las líneas de alimentación eléctrica mejor conocidas como PLC. Por lo tanto, es necesario estudiar algo acerca de las ventajas y desventajas asociadas con cada uno de los tipos de redes de computadoras.

- **Ethernet Alámbrico.**

Las redes Ethernet que utilizan cables de cobre necesitan proporcionar una capacidad de transmisión de 100 Mbps, esto es porque la red Ethernet de 10 Mbps es demasiado lenta y la red Gigabit Ethernet tiene un rango muy limitado cuando se transmite por medio de cables de cobre. 100 Base-T, es una conexión Ethernet a 100 Mbps que opera con cables de cobre categoría 5 o superior, que puede ser costosa en su instalación dentro de edificios ya construidos. Así, la mayoría de redes hogareñas usan redes Ethernet

alámbricas en especial las casa nuevas, se venden fácilmente con esta opción que ofrece comunicación de alta velocidad.

Cuando una red Ethernet es utilizada en la red del hogar, la compuerta del router, incluye tres o cuatro puertos en el Switch para ser conectados al Hub Ethernet de la red. Desde el Hub, los datos son transmitidos a cada punto terminal de la red. Así, esta solución de red requiere Set Top Boxes o televisiones con Software correspondiente y un conector Ethernet para recibir el flujo de datos y seleccionar la parte apropiada de los datos para que se pueda visualizar.

- **Ethernet Inalámbrico.**

Desde la década pasada la IEEE ha estandarizado un número de métodos de transmisión inalámbrica para que operen en una banda de frecuencias de 2.4 GHz así como métodos que operan en la banda de frecuencias de 5 GHz. El primer estándar inalámbrico para redes LAN es conocido como 802.11 y opera a solo 1 o 2 Mbps y no es posible para la distribución de IPTV dentro de los hogares.

Las dos extensiones del estándar 802.11 son conocidas como 802.11a y 802.11b. El estándar 802.11a soporta velocidades de datos de hasta 54 Mbps utilizando una banda de frecuencias de 5 GHz; considerando que el estándar 802.11b soporta una velocidad máxima de datos de 11 Mbps a una frecuencia de 2.4 GHz. Aunque una tasa de transmisión de 11 Mbps es capaz de transmitir un sistema de Televisión Estándar, no tiene la capacidad de transportar múltiples canales de SDTV y tampoco proporcionar Internet de alta velocidad o un canal sencillo de HDTV en el hogar. En cambio, el estándar 802.11a puede transportar una mezcla de SDTV y HDTV, gracias a su alta tasa de transmisión, pero al operar a una frecuencia de 5 GHz su distancia de transmisión es limitada comparada con el estándar 802.11b. Lo anterior es porque la atenuación en altas frecuencias es mayor que en bajas frecuencias, además, el equipo fabricado para el uso del estándar 802.11a opera al doble de frecuencia que el equipo utilizado en el estándar 802.11b.

Al darse cuenta de la necesidad de mejorar la velocidad de transmisión y la distancia, se desarrolló en estándar 802.11g. Bajo este estándar, las redes LAN pueden comunicarse a velocidades mayores a 54 Mbps utilizando la frecuencia de 2.4 GHz. El equipo compatible con el estándar 802.11g opera en una banda de frecuencias menor, su rango de transmisión es suficiente para cubrir el área de un departamento o una casa.

El nuevo miembro de la serie 802.11 de la IEEE es su estándar 802.11n. Este estándar es parecido a los anteriores, pero agrega la capacidad de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas (MIMO) en la cual los transmisores y múltiples antenas permiten incrementar la velocidad de transmisión. Aunque tiene una tasa de transmisión de datos teórica posible de 540 Mbps, la mayoría de los vendedores anuncia una velocidad de 110 Mbps para los productos compatibles con el estándar 802.11n.

Como los dispositivos operan a 2.4 GHz es posible a través del uso de múltiples antenas, que su rango de transmisión pueda cubrir el área de una casa o departamento en promedio. Así, el equipo que soporta este estándar es en extremo útil para instalar una red de casa que necesite la utilización de los diferentes servicios de IPTV.

- **Powerline.**

La HomePlug Powerline Alliance terminó desde hace muchos años las especificaciones del estándar HomePlug 1.0. Estas especificaciones definen la transmisión de datos sobre la instalación de cables eléctricos con velocidades mayores a 12 Mbps. Un segundo estándar es el HomePlug AV. Estas especificaciones desarrollan velocidades de 200 Mbps en la capa física, pero en la entrega del servicio se tienen 150 Mbps en la capa de enlace de datos. Este estándar está diseñado para las casas del futuro las cuales tendrán múltiples HDTV, este estándar satisface una red de hogares que necesita soportar una mezcla de audio, video y acceso a Internet de alta velocidad en diferentes lugares dentro de la casa.

La mayoría de los cuartos tienen múltiples salidas eléctricas, por lo que este estándar puede proveer el método más práctico para ofrecer flujos de datos a altas velocidades que puedan mezclar canales de Televisión con estándares de Alta Definición y Estándar, así como Internet de banda ancha en diferentes lugares de la casa, departamento u oficina.

### **3.5.5. DECODIFICADOR DIGITAL (SET TOP BOX)**

Si un usuario se suscribe a un servicio de Televisión por cable para poder ver un mayor número de canales, en comparación con los recibidos por la Televisión analógica común, es necesario utilizar un Set Top Box. En este caso, el Set Top Box convierte las señales analógicas, que llegan a través del cable coaxial, este tipo de dispositivos puede también recibir las señales digitales, si es el caso, para poder decodificarlas y mostrar en la pantalla el canal deseado. De manera parecida, si cuentan con el servicio de Televisión por satélite, es necesario el uso de un Set Top Box, el cual es conectado a la Televisión. Este STB convierte una señal digital comprimida en un formato de Televisión determinado, para poder ser mostrado en la pantalla.

Los Set Top Boxes, analógicos y digitales, tienen sus orígenes cerca de los años 70's, cuando las compañías de Televisión por cable comenzaron a ofrecer sus servicios de canales privados. Para ofrecer este servicio, los usuarios tenían que pagar alguna cuota por los canales que recibían y las personas que no pagaban no podían ver este tipo de canales, esto fue posible gracias al desarrollo de las técnicas de codificación que fueron incorporadas desde la primera generación de Set Top Boxes. Esta técnica en sus inicios, solo modificaba la sincronización horizontal y vertical de las imágenes para cada canal, logrando que solo los usuarios que contaran con este tipo de Set Top Boxes pudieran ver los canales de forma clara en sus televisiones.

Posteriormente, el funcionamiento de los Set Top Boxes fue cambiado completamente al utilizar frecuencias diferentes para los canales de audio y video. Con lo que se activo un gran mercado por parte de los aficionados que desarrollaban diferentes técnicas de codificación, para que posteriormente pudieran ser utilizados por las compañías de CATV.

El continuo desarrollo de las técnicas de codificación originó la utilización de Set Top Boxes digitales que fueron reemplazando rápidamente las técnicas analógicas, hasta que en nuestros días la gran mayoría de los Set Top Boxes son digitales. Este tipo de dispositivos incorporan diferentes funciones como grabadoras digitales personales que almacenan cientos de horas de Televisión con imágenes en Alta Definición. En el 2006, el mercado de Set Top Boxes tenía una demanda de 15 millones de equipos por año en el mundo.

Actualmente, el mercado de los Set Top Boxes es dominado por dos compañías Motorola y Scientific Atlanta, la cual fue adquirida por CISCO Systems en el 2006. Ambas compañías cubren más del 80 % de los embarques mundiales. Aunque se espera que se presenten algunos cambios con la presencia de nuevos productores de Set Top Boxes para la IPTV, que serán principalmente diseñados por los proveedores del servicio.

La funcionalidad de los Set Top Boxes en un ambiente de IPTV es similar a los Set Top Boxes utilizados por los operadores de CATV y DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite). Esencialmente, los Set Top Boxes representan una computadora dedicada a proveer una interfaz entre el equipo de Televisión y el proveedor del servicio. Para la decodificación de señales, los Set Top Boxes van a proveer una lista de cada uno de los programas por hora, canal o algún otro método de selección, así como proveer información acerca del programa seleccionado. Algunos Set Top Boxes cuentan con otros dispositivos de Hardware incorporados, como discos duros que permiten a los usuarios grabar algunos de sus programas para que los puedan ver posteriormente, recientemente los desarrolladores de Set Top Boxes incluyeron uno o más puertos USB, los cuales pueden soportar dispositivos que soportan diferentes tipos de tecnologías de comunicación inalámbrica, como WiFi en los hogares donde este disponible. Con este tipo de capacidades, los suscriptores tienen la posibilidad de transmitir sus programas favoritos dentro de sus casas u oficinas a una computadora equipada con un dispositivo de red compatible. Entonces, los suscriptores pueden elegir entre ver la Televisión en la pantalla de sus computadoras o quemar un DVD y ver el programa en una Televisión que no tenga alguna unidad de disco duro incorporada.

Quizá la mayor diferencia entre los Set Top Boxes convencionales y de IPTV reside en la eliminación de los cambios de frecuencia en el funcionamiento de IPTV. Esto es porque la entrada de señal en los Set Top Boxes de IPTV es una cadena de datos digitales que son decodificados dentro del Set Top Boxes en señales analógicas. En comparación con los Set Top Boxes convencionales los cuales cambian las frecuencias para seleccionar cada uno de los canales.

Aunque los Set Top Boxes de IPTV tienen funciones similares básicas a los Set top Boxes desarrollados por los proveedores de CATV y DVB-S. Los Set Top Boxes utilizados en

IPTV reconocen y trabajan con UDP's (Protocolos de Datos de Usuario) transmitidos dentro de Protocolos de Internet. A través de una gran cantidad de Software y Firmware de codificación los Set Top Boxes transmiten la demanda de información a un grupo de usuarios cuando el suscriptor cambia de canal. Otro de los rasgos implementados dentro del Software de los Set Top Boxes es la habilidad para transmitir demandas a un único usuario (Unicast) cuando el suscriptor selecciona un evento de Video bajo Demanda (VoD).

La demanda de este tipo de servicio, primero llega a un servidor que verifica que el usuario este suscrito a este tipo de servicio y agrega a su cuenta el costo del programa transmitido por medio de datos IP. Además, los Set Top Boxes de IPTV también soportan cambios adicionales que ningún otro dispositivo de CATV o DVB-S puede soportar. Por ejemplo, los IPTV Set Top Boxes pueden navegar por Internet para buscar datos, además de poder utilizarse para ver los correos electrónicos, puede soportar Voz sobre IP en tiempo real (VoIP), videoconferencia y diferentes evoluciones de telefonía que combina el audio de telefonía con una cámara que permite ver a otra persona en una conversación.

Aunque las funciones de los Set Top Boxes de IPTV son considerables, los usuarios deben saber que no todas las funciones y rasgos son incorporadas dentro de cada dispositivo. Algunos de los fabricantes pueden producir una serie de productos que incorporan rasgos adicionales para cada una de sus líneas de producción. Otros fabricantes deciden incorporar solo ciertos rasgos y funciones dentro de un producto estándar.

Después de conocemos las funciones y rasgos generales de los Set Top Boxes para IPTV, hay que mencionar a los principales desarrolladores de Set Top Boxes, comenzando con los de Microsoft y sus esfuerzos tempranos para mejorar los Set Top Boxes convencionales, después algunos otros desarrolladores de Set Top Boxes para su uso en IPTV. En todo el mundo se tiene un gran número de desarrolladores de Hardware y Software para trabajar en Set Top Boxes para IPTV, por lo que la lista de fabricantes es muy grande, pero los principales vendedores, como Microsoft, han estado muy activos en esta área de desarrollo, los esfuerzos de esta compañía y su trabajo en el desarrollo de Set Top Boxes.

- **Microsoft.**

Los esfuerzos de Microsoft en la IPTV inician desde antes del cambio de siglo, cuando las compañías comenzaron a experimentar con la muestra de video en su Reproductor de Windows Multimedia. En junio del 2000, se creó la Microsoft TV Foundation Edition, la cual representa una nueva plataforma de Televisión digital. Esta plataforma utiliza las redes de datos para ofrecer Video bajo Demanda, noticias, clima, deportes y juegos en los dispositivos de Televisión y Set Top Boxes. El hecho interesante fue que la compañía desarrolló su plataforma de Software escalable para soportar la generación presente y futura de Set Top Boxes.



El blanco principal de la Microsoft TV Foundation Edition fueron los operadores de Televisión por cable con decenas de millones de Set Top Boxes. Tales decodificadores fueron fabricados durante la primera década y contenían requisitos de Hardware mínimos, como procesadores de 15 o 20 MHz y memorias pequeñas de 1 a 4 MB. Además, Microsoft anunció su Solución Avanzada que presentaba Set Top Boxes con procesadores de 100 MHz y bloques de memoria de entre 8 y 32 MB, además utilizaba el sistema operativo Windows CE y una Interfaz Gráfica de televisión para el Usuario (GUI), con lo que se permitía una gran entrega de contenido y servicios con mejores desempeños en el funcionamiento de los Set Top Boxes.

Meses después que Microsoft introdujo su Solución Avanzada, en el 2003 se dio a conocer una nueva solución de entrega de IPTV punto-punto. Esta solución incluía Set Top Boxes basados en Windows CE, .NET y versiones del sistema operativo Windows XP. También incluían la tecnología audiovisual de Windows Media 9, que según Microsoft mejoraba la eficiencia de MPEG-2 al triple y en el caso de MPEG-4 se tenía dos veces mayor eficiencia. Estos anuncios fueron acompañados por folletos que describían los cambios que los espectadores podían obtener a través del uso de su nuevo equipo. Entre los cambios se destacan, el cambio instantáneo de canal, guías de programación multimedia con video integrado y la capacidad de múltiples pantallas dentro de una pantalla de Televisión estándar (picture-in-picture). Otros rasgos consisten en la grabación de video digital, Video bajo Demanda (VoD), y para tranquilizar a los proveedores de video, una capacidad de administración mejorada para los derechos digitales que aseguran los recursos de video y los programas de televisión.

A finales del 2003, en la exhibición mundial de la Unión Internacional de Telecomunicaciones realizada en Génova, Suiza, Microsoft mostró una de sus propuestas de Set Top Box utilizadas en los sistemas de IPTV. Este dispositivo tenía uno de los costos más bajos, un procesador con un chip sencillo integrado que contiene Hardware decodificador para el Reproductor de Windows Multimedia, los precios que se propusieron es esas fechas se han ido reduciendo gracias a la escalabilidad en su diseño.

La plataforma de Software de IPTV Edition ha presentado también varias actualizaciones, que facilitan la creación y transmisión de los diferentes servicios de video, por lo que Microsoft ha conseguido que ambas compañías utilicen su Software, tanto las de los operadores de red como los fabricantes de Set Top Boxes.

Por todo lo anterior, parece que Microsoft será el mejor jugador en el despliegue de IPTV. Sin embargo, siguen apareciendo nuevos competidores y desarrolladores en esta área tecnológica por lo que el futuro es aún incierto.

- **Royal Philips Electronics.**

Esta compañía fue establecida en 1891 y es reconocida como una de las compañías más grandes en electrónica. Durante el 2005, esta compañía introdujo una nueva línea de Set Top Boxes que funcionaban con ambas tecnologías de transmisión, Broadcast e IP. Este dispositivo soportaba diferentes características como video telefonía, grabaciones



programadas, reproducción de DVD, algoritmos de imágenes mejorados, almacenamiento de datos y grabación de video personal.

Este dispositivo utiliza un procesador multinúcleo dentro de un chip (SOC, System On Chip). Este dispositivo puede conseguirse con Windows CE y con un sistema operativo tipo Linux que disminuye el precio para los usuarios al evitar pagar las regalías correspondientes a Microsoft.

- **Sigma Designs.**

Es una compañía especializada en el desarrollo de algoritmos basados en las técnicas de MPEG para ser colocados en los diferentes dispositivos. La compañía actualmente ofrece decodificadores para alta definición, que utilizan el estándar MPEG-4.10, además del MPEG-4, MPEG-2, MPEG-1 y otros estándares de compresión. Por lo que el mercado de Sigma Designs incluye el diseño de reproductores de DVD, reproductores portátiles y Set Top Boxes. En junio del 2005, Sigma anunció el lanzamiento de un Set top Box para IPTV basado en procesadores Sigma que utilizan como sistema operativo Windows CE.

En enero del 2006, Sigma introdujo su línea de Set Top Boxes que incluyen un procesador a 300 MHz, además este fue el primer producto que integra los diferentes decodificadores más utilizados para los formatos de video de mayor calidad como MPEG-2 y H.264. Estos dispositivos proporcionan una salida de audio de 7.1 canales además del sonido estereofónico. Ambos diseños soportan la decodificación de video de hasta 1920x1080 y con una tasa de 30 cuadros por segundo para MPEG-2, MPEG-4 y H.264. Estos dispositivos también soportan la opción de picture-in-picture.

Similar a los Set Top Boxes de Royal Philips Electronics, Sigma Designs anunció que ambos sistemas operativos, Windows CE y Linux, pueden ser utilizados permitiendo una operación más sencilla del Set Top Box.

- **Talegent.**

Para concluir este estudio, la serie de Set Top Boxes de Talegent, llamada Evolution 1, fue creada para satisfacer la necesidad de diferentes mercados, en el 2005 se lanzaron tres modelos de Set Top Boxes con características similares. Estos dispositivos están basados en la plataforma de los modelos de Philips. El Hardware básico incluye un puerto de red tipo Ethernet con conexión RJ-45 y velocidad de 10/100 Mbps, cuatro puertos USB (Universal Serial Bus), un puerto serie asíncrono, una ranura de expansión tipo Mini PCI, una salida de video que soporta los estándares PAL y NTSC, S-Video, HDMI. Además, soporta diferentes procesadores que van desde 250 MHz a 310 MHz y con memoria de 32 a 128 MB de RAM.

Comparando los Set Top Boxes actuales con los utilizados en los años 80's y 90's es posible ver los grandes cambios y mejoras que se han presentado en su tecnología y capacidades. Sin embargo, Talegent indica que se pueden obtener mejoras a un mayores, como la integración de tecnologías inalámbricas como WiFi (802.11) y Bluetooth, además de agregar discos duros de 250 GB, impresoras fotográficas,

reproductores y grabadoras de DVD, para estas opciones se utilizan los puertos USBN integrados a esta línea.

### **3.5.6. MEDIA CENTER**

Uno de los más interesantes tipos de computadoras que ha llegado al mercado en los pasados años es un dispositivo llamado "Media Center". Este dispositivo es la primera computadora desarrollada para operar vía control remoto que se coloca en una sala de espera o cubículo que este alejado de cualquier otro equipo audio visual.

El Media Center o Centro Multimedia representa una computadora con un sintonizador de Televisión que permite a los usuarios ver Televisión en tiempo real, además del desempeño tradicional de cualquier computadora, como enviar y recibir correos electrónicos, editar documentos y otras actividades realizadas por computadoras. Dependiendo de los permisos otorgados para los contenidos digitales y por los sistemas de Software, los usuarios pueden grabar video directamente al disco duro, grabar DVD's o enviar cualquier programa que se este viendo para mostrarlo a un amigo en otro lugar o en algún receptor dentro del hogar. Para administrar video, un Centro Multimedia puede proveer a los usuarios la habilidad para administrar audio y fotografías. Utilizando Hardware opcional se permite a los usuarios conectar el Media Center a uno o más aparatos de Televisión dentro de la casa para mostrar una completa guía de programación.

El Media Center es capaz de mostrar información en una o más televisiones conectadas en la red de datos del hogar, esto puede ser utilizado para controlar la presentación de la información. De hecho, se puede usar para mostrar una presentación de fotografías, descargar una película desde Internet o ver presentaciones de negocios.

Actualmente, el Centro Multimedia de Microsoft esta basado en una versión especial de Windows XP y controla el mercado de los Media Center basados en PC's. El Software de Microsoft ofrece un gran número de funciones que pueden ser soportadas por el Media Center. Algunas funciones son Software para mostrar y distribuir la identificación de llamadas o algún otro dispositivo conectado a la red del hogar, algún programa que facilite la creación y reproducción de películas, una guía de programas en línea que pueda ser personalizada y un programa que copie los archivos del disco duro del Media Center en un sofisticada videograbadora que permita al usuario grabar programas específicos o series para que se puedan reproducir en alguna computadora sin acceso a Internet.

Con el uso del Software de Microsoft la capacidad de los Media Center puede expandirse considerablemente. Por ejemplo, cuando se ve un programa de Televisión, se puede recibir una llamada telefónica y ser mostrada en la pantalla de su computadora. Si se decide tomar la llamada se utiliza un control remoto que grabe el programa y se active un micrófono de teléfono y así tomar la llamada a través de las bocinas de la computadora o televisor. Finalizada la llamada, se pueden presionar algunas teclas para desactivar el

micrófono, colgar y posteriormente se pueda ver el programa desde el punto donde se inició la grabación.

Aunque el Centro Multimedia fue desarrollado como un mecanismo para grabar, controlar y mostrar contenidos de audio y video a lo largo de la casa, existe el Centro Multimedia Extendido que hace que la distribución de la información sea una realidad. Esta tecnología fue lanzada por Microsoft en el Show Internacional de Electrónica para Consumidores en Las Vegas durante el 2004. Este dispositivo esta basado en Windows CE y tiene como objetivo aumentar el alcance de los sistemas de transmisión de Televisión localizadas en diferentes áreas y pisos de la casa.

Uno de los primeros productos que usa Microsoft CE es el Linksys Wireless Media Center Extended, Linksys es una subsidiaria de Cisco Systems. Este es el primer producto comercializado como Centro Multimedia Extendido, este dispositivo se conecta a los diferentes dispositivos de entretenimiento de la casa utilizando conectores estándar y posteriormente se conecta a la red de la casa a través de una red Ethernet 10/100 base-T o una red inalámbrica, como IEEE 802.11a o IEEE 802.11g.

El Linksys Media Center Extended incluye entrada de Súper Video (S-Video), componentes de video, salida de video compuesto con un puerto de audio digital y salidas derecha e izquierda de audio que pueden ser conectadas a las bocinas. Después de que se ha conectado a la Televisión, los usuarios pueden utilizar un control remoto para navegar a través de los menús de cada canal para obtener acceso a películas digitales, programas de Televisión, fotos, música almacenada previamente en el Centro Multimedia de Windows. Los usuarios también pueden ver, grabar y pausar programas de Televisión en vivo, descargar y ver películas digitales y seleccionar alguna de las estaciones de la lista de estaciones de radio de Internet con sistemas de sonido estéreo.

El nombre del Media Center Extended, como su nombre lo indica, amplía las características de los Centros Multimedia, su uso permite al dispositivo ser localizado la mayoría de las veces en algún lugar de la casa. Entonces, si la línea viene dentro de la casa por la cocina y la recamara puedes localizar el Centro multimedia en una mesa de la cocina o la recamara, pero utilizando el Media Center Extended se puede localizar en algún cubículo con su equipo audiovisual.

### **3.6. ARQUITECTURA DE RED**

Como los sistemas de Video-Streaming requieren la transferencia de enormes volúmenes de datos a velocidades muy altas, existen varios protocolos de comunicación y arquitecturas de red propuestas para conectar los distintos componentes del sistema.

Las tecnologías utilizadas varían considerablemente según el nivel de red que se considere y puedes ser la red principal y la red de conexión final con los clientes. Respecto a la red principal, se requiere un gran ancho de banda, en cambio, la conexión con los clientes finales presenta requisitos individuales más bajos

(aproximadamente un ancho de banda de 1.5 Mbps es suficiente para soportar la transmisión de video en formato MPEG-4).

El criterio más importante para la elección de la tecnología de la red principal es el ancho de banda y el soporte de la gestión de la QoS. En este caso, ATM emerge como la tecnología más relevante; otra alternativa, que permite reutilizar la infraestructura de Internet actual, se basa en la utilización de protocolos específicos (RTP, RTCP, RTSP, RSVP, etcétera) para soportar la gestión de la Calidad de Servicio por encima del protocolo TCP/IP sobre redes Ethernet.

Los siguientes puntos, describen las distintas alternativas utilizadas en la conexión de los usuarios y en la red troncal (principal).

### 3.6.1. RED DE USUARIOS

La infraestructura de comunicaciones entre el usuario y la red principal del sistema de Video-Streaming se denomina Red de Usuarios, esta red sirve como lazo de unión entre el servidor de Video-Streaming y el reproductor del usuario.

Las principales tecnologías que se utilizan en la conexión de los usuarios a la red troncal de los sistemas de Video-Streaming son los de la familia xDSL, la fibra óptica y el cable coaxial.

- ✓ **Asymmetrical Digital Subscriber Loop (ADSL).** Esta tecnología se basa en la utilización de redes que utilizan cables de cobre. Permite la recepción de datos a altas velocidades utilizando la infraestructura telefónica actual y además proporciona poca distorsión. La instalación de ADSL se compone de un par de unidades, una instalada en el hogar del cliente y otra en la oficina central telefónica. ADSL puede proporcionar al usuario final un ancho de banda de entrada de más de 1.5 Mbps y un ancho de banda de salida de 16 Kbps para control.

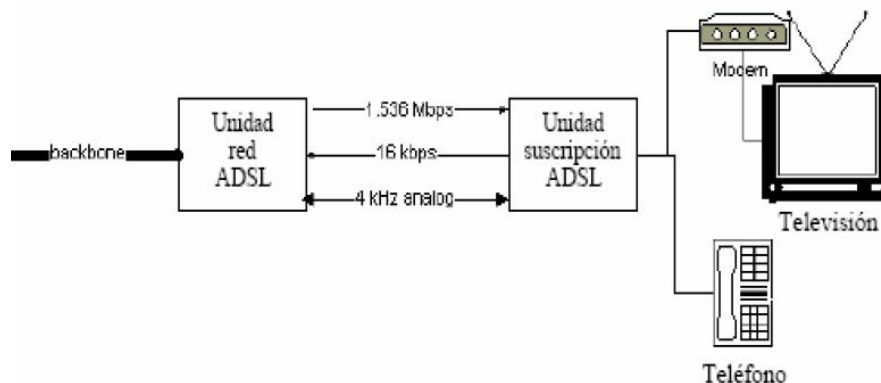


Figura 3.24 Posibles aplicaciones de ADSL

- ✓ **Cable Coaxial.** La distribución de información a través del cable se basa en la utilización de la tecnología HCF (Hybrid Fiber Coaxial) que combina el uso de fibra óptica junto a cables coaxiales. Estas redes de cable han sido utilizadas, tradicionalmente, para la transmisión de señales analógicas por las compañías de Televisión por Cable (CATV), pero mediante la utilización de módems también permite la transmisión de señales digitales. La topología utilizada para estos sistemas se basa en árboles de fibra óptica, con ramas de cable coaxial a las cuáles se conectan los suscriptores. El ancho de banda total disponible en las ramas suele ser alrededor de 3482 Mbps, los cuales se dividen entre los canales de entrada y canales de salida (2 Mbps).

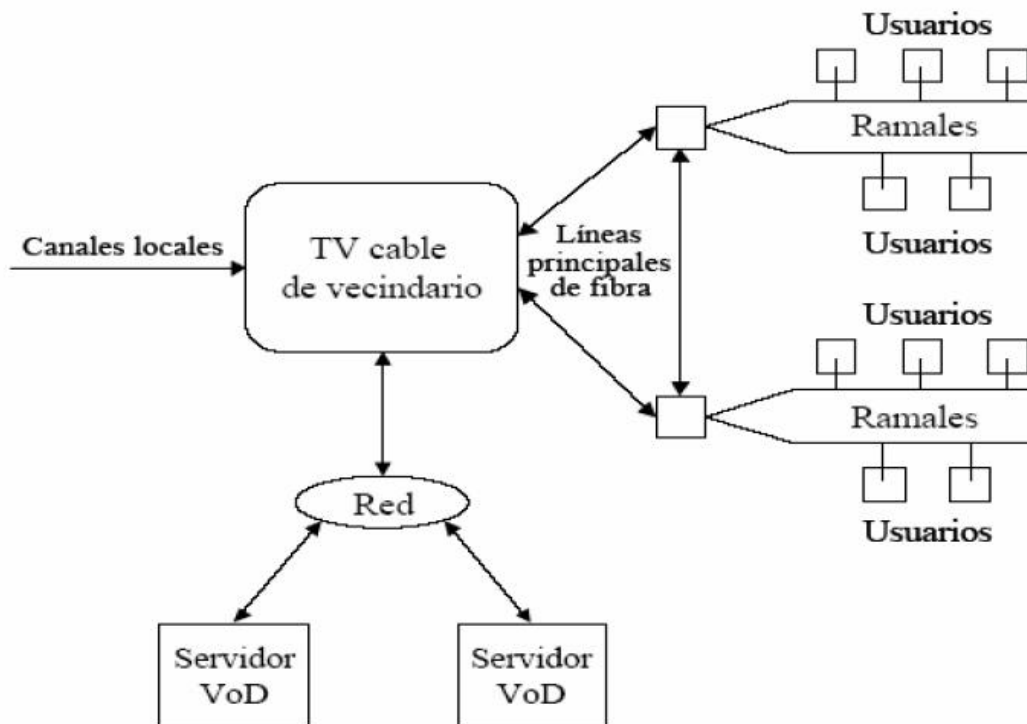


Figura 3.25 Red con cable coaxial

### 3.6.2. RED PRINCIPAL

En la red principal pueden utilizarse diversos tipos de tecnologías, las más utilizadas son las redes ATM y las redes basadas en Switches Fast-Ethernet que funcionan sobre protocolos TCP/IP.

La tabla permite ver el número de flujos de video máximo que soportan las distintas tecnologías de red (ATM y Ethernet), para los diferentes formatos de video: Televisión de Alta Definición (HDTV), calidad DVD, Estándar de Televisión Americano (NTSC), MPEG-1 y MPEG-4 (Div-X).

Formato (Ancho de Banda)	Ethernet	Fast Ethernet	ATM (OC3)	ATM (OC12)	Gigabit Ethernet
MPEG-2 HDTV (19.4 Mbps)	0	5	7	32	51
MPEG-2 DVD (10.8 Mbps)	0	9	14	57	92
MPEG-2 NTSC (2.7 Mbps)	3	37	57	230	370
MPEG-1 (1.5 Mbps)	6	66	103	414	666
MPEG-4 (<1 Mbps)	10	100	155	622	1000

**Tabla 3.12** Número de flujos máximos de video

Con la información de la tabla anterior, se deduce que el ancho de banda de las redes de transmisión es uno de los factores más importantes a la hora de diseñar un sistema de Video-Streaming. Esto es porque un sistema de Video-Streaming, capaz de dar servicio a miles de usuarios, requiere la utilización de una infraestructura de red compuesta por varios switches Ethernet o ATM. Hoy en día, las alternativas que ofrecen una mejor relación entre costo y prestaciones son los switches Ethernet y ATM. A continuación una breve explicación de las características más importantes de cada una de estas tecnologías.

✓ **Red ATM.**

Es una técnica de conmutación y una tecnología de multiplexación que combina los beneficios de la conmutación de paquetes (garantía de capacidad y retardo de transmisión constante) con los beneficios de la multiplexación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para el tráfico intermitente). Esta técnica de transmisión esta diseñada para ser un modo de transferencia orientada a conexión, de propósito general, para un rango amplio de servicios. La técnica de multiplexación es por División Asíncrona de Tiempo (ATD). Las características particulares de esta tecnología, la definen como una solución razonable para los problemas propuestos por las restricciones asociados con el tráfico de video en tiempo real. ATM dispone de ciertas características que la hacen especialmente interesante para los sistemas de Video-Streaming. Es por esto que el objetivo de montar un sistema de Video-Streaming con una red ATM, es disponer de un mayor ancho de banda para que los contenidos multimedia puedan ser codificados con una mayor calidad (con distintos niveles de compresión). La utilización de una red ATM, se realiza a nivel local, para facilitar la comunicación entre los codificadores y el servidor, sobre todo cuando las estaciones de radio y televisión están distribuidas en lugares separados por una distancia considerable (WAN).

---

✓ **Ethernet.**

Como la tecnología ATM es costosa, muchas instalaciones de Video-Streaming han preferido la utilización de infraestructura más económica, como la utilizada en las Redes de Área Local basadas en switches Fast-Ethernet. El protocolo TCP/IP de comunicaciones es el más utilizado hoy en día para Redes de Área Local o Internet. Éste fue diseñado como un protocolo de conmutación de paquetes, cuyo objetivo principal era la entrega de paquetes libres de error desde un remitente a un receptor sin importar cuando lleguen al destinatario. El Protocolo de Internet (IP) es un protocolo situado en una de las capas del modelo OSI (Sistemas de Interconexión Abiertos), basado en la conmutación de paquetes y que no está orientado a conexión. Sobre el protocolo IP normalmente son utilizados dos protocolos de transporte: el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo de Datagramas (UDP).

El protocolo TCP/IP no permite garantizar la Calidad del Servicio a los usuarios finales, ni permite la reserva de ancho de banda que garantice la transmisión del flujo de datos durante el periodo de visualización de los contenidos multimedia. Estas características limitan considerablemente la aplicación de este protocolo para soportar servicios de Video-Streaming. Para subsanar estas limitaciones se han propuesto un conjunto de protocolos (RTP, RTCP, RSVP y RTSP) soportados por TCP/IP que permiten soportar el tráfico requerido por las aplicaciones de Video-Streaming. Las principales características de cada uno de estos protocolos se mencionan a continuación.

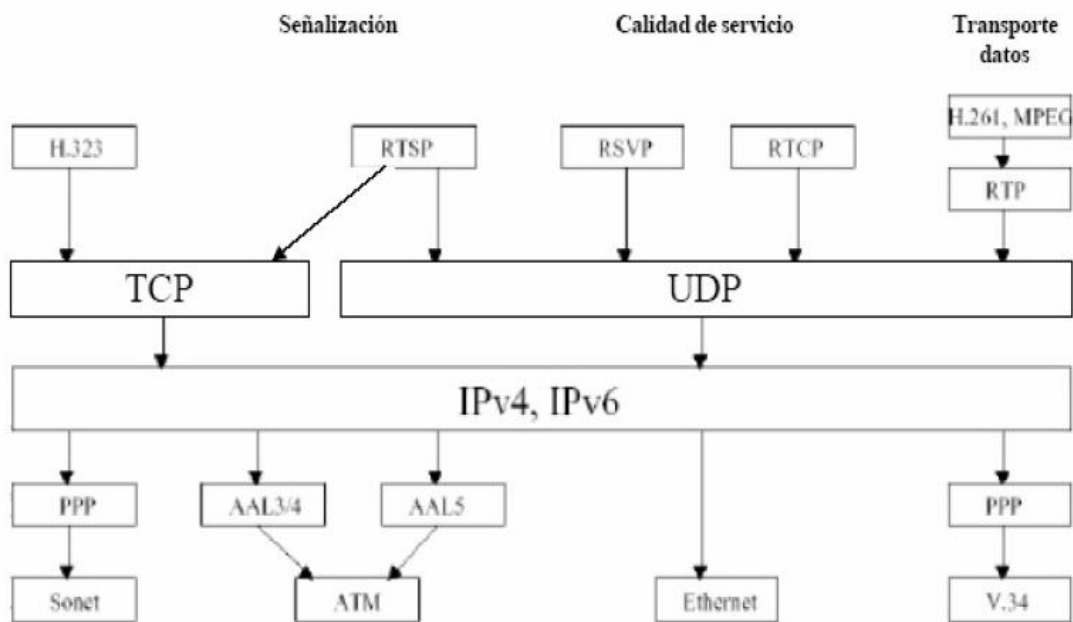
- ✓ **Protocolo RTP (Real-Time Transport Protocol).** Este protocolo proporciona un mecanismo para el transporte de datos en tiempo real a través de Internet. RTP ofrece un servicio de entrega extremo a extremo para datos con características de tiempo real que son adecuados para aplicaciones distribuidas que transmiten datos en tiempo real. Este protocolo ofrece características importantes para las aplicaciones multimedia, tales como marcas de tiempo y numeración de secuencia de los mensajes e identificación del tipo de datos transmitidos, que permite un tratamiento adecuado por parte de la red.
- ✓ **Protocolo RTCP (Real-Time Transport Control Protocol).** Debido a que el protocolo RTP no garantiza la Calidad del Servicio para las comunicaciones en tiempo real, se requiere un protocolo complementario que controle la calidad de los datos entregados, el control de flujo y la congestión. Este protocolo genera la transmisión de informes estadísticos entre el transmisor y receptor del protocolo RTP, mediante los cuales se identifica el estado de congestión de la red y permite limitar el número de paquetes perdidos (ajuste automático de ancho de banda).
- ✓ **Protocolo RTSP (Real-Time Streaming Protocol).** Este protocolo, a nivel de aplicación, ofrece el control sobre la entrega de datos en tiempo real. El protocolo se aplica para el control de flujos continuos sincronizados en el tiempo, tanto de audio como de video y actúa como un control remoto de la red para los servidores



multimedia. RTSP controla los flujos transmitidos por un protocolo de transporte, por ejemplo RTP.

- ✓ **Protocolo RSVP (Resource ReServation Protocol).** Es un protocolo que se encuentra situado encima de la capa de Internet, dentro de la estructura del protocolo TCP/IP, ocupando el lugar de los protocolos de transporte. RSVP proporciona un mecanismo para configurar y gestionar la reserva de ancho de banda en Internet, permitiendo la adaptación de una transmisión a los flujos de tráfico en las redes.

La siguiente figura muestra la relación de estos protocolos con los protocolos TCP/IP y UDP.



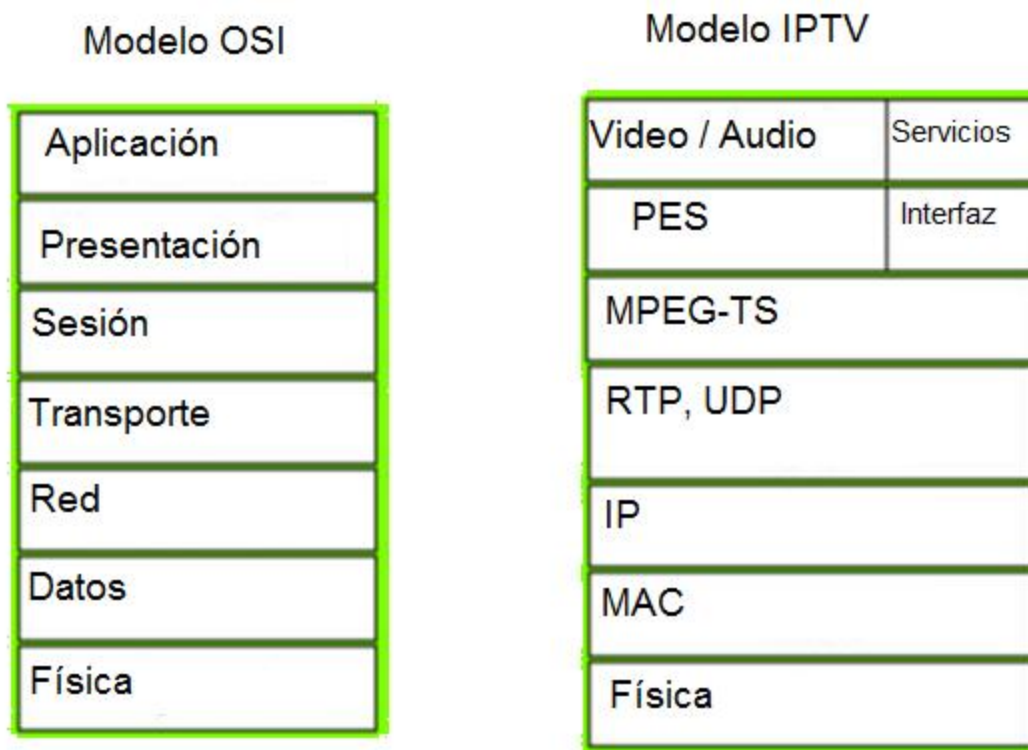
**Figura 3.26** Relación entre los protocolos del Modelo TCP/IP y en tiempo real

### 3.6.2.1. MODELO OSI APLICADO A IPTV

IPTV ha agregado un nuevo nivel de complejidad y desafío para las redes de datos, esto se refiere a la transmisión de Televisión en tiempo real. Esto es porque el servicio de IPTV debe ofrecer un servicio de alta calidad, ya que los usuarios no van a tolerar distorsiones o errores en la transmisión. Por lo cuál, se deben mencionar los conceptos técnicos claves para evitar los errores en la transmisión de video, además de las metodologías y pautas que deben ser usadas para un buen funcionamiento de los sistemas de IPTV.

Para poder estudiar y comprender la arquitectura de red del modelo de IPTV más a fondo, es necesario explicar cada una de las capas que la constituyen y su funcionamiento, para

una comprensión más sencilla, se compara la arquitectura de IPTV con la del modelo OSI (Open Systems Interconnection), con el fin de ver que IPTV cubre a la perfección las 7 capas del modelo OSI.



**Figura 3.27** Modelo OSI aplicado a IPTV

El modelo anterior de IPTV utiliza un sistema de transporte de tipo MPEG, que proporciona una igualdad de funciones entre todos los codec's utilizados, como AVC, VC-1, etcétera.

El modelo IPTV puede ser estudiado más a fondo con la división de su modelo en dos secciones distintas: las capas de servicio y las capas de transmisión. Las capas de servicio se colocan antes de las capas RTP, UDP (Protocolo en Tiempo Real, Protocolo de Datos de Usuario) y las capas de transmisión se encuentran desde la capa Física hasta la capa de RTP, UDP.

### 3.6.2.2. CAPAS DE ENCAPSULAMIENTO

La relación entre cada una de las capas esta en función de la codificación MPEG-4, por lo que, con el fin de entender su interacción, se muestra cada uno de los tipos de encapsulamiento presentes en cada capa:

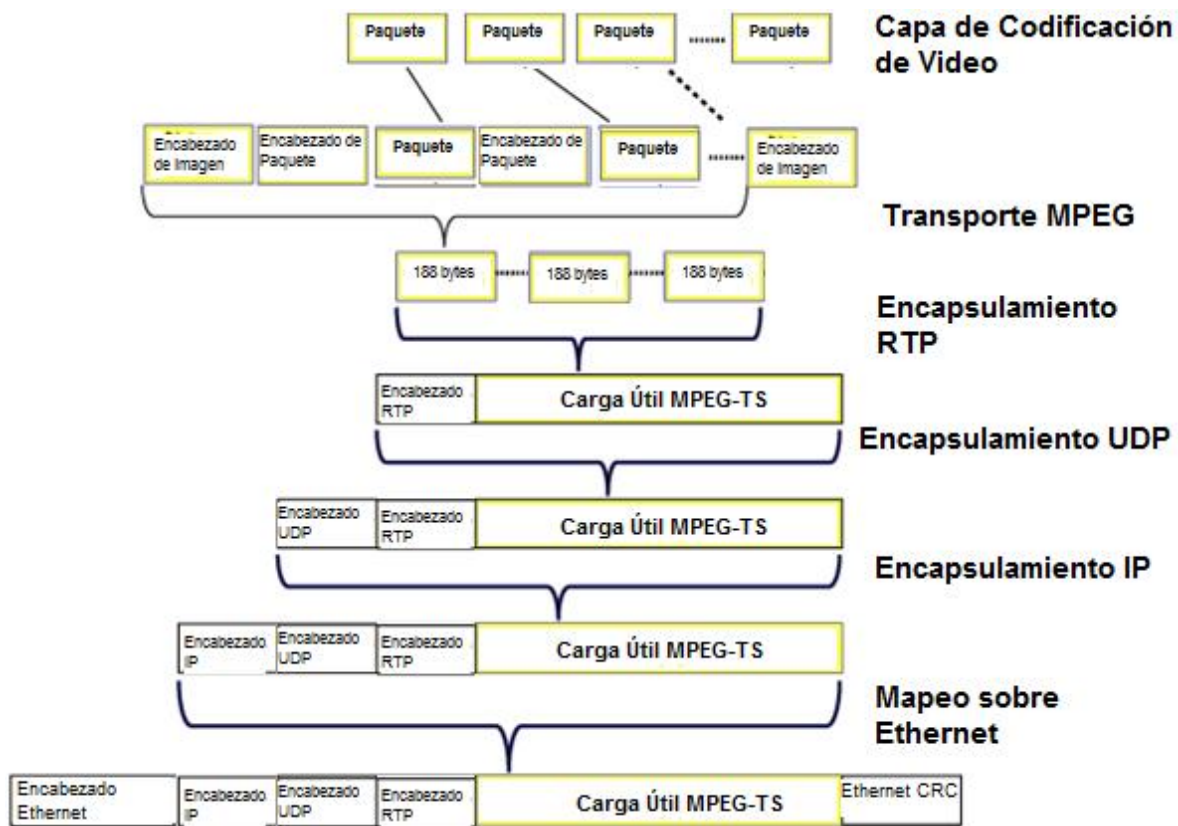


Figura 3.28 Capas de encapsulamiento

Las señales de entrada de video pueden estar presentes en formato Digital o Analógico (NTSC, PAL, SECAM) y van a ser colocadas dentro de un codificador. En el codificador se realizan los procesos de muestreo, cuantización, codificación y compresión. Después, el codificador procesa cada una de las Cadenas de Datos Elementales (ES) para generar una Cadena Elemental Empaquetada (PES). Este procedimiento de manera similar para cada uno de los formatos de codificación (MPEG-2 y MPEG-4).

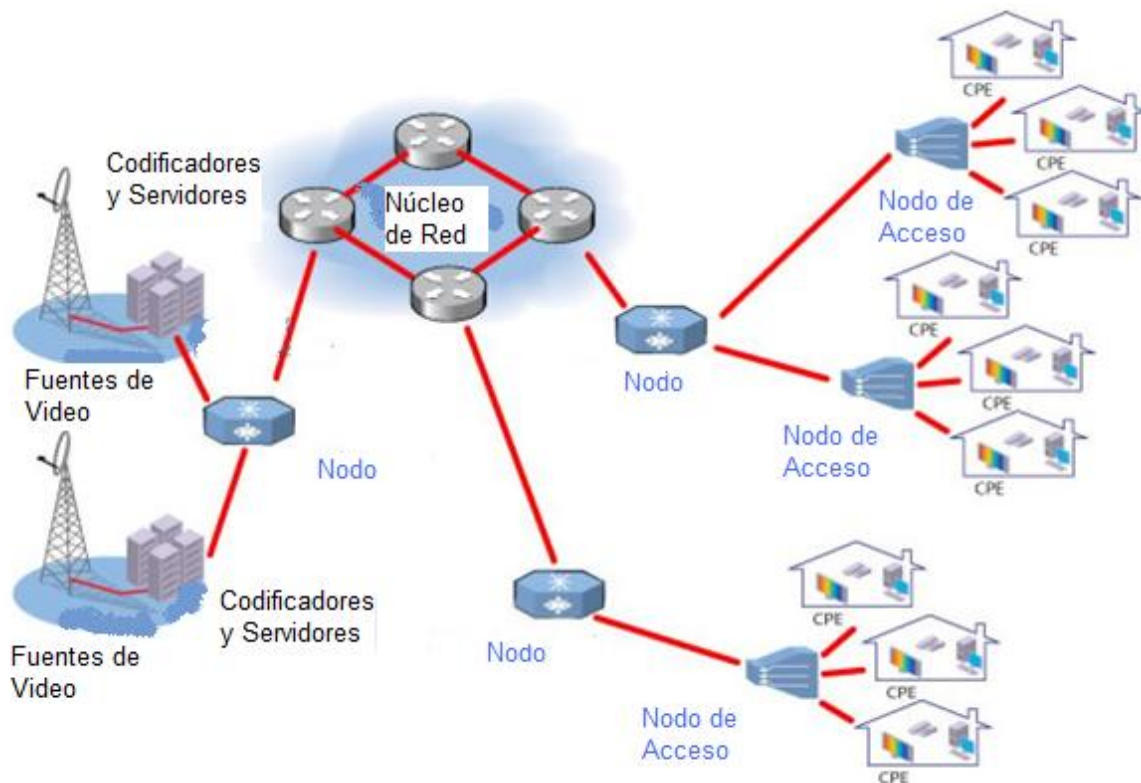
Cada PES contiene una imagen y una parte de encabezado. Para continuar con el proceso, se necesita multiplexar cada uno de las PES dentro del Flujo de Transporte (TS). Para una mejor comprensión, una red de datos de tipo Ethernet que tiene una Máxima Taza de Transferencia de 1560 bytes, genera PES formados por 188 bytes, que permite el envío de 7 paquetes, con una encapsulamiento MPEG-TS (MPEG-Transport Stream).

El paso inicial de la lectura del video, esta considerado como una parte de la capa de Servicio. Sin embargo, esta capa no cubre los diferentes Servicios de Información (SI), o los Programas Específicos de Información (PSI) utilizados en los canales encriptados principalmente. Estos servicios se utilizan para que los proveedores del servicio generen canales con mejor contenido y de forma restringida. La encriptación es aplicada generalmente a la carga útil de los paquetes de MPEG y no en los encabezados. En términos generales las PES son multiplexadas dentro del Flujo de Transporte MPEG.

Siguiendo a las capas de servicio, están las capas de transmisión que leen los Flujos de Transporte MPEG para entregarlos en las redes de datos.

### 3.6.2.3. TOPOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA DE RED PARA IPTV

Antes de implementar las pruebas y hacer requerimientos en los sistemas, se debe considerar la arquitectura de red. Los proveedores del servicio deberían estar conscientes de las limitaciones en el ancho de banda y los cuellos de botella presentes en las redes existentes. La siguiente figura muestra una topología de arquitectura de red simple para los sistemas de IPTV.



**Figura 3.29** Topología de la arquitectura de red para IPTV

Las primeras fases de desarrollo y despliegue en la arquitectura de red deben de incorporar la habilidad para escalar las redes proporcionalmente al creciente número de usuarios. Como parte de las pruebas de la red, las consideraciones deben ser dadas para la escala de usuarios individuales para todos los accesos de segmentos o barrios. La infraestructura de red de los sistemas de IPTV debe ser escogida por los Proveedores del Servicio, es decir, ellos escogen los diferentes componentes los cuales incluyen terminales, servidores, codecs, además del despliegue de corrección de errores en el flujo de transporte, los diferentes protocolos de entrega (IGMP, MLD, IPTV STB) y el despliegue de las Guías Electrónicas de Programación (EPG).

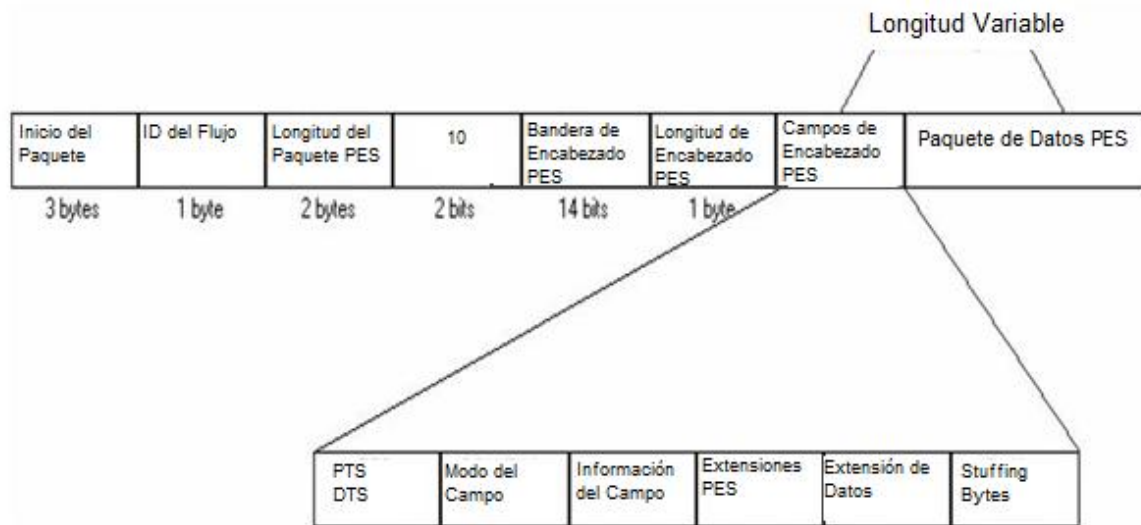
Los proveedores del servicio deben considerar los servicios clave que diferencian al servicio de IPTV, como canales de películas, deportes, juegos e interactividad con anuncios inteligentes. Ciertamente, los canales de deportes y películas pueden ser considerados como canales principales y deben ser encriptados. Los anuncios en IPTV requieren equipo especializado para el flujo empalmado y agregar ciertas inserciones.

El implementar los servicios anteriores se puede considerar un desafío, porque se incluye la funcionalidad, escalabilidad, interoperabilidad y buen desempeño, además de la valoración de la Calidad del Servicio por parte del usuario.

### 3.6.2.4. ENCABEZADOS MPEG

Esta sección incluye un análisis de los encabezados PES, además del análisis del MPEG-TS y finalmente un análisis de Video que maneja conceptos nuevos como el de “MoS Scoring” (Anotación del Promedio de Opiniones).

- Análisis de PES.** En algunas ocasiones se pueden presentar problemas como la recepción de imagen, pero no de sonido, esto es porque el proveedor de servicio no envía de manera correcta los flujos de video y audio, es más importante la entrega correcta del flujo de audio para la imagen de video que se está viendo. La siguiente figura muestra la estructura de un paquete de datos en un encabezado PES.



**Figura 3.30** Estructura de un encabezado PES

La medición de la Calidad de Experiencia requiere la habilidad para identificar el contenido de los paquetes, ya que al determinar el tipo de paquete se puede saber cada una de sus funciones.

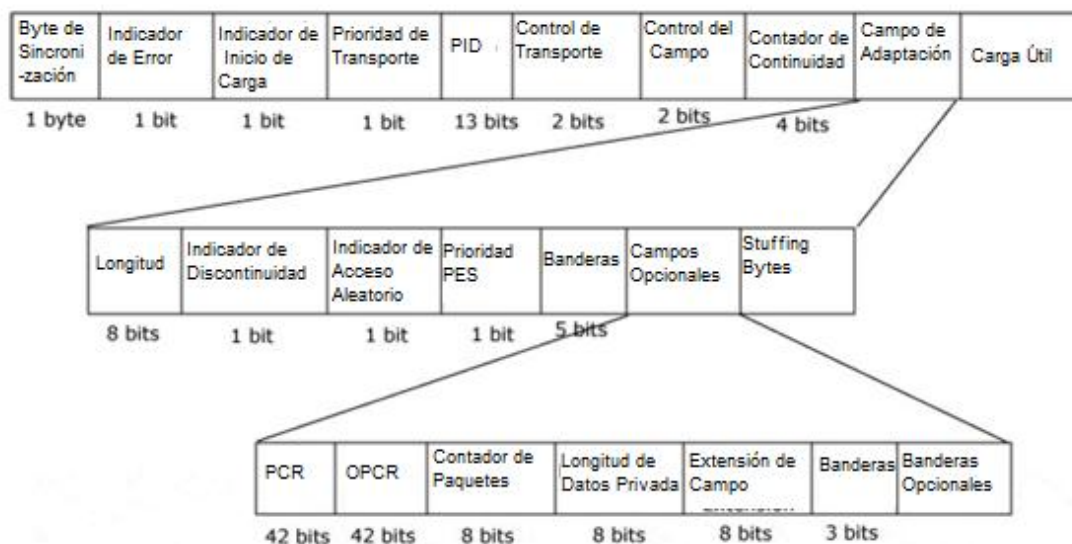
Identificación del Paquete	Función
11110000	ECM (Control de Mensajes)
11110001	EMM (Dirección de Mensajes)
1110xxxx	Flujo de Video MPEG número xxxx
111xxxxx	Flujo de Audio MPEG número xxxxx
10111110	Flujo de Padding

**Tabla 3.13** Identificación de paquetes

Cada una de las banderas del encabezado PES contiene indicadores de Tiempo que indican la presencia de los tiempos de estampado (PTS) y la decodificación de los tiempos de estampado (DTS). PTS se refiere al inicio de los cuadros de audio dentro del paquete y deben estar espaciados por lo menos 700 ms.

En los campos del encabezado PES se encuentran los PTS y DTS que son muy importantes. DTS es usado para indicar cuando debe ser decodificado cada uno de los cuadros y PTS indica cuando debe ser mostrado. La transmisión de paquetes MPEG tiene un orden diferente en comparación con el orden de visualización. Por lo que DTS y PTS son útiles para reconstruir las señales de video y audio.

- Análisis de MPEG-TS.** El análisis de un Flujo de Transporte MPEG proporciona diversos datos para los usuarios de IPTV, estas mediciones no pueden ser capturadas en las capas de transmisión o antes de las capas de RTP. Un escenario típico para este tipo de monitoreo es en la capa de transmisión, que puede sugerir estadísticas que indican que la calidad no es un problema, tal como el hecho de que los saltos en la red no son excesivos. Sin embargo, los problemas pueden ocurrir en las capas de servicio, que trae como consecuencia una pobre QoS al usuario. Por lo que se muestran los problemas clave y algunas sugerencias, para los diversos problemas que puedan surgir en los Flujos de Transporte MPEG.



**Figura 3.31** Encabezado MPEG-TS



Las mediciones clave en el análisis del MPEG-TS que aseguran al usuario una buena QoS, son:

- **Identificador de Paquetes (PID)**, es un identificador único de dirección de canales. PID habilita la identificación y reconstrucción de los programas. Cuando se usa en unión con el Servicio de Programa de Identificación de Paquetes (PSI), el decodificador utiliza el PID y PSI para identificar las Tablas de Asociación de Programas (PAT). Estas tablas contienen las Tablas de los Mapas de Programa (PMT) que son los puntos donde el decodificador de paquetes se asocia con el canal o programa de video, audio o contenido multimedia dentro del Flujo de Transporte.
- **Contador de Continuidad**, que se incrementa de 0 a 15 para cada uno de los PID, es usado para determinar si los paquetes están perdidos o repetidos. La pérdida de paquetes evidentemente afecta la QoS del usuario, ya que la imagen puede presentar cuadros y borrones.
- **Programa de Referencia de Reloj (PCR)**, es usado para sincronizar el reloj de los decodificadores y así tener la misma velocidad con el reloj del codificador original. PCR es también utilizado por el PTS y el DTS.
- Los saltos excesivos del PCR afectan los flujos, especialmente los flujos de video. Los problemas producidos más visibles son la pixelación, pérdida de color e incluso el congelamiento de la imagen, esto trae como consecuencia una pobre QoE del usuario de IPTV. Existen diversas causas por las que se producen los saltos del PCR y pueden originarse en las fases de codificación o pueden estar relacionados con la red y un factor clave para la introducción de los saltos puede darse cuando toma lugar la inserción de paquetes por parte del proveedor del servicio.

### **3.6.2.5. ANÁLISIS ACTIVO Y PASIVO DE VIDEO**

La capacidad de medir y monitorear parámetros clave de un Flujo de Transporte MPEG, incluyendo los encabezados PES, proporcionan distintos índices de calidad en el flujo de video. Además, la capacidad para medir los saltos en el RTP, dentro de las capas de transmisión, indica si los arreglos de Buffers en las redes, incluyendo los Set Top Box (STB), van a funcionar correctamente o en su defecto van a generar un nivel pobre de QoE.

Uno de los métodos para medir el análisis cualitativo del video puede ser analizar la carga de video actual y compararlo con un análisis Pasivo ideal preestablecido, involucrando un detallado informe de las diferencias obtenidas. Otro método de análisis Pasivo es una valoración de la calidad de un video en tiempo real con la ayuda del análisis de sus



encabezados. Los análisis Pasivos presentan algunos beneficios y pueden ser capaces de determinar la calidad del video en flujos encriptados.

El análisis de video Activo es el más exacto, porque las mediciones son dirigidas cuadro por cuadro y pixel por pixel. El análisis de desempeño obtenido, es comparado contra un flujo de fuente generado previamente. Comparando los flujos recibidos contra los flujos de fuente generados, se determinan problemas de pérdidas de brillo, crominancia, pixelación y luminancia.

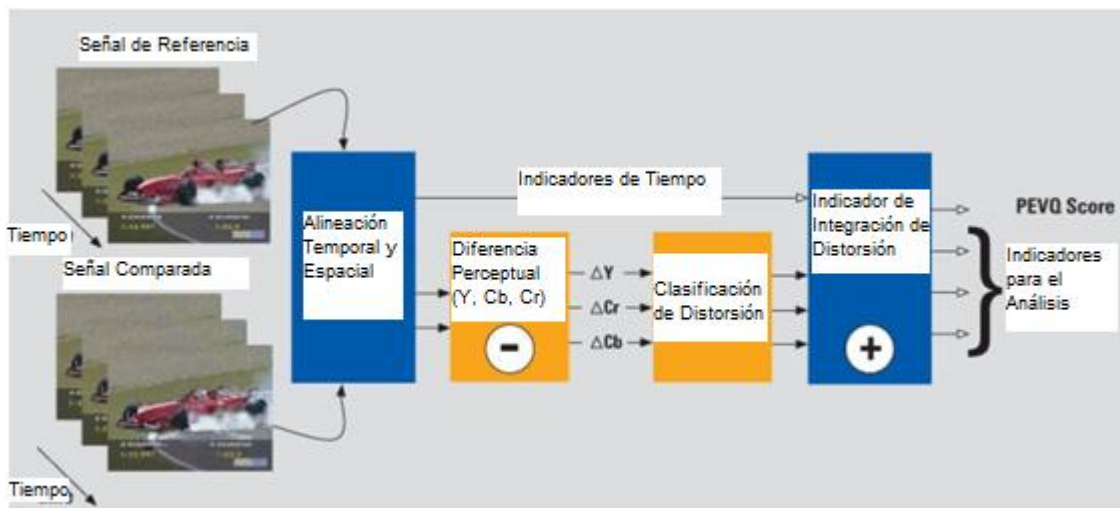
El análisis de video Pasivo no considera las cargas actuales, porque el análisis se inicia en la encapsulación de los encabezados de los cuadros de video. Este análisis permite una inspección de paquetes múltiple de forma paralela. La inspección paralela de paquetes proporciona mayor capacidad de detalles y diagnósticos.

Un análisis objetivo es la Cuenta de Opiniones Promedio (MOS) conformada por ambos métodos de análisis, activo y pasivo, es uno de los requerimientos llevados por el DSL Forum. Los niveles de MOS simplifican las necesidades para entender todos los resultados obtenidos por las diversas pruebas, además, simplifica la salida de los análisis y en algunos casos es usada como una alarma del umbral indicador, para el límite de los potenciales problemas de red en escenarios de monitoreo en tiempo real.

La Taza de Corrección de Errores (FEC) es la que genera altas tasas de QoE para ser almacenadas. Sin embargo, la funcionalidad del FEC esta regularmente fuera de estudio. Es importante notar que varias de las versiones para la corrección de errores en la transmisión determinan el beneficio de usar el FEC dentro del plan de pruebas.

✓ **Detalles del Análisis Activo**

El análisis Activo de la Evaluación Perceptual de la Calidad del Video (PEVQ) es lo más cercano a un humano experto en video analizando la salida de video en una Televisión real. Los flujos recibidos son comparados con flujos de referencia, como se muestra.



**Figura 3.32** Análisis Activo

Los diferentes tipos de análisis son terminados en la carga útil de cada paquete, el análisis de estos datos es lo más alejado que existe a la solución exacta. El resultado de un análisis Activo, representa el resultado de PEVQ, que es trazado en una escala del 1 al 5 dentro del resultado de MOS, donde el 5 representa una excelente calidad.

La siguiente tabla muestra algunas de las mediciones más utilizadas para determinar la calidad del video de IPTV.

<b>PEVQ MOS</b>	Estos valores se encuentran dentro de un rango del 1 (malo) al 5 (excelente) y está basado en una multitud de parámetros perceptuales.
<b>Indicadores de Distorsión</b>	Para un análisis más detallado, el nivel de percepción en la distorsión de la luminancia, crominancia y dominio temporal son proporcionados.
<b>Retraso</b>	El retraso de cada cuadro es la relación entre la señal de prueba y la señal de referencia.
<b>Brillo</b>	El brillo de la señal de referencia y la señal degradada.
<b>Contraste</b>	El contraste entre la secuencia distorsionada y la secuencia de referencia.
<b>PSNR</b>	Para definir un análisis de la distorsión en diferentes dominios, el PSNR proporciona las componentes Y, Cb y Cr de manera separada.
<b>Sacudidas (Jerkiness)</b>	Describe la suavidad de una reproducción de video, el cuál es continuamente dañado por un muestreo bajo, procesos de codificación y perturbaciones en la transmisión.
<b>Borrones (Blur)</b>	Es una distorsión caracterizada por la reducción en la agudeza de los contornos centrales y detalles espaciales.
<b>Cuadros (Blockiness)</b>	Es el resultado de una baja velocidad de transmisión que usa un algoritmo de igualación de cuadros para la estimación de movimiento y una tosca cuantización de los bloques de la imagen.
<b>Salto de Cuadro y Congelamiento</b>	Son problemas temporales ocurridos en la transmisión de video causados por la sobrecarga de las redes.
<b>Velocidad Efectiva de Cuadro</b>	El muestreo bajo de una señal de video en una base de cuadro por cuadro continuamente tiene pérdidas de información las cuales degradan la señal de video. La velocidad de los cuadros es un indicador de la severidad de cada uno de los procesos.
<b>Actividad Espacial y Temporal</b>	Estos indicadores cuantifican la cantidad de movimiento del contenido de video. Los indicadores se derivan de la recomendación ITU-T P.910.

**Tabla 3.14** Mediciones en el análisis Activo

✓ **Detalles del Análisis Pasivo**

El análisis Pasivo es un códec que depende de las mediciones de calidad de video en tiempo real. El análisis Pasivo junto con el análisis de las Mediciones de desempeño de la

Calidad de Video en Televisión (TVQM) está presente en los encabezados de los cuadros de video. Este es un método muy exacto de análisis para obtener los resultados del MOS.

Este tipo de pruebas ofrece visiones clave dentro del desempeño del video entre las que se incluyen la habilidad de decir si el audio esta siendo entregado con el video. Las mediciones clave de los análisis Pasivos están indicadas en la siguiente tabla.

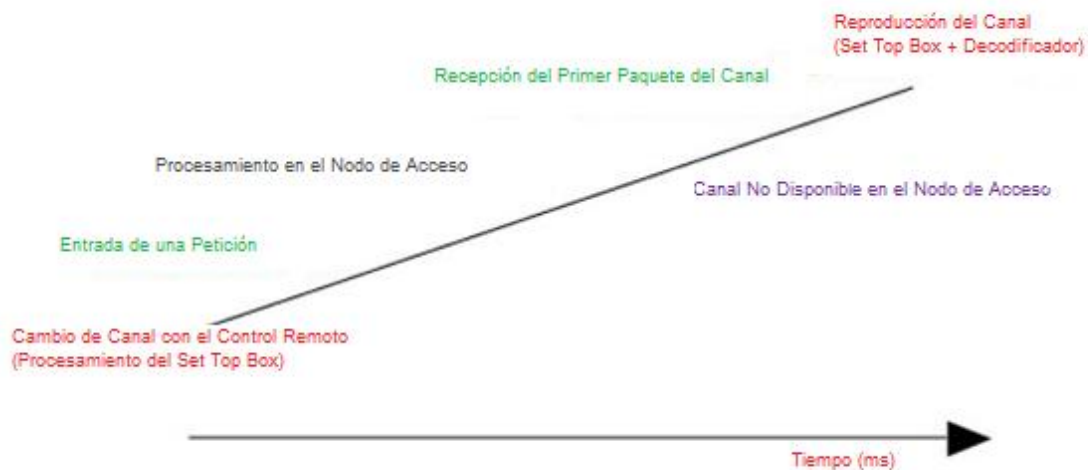
<b>VSTQ</b>	Un valor de 0 a 50 que considera la pérdida de los paquetes y la distribución de los paquetes perdidos, el tipo y velocidad de bits del códec.
<b>Resultado de la Calidad de Video (MOS)</b>	Un valor de 1 a 5 que incorpora algunos de los factores subjetivos que dependen de otros factores. Esta es una percepción del usuario acerca de al calidad de la señal.
<b>Medidas de Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estadísticas de Transporte MPEG, IP, RTP                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Taza de pérdida de paquetes</li> <li>○ Taza de desecho de paquetes</li> <li>○ Taza de pérdida de hueco y longitud del hueco</li> <li>○ Taza de pérdida de ráfagas y longitud de ráfagas</li> <li>○ Número de ráfagas</li> <li>○ Efectividad de FEC</li> <li>○ Saltos del RTP</li> <li>○ Saltos del PCR</li> </ul> </li> <li>✓ Medición de Decodificación                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pérdida de sincronización en los flujos de transporte</li> <li>○ Error de sincronización de bits</li> <li>○ Error de cuenta de continuidad</li> <li>○ Error de transporte</li> <li>○ Error de PCR</li> <li>○ Error de repetición de PCR</li> <li>○ Error de discontinuidad de PCR</li> <li>○ Error de PTS</li> </ul> </li> </ul>
<b>Mediciones del Flujo de Video</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tipo de códec</li> <li>✓ Tipo de grupo de imágenes</li> <li>✓ Longitud del grupo de imágenes</li> <li>✓ Tamaño de imagen</li> <li>✓ Número de cuadros correctos</li> <li>✓ Número de cuadros dañados</li> <li>✓ Número de paquetes recibidos, perdidos y desechados</li> </ul>
<b>Mediciones de Calidad Percibida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Video MOS (MOS-V)</li> <li>✓ Audio MOS (MOS-A)</li> <li>✓ Audio-Video MOS (MOS-AV)</li> <li>✓ Estimación de PSNR (EPSNR)</li> <li>✓ Calidad de Transmisión (VSTQ)</li> <li>✓ Calidad de Imagen (VSPQ)</li> <li>✓ Calidad de Audio (VSAQ)</li> <li>✓ Calidad Multimedia (VSMQ)</li> </ul>

**Tabla 3.15** Mediciones en el análisis Pasivo

### 3.6.2.6. VELOCIDAD EN EL CAMBIO DE CANAL (ZAP RATE)

Un desafío clave en el ofrecimiento de IPTV es la velocidad en el cambio de canal, ya que este comportamiento debe ser considerado a la hora del diseño de los sistemas de IPTV. Pueden ser obtenidas varias mediciones, aunque al hacer pruebas de Zap Rate, se deben incluir los tiempos de entrada al canal, tiempo de retraso del canal y paquetes caídos.

El tiempo esperado para el retraso de un canal después del cambio debe ser menor que 700 milisegundos.



**Figura 3.33** Eventos presentes en el cambio de canal

Otro posible escenario es que puede haber múltiples Set top Boxes dentro de una misma casa, esto puede limitar el desempeño del Zap Rate. Otra prueba interesante es la de identificar como interactúa cada uno de los STB con los demás y como se entrega la calidad de video en cada uno de los STB.

## *CAPÍTULO IV*

#### **4. SERVICIOS OFRECIDOS**

En los últimos años se han desarrollado muchas novedades en el área de los medios de comunicación y obviamente en la Televisión; algunos han sido el desarrollo de redes de fibra óptica en todo el mundo y, en ciertos países, el establecimiento de sistemas de pago por evento, sin olvidarnos de la expansión de la tecnología e infraestructura de satélites y la calidad de imagen digital en alta definición en la pantalla grande.

Por consiguiente, los usuarios disponen cada vez de más alternativas. La Televisión por cable digital y las tecnologías alternativas permiten a los consumidores enviar señales con sus respuestas a los proveedores de programas, abriendo con ello nuevas posibilidades. La integración de las computadoras como medio de ocio y la nueva generación de pantallas de Televisión se han unido a la emisión de señales con capacidad de respuesta. En consecuencia, se ha desarrollado diferentes servicios personalizados de alto nivel, como el desarrollo de los sistemas de IPTV.

Algunos de los servicios y novedades más interesantes que proporcionan los servicios de IPTV son la interactividad total en línea, el desarrollo del auténtico Video bajo Demanda (VoD), el desarrollo de fuentes de información de mayor capacidad disponibles para todo tipo de usuarios, además del envío de información personalizada que permite tener más información y hacer compras en línea de un producto determinado, además de los diversos tipos de información disponibles en la pantalla de Televisión, como correo electrónico, servicio de facturas, Guías Electrónicas de Programación (EPG), etcétera.

Todos los servicios anteriores, además de su funcionalidad, permiten cambiar el rol pasivo de los televidentes para obtener el control de cada uno de los contenidos transmitidos por Televisión.

Uno de los grandes avances que ofrece el desarrollo de IPTV es la convergencia de voz, datos y video sobre un mismo cable de red; dependiendo de la velocidad que presente el crecimiento de IPTV se tendrá el crecimiento del Triple Play, aunque su desarrollo es inminente.

A continuación se mencionan algunos de los puntos más importantes de cada uno de los servicios mencionados y la forma en la cuál los sistemas de IPTV pueden proporcionar estos servicios a los usuarios.

##### **4.1. VIDEO BAJO DEMANDA (VoD)**

El Video bajo Demanda, como su nombre lo indica, es un servicio con el que los clientes pueden pedir a voluntad diferentes contenidos y actuar sobre ellos como si se tratara de un reproductor de vídeo doméstico. Es decir, pueden pausar una película, rebobinarla o avanzarla rápido. Esto permite que sea el propio usuario quién decida qué, cuándo y cómo. El televidente deja de estar sujeto a la programación diseñada por el emisor, para

realizar su propia televisión a la carta. Porque la principal ventaja del Vídeo bajo Demanda consiste en la verdadera interacción entre los operadores y el usuario.

El rápido desarrollo del Vídeo Bajo Demanda (VoD), cuenta ya con más de 5 millones de suscriptores. De hecho, actualmente las más de 5 millones de familias abonadas a los servicios de Vídeo bajo Demanda pueden acceder también a los nuevos servicios de "Televisión personal a la carta" y elegir entre una amplia gama de películas, deportes, informativos, publicidad y programas basados en la suscripción (SVoD), gracias a las nuevas aplicaciones de Televisión Personal (pTV).

Los servicios de Vídeo bajo Demanda son ofrecidos a través de diferentes tipos de operadores que utilizan tecnologías heredadas de los sistemas en tiempo real. Estas soluciones ofrecen una arquitectura fiable en cuanto al Hardware, el sistema operativo y el tiempo de respuesta, características que permiten ofrecer un servicio de calidad y garantizar tanto a usuarios como a anunciantes una emisión estable y otras ventajas de la imagen digital.

Estos sistemas permiten al usuario solicitar y ver una película o un programa concreto en el momento exacto que el espectador desea, ofreciéndole a su vez el uso de funciones de video. Es decir, el usuario mientras ve la Televisión puede detener el programa que ha pedido, también puede llevarlo hacia atrás, hacia delante, ponerlo en cámara lenta, etcétera.

Esto también permite enlazar una película con entrevistas a los actores, el backstage, la BSO, etcétera. Existe la posibilidad de ver más cosas sobre esa película, como los ya conocidos extras que ofrecen los DVD-s originales de las películas. Una vez más el consumidor tendrá el poder de decidir qué ver.

Con el desarrollo de la interactividad total en línea y el auténtico Video bajo Demanda (VoD), que proporciona a los usuarios la libertad de pedir cualquier tipo de película o programa en cualquier momento y desde su casa. Estos sistemas son un gran desafío para las tiendas de vídeo locales, ya que los usuarios tienen un acceso garantizado e incluso pueden ahorrar los costos del trayecto hasta la tienda. La Televisión digital interactiva o el llamado VoD ha pasado de ser una fantasía a una auténtica realidad.

El desarrollo del Video bajo Demanda es muy lento y uno de los principales motivos es el miedo a que se reduzcan las ventas de DVDs. Las Industrias no están interesadas en la consagración del Video bajo Demanda porque con el DVD se tiene una gran oportunidad de crecimiento. Pero por otra parte, también tienen en cuenta que es una nueva ventana para el consumo.

Otra de las cuestiones que afectan a la evolución de este nuevo concepto es la idea que se tiene acerca de que no es la misma experiencia en línea que con el DVD. Aunque, parece ser que la tecnología para el sistema de Vídeo bajo Demanda está a punto, se piensa que la computadora es una mala alternativa de Televisión. Es decir, aunque existen servicios similares no es lo mismo ver un programa en la Televisión sentado en el sofá con tus palomitas que frente a la pantalla de una computadora.



Otro de los aspectos que preocupan es la experiencia que se tiene sobre la demanda de este tipo de servicios, ya que se considera baja por la disponibilidad de un número menor de títulos que en las tiendas ordinarias. Los servicios que existen tienen un número limitado de películas, porque se necesita de dispositivos muy costosos que tendrían que gestionar el tráfico de miles de películas en caso de que se consolidara el Video bajo Demanda por todo el mundo.

Por otra parte, la gente querría que una película estuviera disponible el mismo día que saliera a la venta en las tiendas. El problema es que esto requiere de negociaciones y surgirán tensiones entre los productores y las tiendas de las películas. De este modo las tiendas en línea querrán obtener la película en el momento en el que sale en las salas de cine, y las productoras preferirán después de que se pueda comprar.

Además, considerando el consumo de DVD, una buena parte de la gente colecciona películas, la gente compra cada vez más y los alquileres disminuyen, por lo tanto el coleccionismo crece. De esta forma, con el Video bajo Demanda, que hoy se percibe unido a las computadoras, no se puede coleccionar, aunque sí se podrá tener la película un tiempo, pero éste será limitado.

Por ello se habla de ofrecer películas digitales en venta (sell through), es decir la venta de una copia permanente que puede ser almacenada en la computadora. Así, la gente adquiere la película para siempre, pero si esto resulta más caro que comprar el DVD la gente lo rechazará.

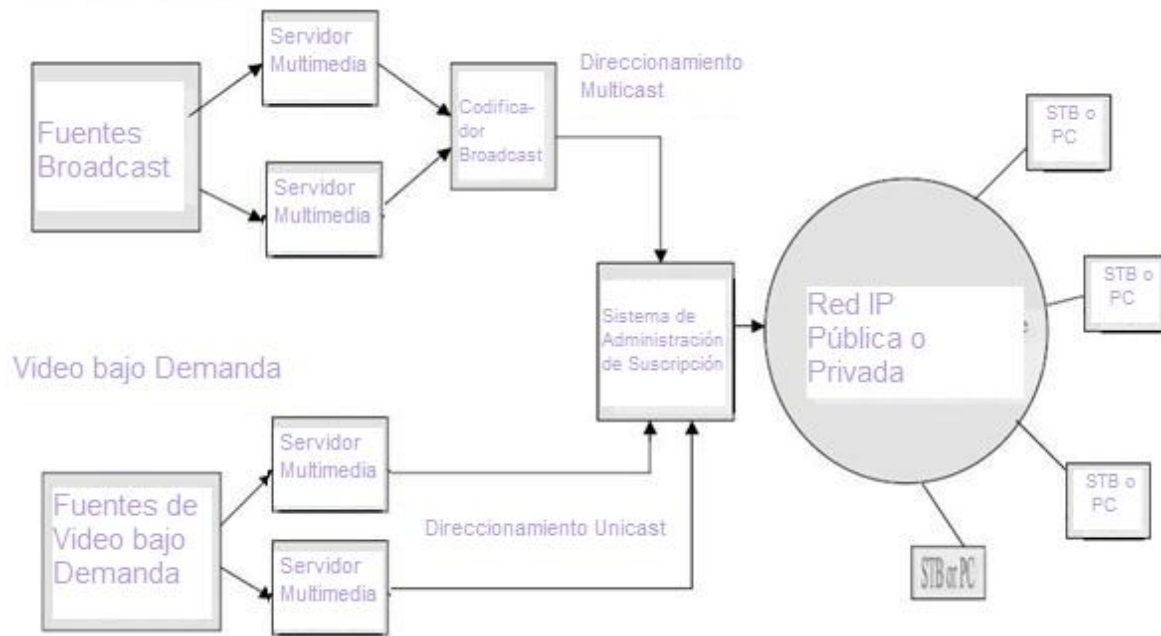
También hay que tener en cuenta el contexto en el que estamos viviendo, en el 2004 las ventas ilegales de DVD supusieron unos 3.5 millones de dólares y existe la preocupación de que la piratería en línea suponga cifras muy superiores. Por lo tanto, el miedo a la piratería es un factor importante en el freno del desarrollo del Video bajo Demanda.

Los recientes análisis se han centrado también en la telefonía móvil y se menciona la posibilidad de vender películas y descarga de series en memoria flash para celulares.

La figura ilustra la integración del Video bajo Demanda sobre un sistema de IPTV. En general, el VoD responde a una petición generada por el usuario a través de un Set Top Box o computadora, la respuesta fluye en forma de paquetes de datos a la dirección IP del Set Top Box del usuario.

Típicamente, la estación administradora muestra una lista de los diferentes eventos disponibles para el servicio de VoD de las cual el usuario puede seleccionar cualquier programa.

Sin embargo, para los operadores de IPTV es posible generar tarjetas con las cuotas mensuales del suscriptor el cual puede enlistar cientos de eventos, su costo y código de acceso para cada uno de los eventos. Para este método el flujo de datos IP representa una transmisión Unicast a los Set Top Boxes o computadoras de cada suscriptor.



**Figura 4.1** Transmisión de video bajo demanda sobre un sistema IPTV

## 4.2. MAYOR CONTENIDO

El rápido desarrollo de la IPTV propone características altamente interactivas para los usuarios. Los usuarios pueden manipular los programas de Televisión, como escoger múltiples ángulos de cámara mirando acontecimientos deportivos, además, ver y buscar diferentes películas y programas de una biblioteca casi ilimitada de contenido digital y vídeos de caseros. Por otra parte, el contenido al que acceden tiene la más alta calidad de definición.

Comparada con los otros sistemas de Televisión digital, la IPTV puede ofrecer los mismos canales y eventos deportivos, que las convencionales, además, dentro de su oferta de contenidos puede contar con un almacén de películas y programas que pueden ser vistas por los usuarios durante un tiempo mayor que las películas o eventos de una emisión de Televisión convencional.

IPTV es un método de acceso ideal para soportar la difusión de aplicaciones de gran ancho de banda como juegos conectados en red, intercambio de música digital, video, videoconferencia, VoIP y otros servicios en tiempo real.

No obstante, las últimas mejoras de IPTV proporcionan algunas herramientas que permiten a los operadores crear Guías de Programas Interactivas y plataformas de juego. Con esto, IPTV establece una posición de liderazgo en el área de servicios de Televisión interactiva, en la actualidad proporciona servicios de Televisión, vídeo y música a más de 110 proveedores de servicios de redes fijas y móviles de todo el mundo.

Los usuarios del servicio IPTV dispondrán de programas de entretenimiento con gran riqueza de contenidos, con acceso de banda ancha para 35 canales de Televisión, una Guía de Programación Electrónica, la función de grabación digital con la opción de pausa y el acceso a miles de títulos de películas, disponibles a su conveniencia, mediante la tecnología de Video bajo Demanda. Igualmente, esta red ya está preparada para ofrecer servicios de HDTV.

Con la combinación de experiencia entre los diferentes fabricantes de equipo para telecomunicaciones, proveedores de servicio y televisoras se acelera la comercialización de los servicios de IPTV. Al mismo tiempo, esta solución incrementará el rendimiento global del sistema y la capacidad de ampliación de esta arquitectura para los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

Mediante IPTV, los usuarios particulares o residenciales y de pequeñas empresas pueden combinar sus servicios de llamadas locales y de larga distancia con el acceso a Internet por discado (dial-up) o de alta velocidad DSL y la Televisión digital. Para las empresas, IPTV proporciona soluciones seguras y confiables para redes de voz y datos locales o de larga distancia. IPTV también ofrece servicios de publicidad en línea y en guías telefónicas a través de sus diferentes canales interactivos.

Algunas de sus aplicaciones permiten a los sistemas de IPTV interactuar con otros dispositivos de comunicaciones como teléfonos, computadoras e incluso celulares.

Todas las plataformas IPTV entrarán en una lucha por los contenidos, para ofrecer posibilidades innovadoras, aplicaciones interactivas que las doten de valor añadido. En definitiva, por la audiencia.

La IPTV dará prioridad al acceso de contenidos de carácter educativo o artístico y excluirá aquellos que sean contrarios a los valores constitucionales o vulneren derechos de terceros. En una apuesta desconocida se ha presentado un nuevo portal, donde se integran los proyectos que IPTV ha lanzado en los últimos meses al mismo tiempo que añade nuevos servicios y anuncia algunos nuevos para el futuro.

Con la IPTV se dispone también del servicio de descarga de diferentes series, una de las apuestas de la IPTV es que todas tengan el formato de seis mini vídeos con comerciales publicitarios previos. Para un grupo de usuarios diferente, la IPTV presenta la posibilidad de seguir los partidos deportivos e ir incrementando poco a poco otros contenidos informativos en directo.

En cuanto a calidad de vídeo, para cada tipo de película o programa, es bastante buena, con poca pixelización en pantalla completa y sin cortes ni saltos importantes.

La IPTV junto a el OSTN (Open Student Television Network) ha desarrollado un sistema completo para ofrecer contenido educativo, de idiomas extranjeros, noticias y entretenimiento en una red IPTV para todos los sitios conectados a la red de OSTN, posibilitando a un gran número de instituciones educativas (colegios, universidades) la posibilidad de crear y compartir un entorno educativo a través de una plataforma IPTV.

Junto a la programación producida por los estudiantes y que esta disponible en la OSTN, esta red también cuenta con diversos canales educativos como NASA TV, C-SPAN, UCTV (University of California Television) y el Florida Educational Channel. Además tiene canales de noticias como MSNBU y Fox News, canales de entretenimiento como Sci-Fi y USA Networks y canales en lengua extranjera como CCTV (chino), TV5 (francés) y RAI (italiano) entre otros.

En base a esta novedosa e interesante experiencia, sólo queda apoyar la creación de una red IPTV similar en el entorno educativo español con el fin de que los diferentes organismos, colegios y universidades de México y Latinoamérica tengan un foro de encuentro común adaptado a las nuevas tecnologías y que posibilite la expresión máxima del concepto IPTV a través de la participación social y creación de contenidos en Internet por parte de los diferentes actores

Por último el término IPTV también se relaciona con el desarrollo de contenidos por parte de agentes que no son los habituales proveedores de contenidos y que de esta manera pueden crear su propia programación y publicarla en sus páginas web.

Todas las posibilidades anteriores son algunos de los contenidos que pueden ser ofrecidos por la IPTV y que representa una pequeña parte del potencial que puede alcanzar esta herramienta. Por lo tanto, si los proveedores y fabricantes ponen un desempeño adecuado para el ofrecimiento de este servicio, se puede generar una infinidad de contenidos y programas dedicados a cada tipo de usuario y que trae consigo la buena aceptación de la IPTV en el mercado mundial.

#### **4.3. PUBLICIDAD A LA CARTA**

La evolución de banda ancha por cable o ADSL y el interés de los fabricantes de contenidos (productoras de cine y cadenas de televisión) por explotar su producto de nuevas formas y, sin duda, el interés demostrado por los usuarios por acceder a los contenidos en video de muy diversas formas, desde las computadoras al celular, pasando por la Televisión, no dejan de generar nuevas propuestas de negocios y anuncios de alianzas.

La distribución de los programas a través de canales interactivos, como Internet, permite teóricamente cambiar la publicidad que les acompaña conforme a las necesidades del usuario.

Con el rápido desarrollo de la IPTV se está generando un nuevo modelo de oferta publicitaria en la que el espectador es el encargado de elegir el tipo de publicidad que desea recibir, cómo y cuándo. La idea es simple: los suscriptores de IPTV pueden elegir la opción de recibir determinado tipo de publicidad a cambio de obtener una rebaja en el costo de suscripción o, incluso, tienen la posibilidad de “comprar” alguna película para su visualización, con publicidad, a un precio más económico.

El Vídeo bajo Demanda está cambiando de manera decisiva la forma de ver Televisión y por lo tanto, la forma de recibir la publicidad y de interactuar con ella. La nueva fórmula de publicidad basada en el Vídeo bajo Demanda permite una total interactividad entre el anunciante y el espectador, quien selecciona los productos sobre los que quiere recibir publicidad de acuerdo con sus intereses, gustos o necesidades. Asimismo, el anunciante puede establecer una relación directa con su audiencia objetiva y acompañar la publicidad con ofertas específicas e incluso ofrecer la posibilidad de que el espectador compre el producto en línea (on-line).

Existen ya varias experiencias piloto, donde las principales cadenas de Televisión, han iniciado proyectos con uno de sus canales. Esto crea los primeros canales digitales con Video bajo Demanda que ofrece a los abonados una franja de entretenimiento e información comercial gratuita, gracias al apoyo de la publicidad.

Gracias a la interactividad total de IPTV y el VoD se abre un inmenso horizonte para la creación de nuevos modelos de relación entre los anunciantes y los consumidores finales, que podrán definir un menú de programas a la carta. Asimismo, el Comercio por Televisión (TV-Commerce) que es la venta a través de la Televisión, da un paso gigante en su implementación como nuevo modelo de relación directa entre el fabricante, el distribuidor y el consumidor. El anuncio interactivo permite la creación de una nueva dimensión, ya que cada espectador podrá navegar por el anuncio para obtener el tipo de información que considere más relevante, incluso podrá contactarse en tiempo real con el proveedor y realizar consultas.

La publicidad a través del Vídeo bajo Demanda presenta muchas ventajas. Una de ellas es la libertad del usuario para ver un determinado anuncio tantas veces como lo desee, al tiempo que le ofrece la posibilidad de solicitar mayor información sobre un determinado producto. Para los inversionistas publicitarios, la publicidad integrada en el Video bajo Demanda permite obtener información exacta sobre las direcciones IP, además del perfil de los televidentes, preferencias en cuanto a programación, etcétera; todo esto en tiempo real.

La presencia de publicidad a la carta no es imposible en el desarrollo de IPTV y permitiría la oferta de opciones de descarga con y sin publicidad. Naturalmente, el consumidor tendría que definirse como usuario y declarar sus intereses en cuanto a publicidad.

Según algunos analistas está aún lejos que la publicidad a la carta sea un hecho, dada la complejidad que encierra en todos sus niveles. Pero se señala que ya se están desarrollando tecnologías para la emisión de publicidad muy segmentada por medio de la Televisión a través de IP (IPTV). Otras posibilidades de la tecnología serían, por ejemplo, eliminar anuncios que ya han sido vistos antes varias veces en ese dispositivo, para no saturar al espectador, o la de realizar series de más de un anuncio, sabiendo que van a ser vistas siempre en el orden correcto.

Para nuestros abuelos, la Televisión actual ya se sirve a la carta. Esto es porque, gracias a las nuevas tecnologías, se nos permite ver lo que queremos cuando queremos. Sólo

consultamos una guía de programación y escogemos nuestros programas, o notificamos al proveedor nuestros intereses (un actor, un género, una película, etcétera) y dejamos que se encargue de buscar lo que más se acerca a nuestros criterios y gustos. Estos sistemas funcionan en diferentes países desde hace varios años, lo que da una idea de cómo algunos lugares viven en otra dimensión tecnológica. Durante este tiempo, las funciones se han ido perfeccionando, de forma que ya es posible ver la Televisión Bajo Demanda que permite pausar y hasta reproducir una emisión en directo, eliminar los anuncios de los programas grabados, buscar y grabar determinada publicidad, compartir con otros dispositivos los programas almacenados vía Internet, etcétera. En fin, una Televisión a la carta de verdad, tal como se imagina en el futuro.

Es el tiempo de la publicidad dinámica, que se adapta al movimiento de los usuarios, pero aún debe llegar la publicidad individualizada. La publicidad a la carta terminará las formas de publicidad homogénea y uniforme, que pertenece a la Televisión de los tiempos prehistóricos, que respecto a su funcionamiento son similares a sistemas políticos más o menos totalitarios. Todo lo anterior es posible gracias al desarrollo de IPTV y la infinidad de servicios que ofrece.

#### 4.4. SERVICIOS DE INFORMACIÓN

Cada vez son más las noticias que informan del desarrollo de aplicaciones que explotan la interactividad de la IPTV. Muchas de las nuevas soluciones no se centran en un servicio propiamente para la Televisión o para los programas, si no que sirven como servicios de valor añadido que aprovecha las capacidades de interacción de la red.

Existen diferentes sistemas que están dedicados a dar servicio a cada uno de los usuarios de la IPTV. Algunos, los más comunes, pueden dar información del tráfico, clima, noticias. Además, han sido desarrollado sistemas un poco más complejos que son ofrecidos a una pequeña parte de la población. Los sistemas más comunes son los siguientes:

- **Electronic Program Guides (EPG).** Son Guía de Programación, imprescindibles en cualquier plataforma de Televisión, sea abierta, por cable, satelital o terrestre. La EPG informa al usuario sobre los principales programas que se emiten o emitirán en sus cadenas. El acceso está destacado por géneros y otras aplicaciones relacionadas con la programación de los canales de la plataforma.



Figura 4.2 Guía de programación electrónica



- **Interactive News Services.** Se han desarrollado diferentes servicios para programas deportivos, noticias y clima. Cuando se solicita, aparece en pantalla una transparencia con información del tráfico, clima, noticias y resultados deportivos, sin necesidad de que el espectador se pierda el evento. La interactividad permite acceder al mejor tipo de información sobre el mundo o su ciudad, generalmente en tiempo real.



Figura 4.3 Servicios interactivos de noticias

- **Interactive Video Browser.** Permite acceder al contenido en formato multipantalla, permitiendo ver 16 canales de televisión simultáneamente. Con el control remoto, el espectador selecciona el canal que desea y al presionar un botón se traslada directamente a ese canal. Cuando selecciona el canal accede al sonido y a información sobre el título del programa que se emite.



Figura 4.4 Navegador de video interactivo

- **Listening Booth.** Aplicación interactiva utilizada para la compra de discos de música. La aplicación es transmitida por el operador, que puede autorizar al espectador-comprador, a escuchar alguna canción o partes del disco, para después ser ordenada y pagada a través del recibo del servicio de la IPTV o por medio de la banca electrónica.





Figura 4.5 Muestras de música

- Juegos Interactivos.** Las terminales de IPTV (Set Top Boxes o Computadoras) pueden convertirse en una auténtica consola de videojuegos, permitiendo al usuario disfrutar en la televisión una amplia gama de juegos, seleccionados gracias a un completo menú en pantalla. Los juegos pueden ser fijos o actualizados cada cierto tiempo.



Figura 4.6 Juegos interactivos

- Información Meteorológica bajo Demanda.** Aplicación que puede ir unida a un canal convencional de Televisión o sola. Incluye la posibilidad que el usuario escoja la zona en la que vive y le permite seguir en tiempo real las previsiones meteorológicas.



Figura 4.7 Información meteorológica bajo demanda

- **Database Information Services.** Permite a los operadores ofrecer servicios basados en la recopilación y presentación de datos, como pueden ser aplicaciones dedicadas a la búsqueda de empleo o consultas de películas, como ejemplos significativos.



Figura 4.8 Base de datos de servicios de información

Existen otras aplicaciones un poco más personalizadas como es el caso de **Digitracker**, que es un Software desarrollado por la empresa irlandesa DigiSoft. Esta aplicación permitirá localizar en un mapa la posición de un teléfono celular previamente introducido en el sistema.

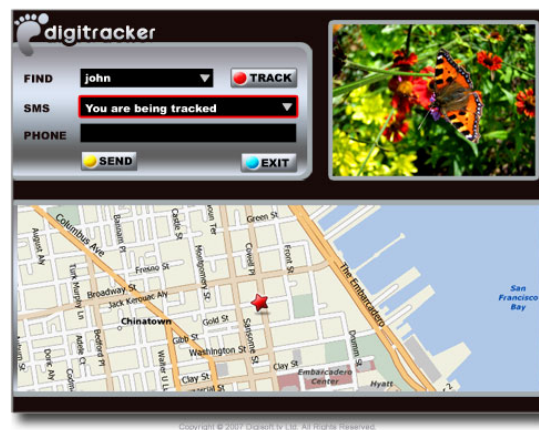


Figura 4.9 Digitracker

Es útil para usuarios preocupados por la seguridad de otros, como el caso de padres con sus hijos. Con este servicio podrán ver en la pantalla de la televisión la posición exacta de sus niños. Digitracker permitirá también el envío de mensajes de texto a las terminales móviles.

En general, existe un gran atractivo para este tipo de soluciones tecnológicas. Además, este es el comienzo de una nueva época para la Televisión puesto que la interacción tiene

lugar desde casa, mientras se ve un programa de Televisión, utilizando nada más que el control remoto.

Este éxito en el ofrecimiento de servicios de entretenimiento avanzados es de singular importancia, no sólo para la IPTV, sino también para otros operadores de Televisión que tienen el objetivo de capitalizar la creciente demanda de servicios de entretenimiento avanzados.

La IPTV modificará potencialmente para siempre el modo en que se consume el contenido de videos. La IPTV coloca al consumidor en el asiento del conductor y le da control total en su experiencia de entretenimiento, sin importar el formato de medio o el dispositivo que quieran usar dentro de su hogar. Estamos sumando los beneficios de banda ancha, la rápida adopción de la tecnología de redes para hogares y la magia del Software para ofrecer a los clientes contenidos dónde, cuándo y cómo ellos lo desean.

Además, existen sistemas equivalentes al Teletexto de los receptores analógicos pero con capacidades programables. Esta es la base de la interactividad y equivale, casi, a tener una computadora en el interior del Set Top Box.

La IPTV es cada día más popular y se ha convertido en una de las aplicaciones más utilizadas, además surgen iniciativas para mejorarla continuamente. Dentro de la IPTV también se ofrecen los diarios digitales que ofrecen noticias audiovisuales. Muchas empresas apuestan por tener su propio canal por lo que dispone de opciones más novedosas.

Con el surgimiento de la IPTV, el usuario estaría sentado frente a la Televisión como si se tratara de la pantalla de la computadora, y tendría acceso a todo tipo de información, no solo a contenidos televisivos, sino también, por ejemplo a contenidos de e-Learning, buscadores, e-mail, etcétera. Este desarrollo depende del crecimiento que tenga la IPTV y su aceptación en los próximos años.

#### **4.5. E-LEARNING**

Este término se refiere al aprendizaje asistido por diversas Tecnologías de la Información. El e-Learning fomenta el uso intensivo de estas técnicas facilitando la creación, adopción y distribución de contenidos para su enseñanza, así como la personalización del ritmo de aprendizaje y la disponibilidad de las herramientas de aprendizaje para cada alumno independientemente de límites horarios o geográficos. Permite al alumno intercambiar opiniones a través de las Tecnologías de Información y Comunicación. El e-Learning también es llamado "enseñanza virtual" y son situaciones totalmente a distancia desarrolladas a través de las redes de datos.

Las herramientas que componen esta estrategia de educación son: por un lado, utilidades de almacenamiento para aprender en Internet y utilidades para la presentación de los contenidos (textos, animaciones, gráficos, vídeos) y por otro, herramientas de

comunicación síncrona o asíncrona entre alumnos o entre alumnos y tutores de cursos (correo electrónico, chat, foros, blogs). Pero, más allá de las herramientas utilizadas, el e-Learning, como todo proceso educativo, requiere un diseño instructivo sólido que tome en cuenta, además de las consideraciones pedagógicas, las ventajas y limitaciones de Internet y el comportamiento de los usuarios de la misma.

El e-Learning se basa en el uso de una computadora u otro dispositivo electrónico (por ejemplo, un teléfono celular) para proveer a las personas de material educativo. La educación a distancia crea las bases para el desarrollo del e-Learning, el cual viene a resolver algunas dificultades en cuanto a tiempos, sincronización de agendas, asistencia y viajes, problemas típicos de la educación tradicional. Desde esta perspectiva, se nota que el e-Learning es una herramienta electrónica de educación a distancia.

Una solución e-Learning está conformada por tres elementos fundamentales: Plataforma, Contenidos y Herramientas comunicativas.

- **Plataforma**

Es el entorno de Hardware y Software diseñado para automatizar y gestionar el desarrollo de actividades formativas, se conoce como Plataforma de Teleformación, en el caso de la IPTV se puede desarrollar este tipo de Plataformas con todos sus elementos, sin la necesidad de dispositivos especiales, además se puede ofrecer gran calidad, velocidad y disponibilidad en el servicio.

Una Plataforma de Teleformación registra usuarios, organiza catálogos de cursos, almacena datos de los usuarios y proporciona informes para la gestión. Suelen incluir también herramientas de comunicación al servicio de los participantes en los cursos. Estas actividades son desempeñadas por los diferentes equipos utilizados para proporcionar IPTV.

- **Contenidos**

La calidad de los contenidos supone una condición necesaria, aunque no suficiente, para el éxito del programa formativo. El diseño de los contenidos debe de ser realizado por expertos en metodología didáctica con el objetivo de que respondan a:

- Adecuación a las necesidades y posibilidades del alumno
- Calidad y cantidad de la información presentada
- Interactividad
- Estructura adecuada para su correcta asimilación.

- **Herramientas Comunicativas**

Después de tener una plataforma y los contenidos, es necesario tener algunas herramientas de comunicación, en este entorno formativo se permite la interacción entre los diferentes agentes del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta interacción se concreta en la posibilidad de realizar trabajos en grupo, intercambiar experiencias, proporcionar apoyo por parte del tutor, resolución de dudas, etcétera.

De acuerdo con el tipo de comunicación, en tiempo real o no, tenemos:

- Herramientas de comunicación síncrona: teléfono, chat, videoconferencia, webcam, pizarra electrónica, documentos compartidos en línea.
- Herramientas de comunicación asíncrona: son las que le dan al e-Learning buena parte de su carácter (“anytime, anywhere”), pueden ser foros de debate, grupos de noticias, correo electrónico y últimamente los Blogs.

En conclusión, el desarrollo de los sistemas de IPTV permite la distribución de contenidos multimedia aplicados a la educación, con lo cual se puede llegar con más facilidad a los lugares más marginados y alejados del país. Además, se pueden ofrecer este tipo de servicios por un costo mucho menor que los existentes.

Las opciones que puede ofrecer la IPTV para el e-Learning son muy grandes, por ejemplo la diversidad de los contenidos puede ser más amplia, la calidad de los contenidos sería alta, etcétera. La correcta infraestructura permite la llegada de este tipo de servicios a los lugares más alejados y ofrecen velocidades de conexión suficientes para ofrecer el servicio.

Para mejorar el servicio de e-Learning podrían utilizarse diversas tecnologías ofrecidas por la IPTV, como videoconferencias y video chats en Alta Definición ofrecidos en tiempo real.

#### **4.6. SERVICIOS DE FACTURAS Y CORREO ELECTRÓNICO**

Para la transmisión de IPTV, es necesaria la utilización de un equipo decodificador (Set Top Box), lo ideal es que estos equipos estén equipados con una o dos ranuras para poder insertar nuevas tarjeta que permitan disfrutar los servicios de acceso condicional (por ejemplo, transmisiones de pago por evento codificadas).

Con el desarrollo de la IPTV, los usuarios recibirán el servicio de telefonía, acceso a Internet de banda ancha y el servicio de Televisión digital proporcionado por un solo proveedor, es decir, que la facturación de estos servicios se ofrece en una única cuenta que contenga los consumos de cada usuario. Con esto se genera una fidelidad al proveedor del servicio y evita a los usuarios pagar en diferentes lugares y fechas.

La IPTV permite, gracias a su arquitectura, poder ver los diferentes estados de cuenta del cliente, así como todos los cargos agregados a su cuenta y puede saber cuáles son los eventos que ha visto. Esto gracias a sus servidores de Administración que almacenan la información de cada uno de los usuarios y permite tener un control más detallado para el usuario y el proveedor.

Existen otro tipo de servicios que permiten a los usuarios acceder a sus archivos personales (agenda, calendarios, listas de contactos) y a contenido de Internet (Correo electrónico, noticias en Internet, entretenimiento al cual el usuario está inscrito y servicios





La Telebanca es otra propuesta puesta en práctica por las plataformas de IPTV y consiste en servicios orientados a los clientes de los principales bancos y cajas que están abonados a las plataformas, permitiéndoles acceder a información confidencial mediante contraseña de acceso, consultar su cuenta e incluso, si se desea, realizar transacciones comerciales en tiempo real.



Figura 4.12 Telebanca

La IPTV está preparando nuevos servicios interactivos, como el servicio de Bolsa que permitirá acceder a la información de los diferentes valores que cotizan las bolsas de valores, incluyendo también los índices de bolsa más importantes del mundo e incluyendo información sobre la cotización de divisas y diversos fondos de inversión. Este servicio, sin embargo, será solo de consulta y no se podrá realizar operaciones a través de él. No obstante, no se descarta que algún tipo de actividad de este tipo pueda desarrollarse en un próximo futuro.

IPTV se consolida en la vanguardia mundial, en lo que a interactividad por Televisión se refiere, gracias a su servicio de comercio electrónico por Televisión (denominado Compra Activa); viene a sumarse Banca Activa (operaciones bancarias), Bolsa Activa (acceso a servicios de información bursátil en tiempo real), Meteo Activa (previsión del tiempo en las diferentes ciudades del mundo), Fútbol Activo (permite ver varios partidos simultáneamente y acceder a informaciones de las mejores competencias), Juegos Activos (oferta de juegos interactivos para toda la familia) y Tráfico Activo (informa en tiempo real las incidencias que se producen en las carreteras).

La Televisión digital será en un futuro cercano lo más parecido a una galería comercial, ofrecer en exclusiva contenidos de cine o de fútbol resultará cada vez más difícil y lo que marcará la diferencia entre las empresas audiovisuales no serán los productos, sino los servicios. La clave, en suma, será la interactividad, dentro de la interactividad, uno de los servicios de más éxito será, sin duda, el denominado TV-Commerce.

La IPTV facilita los servicios de telefonía, Internet y Televisión mediante un único punto de conexión. Claramente, ésta es la solución del mercado más sencilla para el usuario, porque es interactiva y ofrece un acceso adecuado a las preferencias individuales de contenidos, tales como el alquiler de películas bajo demanda.



#### 4.7. CONVERGENCIA DE VOZ DATOS Y VIDEO

Uno de los puntos clave que dependen de la IPTV en el mercado de las Tecnologías de la Información es la convergencia de Voz, Datos y Video o mejor conocido como “Triple Play”. Cada uno de los tipos de datos anteriores puede ser representado en forma digital, lo que hace posible la transmisión de voz, datos y video sobre una infraestructura de red común y corriente. En su destino, voz, datos y video pueden ser recibidos y almacenados en un mismo dispositivo, que puede ser un Set Top Box o disco duro y para entregar estos datos a su destino final se necesita tener definida una dirección IP para cada uno de los dispositivos dentro de la casa, por ejemplo una computadora, un Set Top Box en una Televisión, etcétera. En esta sección se menciona la forma en la cual cada uno de los datos puede ser transportado dentro de la red IP:

- **Voz**

Hasta hace algunos años, los primeros comentarios sobre la convergencia hablaban mucho acerca de la Voz sobre IP (VoIP) o también conocida como Telefonía IP, aunque en la telefonía IP se agregaba el servicio de Fax, porque era capaz de ser transmitido como señales de voz digitalizada sobre una red de datos pública o privada.

Cuando la voz es digitalizada y transmitida sobre una red IP, una conversación analógica es digitalizada a través del uso de un codificador de voz dentro del flujo de datos. El codificador convierte la voz en una cadena de datos digitales y dependiendo el tipo de codificador empleado se define la velocidad de bits utilizados. Cuando se utilizan los codificadores se presenta un retraso de tiempo que esta expresado en milisegundos (ms). Por lo que se genera un Registro Medio de Opinión (MOS) que representa de forma subjetiva la claridad de la conversación recibida, esta escala va de 1 (malo) a 5 (excelente). El códec para mejorar retrasos de tiempo es extremadamente importante porque es el encargado de minimizar la acumulación de retrasos para que sean menores a 150 ms y así obtener un alto nivel de MOS. Otros retrasos que son tomados en cuenta pueden ser el ingreso y salida de los vínculos de datos y el retraso de tiempo de los paquetes a través de la red.

Estándar	Descripción	Velocidad de Bits (kbps)	Retraso (ms)	MOS
G.711	Modulación por Codificación de Pulsos (PCM)	64	0.125	4.8
G.726	PCM Diferencial (ADPCM)	16, 24, 32	0.125	4.2
G.723.1	Predicción Algebraica Lineal (ACELP)	5.3	37.5	3.98
G.728	Predicción Lineal con bajo Retraso (LD-CELP)	16	2.5	4.2
G.729	CELP con Estructura Algebraica Conjugada (CS-ACELP)	8	10.0	4.2
G.732.1	Cuantización Máxima de Multipulso (MP-MLQ)	5.3, 6.3	30.0	3.5

**Tabla 4.1** Estándares de codificación para voz

La tabla anterior muestra los seis estándares de codificación para voz más populares, además de su velocidad de bits, retrasos y MOS.

Los estándares PCM y ADPCM son los más utilizados por los RBOCs cuando las llamadas fluyen a través de sus switches. Los demás estándares de digitalización de voz son usados principalmente en los ambientes de VoIP porque reducen significativamente la cantidad de datos necesarios para llevar una conversación de voz. En la tabla se indica que mientras la velocidad de datos necesaria para transmitir una conversación de voz disminuye, su retraso aumenta y la calidad de la conversación en términos de MOS también se reduce.

Los retrasos mostrados en la tabla son solo una parte de los retrasos, existentes de un punto a otro, que puede afectar la transmisión de VoIP. Para asegurar una alta calidad en las comunicaciones de voz se requiere un ancho de banda suficiente para minimizar los retrasos en la transmisión, así como la capacidad de los routers que están dentro de la red, para dar prioridad al tráfico de voz, para este último requisito de tráfico debe ser necesario el etiquetado de los paquetes para indicar sus necesidades de prioridad. Esto es conocido como Calidad del Servicio (QoS), el cuál permite que el retraso en los routers se reduzca para el tráfico de voz, dándole mayor prioridad que los datos. Actualmente los operadores de CATV proporcionan servicios de VoIP para convencer a los usuarios a obtener sus tres servicios (voz, Acceso a Internet (datos) y video) a través de un solo proveedor. Sin embargo, aunque el flujo de voz, datos y video fluyen sobre un mismo cable coaxial, estos servicios no fluyen sobre la misma red IP.

- **Datos**

Los operadores de CATV y los RBOCs ofrecen diversas ofertas para suscripciones de Acceso a Internet, con precios mensuales muy variados que dependen de la velocidad de transmisión de datos ofrecida. Los RBOCs proporcionan este servicio sobre sus líneas de última milla y los operadores de CATV proporcionan una capacidad similar dentro de sus cables coaxiales instalados dentro de las casas. Técnicamente, los datos tienen una convergencia física en los mismos tubos dentro de las casas. Sin embargo, la verdadera convergencia va a ocurrir dentro del ambiente de IPTV, donde voz, datos y video van a ser proporcionados dentro del mismo ancho de banda de la conexión, siendo distinguidos uno del otro por los encabezados de cada paquete de datos que va a indicar el tipo de datos transmitido.

- **Video**

La convergencia del video dentro de una misma conexión de voz y datos es similar a la entrega de voz bajo ciertas situaciones y datos en otras condiciones. Esto es, cuando se este viendo un flujo de video en tiempo real, el video debe ser entregado con mínimo retraso para que las imágenes no se distorsionen en el tiempo. En cambio, cuando un video es descargado, el retraso entre imágenes no es un problema porque hasta que el video sea descargado va a ser visto desde el disco duro. Esto significa que los paquetes

de video en tiempo real deben ser etiquetados para permitir a los routers dar prioridad al contenido de esos paquetes de video.

Otro término concerniente a la convergencia de video se refiere a la disponibilidad. Con la opción de IPTV para proporcionar un número ilimitado de programas, los proveedores deben tener material suficiente. Por lo que deben expandir sus medios digitales, así, la probabilidad de que un cliente pida un video de pago por evento o suscribirse al servicio, debido a que el contenido es de su preferencia, aumenta.

## *CAPÍTULO V*

## 5. MERCADO MUNDIAL DE LA IPTV

El principal mercado en la distribución de IPTV es el mercado de Televisión de paga, a continuación se menciona la evolución que puede tener el mercado de Televisión de paga, gracias al desarrollo de la IPTV.

El mercado de la Televisión de paga ha evolucionado y se ha presentado de diferentes formas, CATV, DVB-S, etcétera. Pero en los últimos años, han surgido una gran variedad de empresas que ofrecen programas de Televisión y películas en Internet. Aunque las ganancias de los proveedores de CATV y DVB-S son grandes (mayores a \$ 50 billones de dólares en 2005) y considerando que la venta y renta de programas de Televisión y películas en Internet son actualmente menores a esta cantidad, el comportamiento de estos mercados cambiará completamente por los siguientes cuatro factores.

- **La sustitución del servicio de Internet Dial-Up por acceso de Banda Ancha**

Hasta que los accesos a Internet de Banda Ancha se hicieron disponibles por su relativo bajo costo, los consumidores estaban restringidos a utilizar conexiones vía Dial-Up que tiene una velocidad de transmisión máxima de 56 kbps. Lo que significa que para descargar una hora de video, que requiere 1.175 Gb de datos recibidos, la conexión vía Dial-Up tardaría aproximadamente 46.6 horas. Esto es un problema, por lo que el desarrollo de acceso a Internet de Banda Ancha trae como consecuencia descargas de datos más rápidos y por consiguiente para descargas archivos de video se necesita menor tiempo y permite ver programas transmitidos en tiempo real.

La sustitución de acceso a Internet por Dial-Up y el rápido crecimiento en el número de conexiones a Internet de Banda Ancha trae como resultado un número muy grande de suscriptores que son capaces de descargar archivos de datos muy pesados en un periodo de tiempo razonable. Esto ha traído un crecimiento en el mercado de los consumidores, quienes descargan películas, programas de Televisión, videos musicales, videos de eventos especiales, para verlos directamente en el Set Top Box, la computadora o algún otro dispositivo portátil (iPod, DVD, etcétera). La familia de tecnologías DSL ofrece diferentes velocidades de conexión (desde 256 kbps hasta 50 Mbps) que permiten ver videos de buena calidad en tiempo real y sin retrasos. La siguiente tabla muestra el tiempo promedio que tarda cada una de las conexiones en descargar una hora de video.

Velocidad de Transmisión	Horas
56 kbps	46.64
256 kbps	10.16
1024 kbps	2.54
2048 kbps	1.27
4096 kbps	0.64
8192 kbps	0.32
16384 kbps	0.16
32768 kbps	0.08

- **Tabla 5.1** Tiempo de descarga de una hora de video

La tabla anterior muestra claramente que el crecimiento en el número de suscriptores de Acceso a Internet de Banda Ancha incrementa en relación con el número de suscriptores que descargan diferentes tipos de video para verlos en la computadora o algún otro dispositivo. Esto quiere decir que la IPTV crecerá en función del número de suscriptores a Internet de Banda Ancha.

- **La introducción de reproductores de video portátiles (iPod)**

La introducción de dispositivos de video portátiles como el iPod, en el 2005, ha desarrollado un crecimiento en la demanda de contenidos de video digital. Aunque también existen otros dispositivos para ver videos, como el caso de los reproductores de DVD portátiles que cuentan con pantallas más amplias, además que tienen la opción de reproducir los videos almacenados en discos compactos que pueden ser cambiados al gusto. Los videos aunque pueden ser rentados o comprados, pueden ser grabados por un DV-R con ayuda de la computadora o el Set Top Box y así ser reproducidos por los reproductores de DVD a cualquier hora y en cualquier lugar. El desarrollo de este tipo de dispositivos portátiles provoca un aumento en la demanda de contenido digital que puede ser ofrecido por los sistemas de IPTV.

- **La disponibilidad de programas de Televisión por un mayor número de redes televisivas**

Este factor cambia la forma convencional de ver la Televisión, ya que se incrementa la disponibilidad de programas de Televisión, para cualquier tipo de usuarios. Además, se están haciendo esfuerzos para realizar varios programas de Televisión y que estén disponibles para su descarga vía Internet, lo que trae un crecimiento en el contenido disponible para los sistemas de IPTV.

- **El crecimiento en el número de sitios de Internet que ofrecen la venta y renta de películas, videos musicales y programas de Televisión**

Hace algunos años, la disponibilidad de videos en Internet era solo por medio de sitios Web propiedad de Hackers que proporcionaban copias gratis de películas antes de su venta en DVD. De hecho, muchas películas estaban grabadas directamente desde las salas de cine con una grabadora de video digital.

Actualmente el número de sitios que ofrecen películas ha crecido significativamente, por lo que el número de títulos es enorme y abarca todo tipo de programas, videos y películas. Este crecimiento en el contenido de video digital permite a los suscriptores obtener los programas de su preferencia, además los proveedores de IPTV tienen la ventaja potencial de ofrecer una infinidad de programas a cada usuario a la hora que lo desee. Lo que proporciona una nueva y mejorada forma de ver la Televisión.

El general, el mercado de la IPTV consiste en una serie de submercados que incluyen el Video bajo Demanda, Teleconferencias, películas, videos, música, programas de Televisión, etcétera. Además, la tecnología utilizada para cada uno de los submercados, tiene una capacidad similar que permite al usuario ver videos a la hora más conveniente.

Esta es la razón principal por la cual muchas compañías de Televisión de paga, Televisoras y Telefónicas están invirtiendo mucho dinero en el desarrollo de la IPTV, para hacerla competitiva.

### **5.1. PRINCIPALES SISTEMAS DE IPTV EN OPERACIÓN**

Los sistemas y servicios de IPTV están creciendo rápidamente, siendo Europa la región que está liderando este crecimiento. De entre los despliegues más importantes conviene destacar el servicio Imagenio de Telefónica, lanzado en España comercialmente en 2004 que cuenta en la actualidad con más de 300,000 usuarios. También en España, a finales de 2005, Jazztel empezó a prestar este tipo de servicios con el nombre Jazztelia TV. Otras ofertas audiovisuales en este sentido son Orange (Orange TV) y Superbanda. Y se espera que Ya.com (Deutsche Telekom) se una al grupo de operadores que ofrecen este servicio.

Otros despliegues importantes en Europa son los de France Telecom con su servicio MaLigne TV lanzado en 2003 y con casi 400,000 usuarios en la actualidad, y FastWeb en Italia con 350,000 usuarios. En el resto de Europa también diversas compañías empiezan a ofrecer sus servicios de IPTV. En el Reino Unido se empieza a desarrollar este tipo de tecnología con su empresa "Kingston interactive TV".

La empresa italiana Fastweb está ofreciendo IPTV sobre redes con conexiones veinte veces mayor que la actual y es uno de los mayores referentes en Europa de estos servicios. Como muestra adicional de su liderazgo en IPTV, el operador TDC, proveedor de Telecomunicaciones y operador de TV líder de Dinamarca, desplegó un servicio comercial de IPTV en todo ese país. Con el reciente lanzamiento de TDC TV, se inauguró la red de Televisión interactiva más avanzada y de mayor extensión de Dinamarca con servicios disponibles en más de 1.6 millones de domicilios. El compromiso es ayudar a los proveedores de servicios a ofrecer servicios de Televisión verdaderamente convergentes, con esto se obtuvo una posición de liderazgo en el área de servicios de Televisión interactiva y en la actualidad proporciona servicios de Televisión, vídeo y música. Los usuarios del servicio TDC TV disponen de programas de entretenimiento con gran riqueza de contenidos, acceso de banda ancha y servicio de telefonía. TDC está desempeñando un papel de liderazgo en el mercado, como pionero en la entrega de servicios de IPTV en la región Nórdica.

En Estados Unidos las compañías Verizon y BellSouth están comenzando a ofrecer sus servicios en este campo y a desarrollar sus infraestructuras.

Verizon Communications ha tomado un acercamiento híbrido a IPTV que combina algunas tecnologías de entrega tradicional de video por IP. Esta empresa con base en Texas, ha estado construyendo una nueva red de fibra óptica llamada Fios, que es el paso delante de AT&T tanto en términos de suscriptores como de rasgos ofrecidos. Verizon ha estado



ofreciendo una capacidad similar sobre su servicio de TV Fios durante casi un año. Pero Graczyk de Microsoft manifestó que la versión de su compañía es mucho fácil de usar.

Por contraste, Graczyk explicó que la solución de Verizon requiere que los suscriptores del servicio configuren manualmente sus computadoras y el Software de transmisión, para tener acceso al servicio.

BellSouth Corporation es una empresa de comunicaciones con sede en Atlanta, Georgia, y una empresa matriz de Cingular Wireless, el mayor proveedor de voz y de datos inalámbricos de la nación. BellSouth ofrece el paquete de servicios de voz y datos más completo e innovador del mercado. Los usuarios particulares o residenciales y de pequeñas empresas pueden combinar sus servicios de llamadas locales y de larga distancia con el acceso a Internet por Dial-Up o de alta velocidad DSL, la Televisión satelital y el servicio Cingular Wireless. Para las empresas, BellSouth provee soluciones seguras y confiables para redes de voz y datos locales o de larga distancia.

Al aprovechar las nuevas tecnologías DSL, cable de cobre y las cinco millones de millas de cableado de fibra óptica, BellSouth se propone evaluar una oferta de video rica en prestaciones. BellSouth también continuará expandiendo su red FTTC (Fiber-To-The-Curb), que actualmente llega a un millón de hogares, a 180,000 clientes adicionales por año. BellSouth está en este momento finalizando la evaluación de su Hardware y Software de IPTV en sus laboratorios y luego extenderá estas pruebas a terminales receptoras (Set Top Boxes) en hogares de clientes elegidos para la evaluación.

En Chile, Telefónica Chile lanzó durante junio del 2007 su servicio de IPTV, que complementa su actual servicio de Televisión Satelital, llamado "Telefónica TV Digital", para ofrecer diversos servicios interactivos como Video bajo Demanda, entre otros, incluso la empresa Telefónica del Sur también planea lanzar próximamente este servicio para así complementar su actual oferta de Televisión proporcionada por DirecTV.

Con todos éstos nombres y números mencionados, se muestra que las compañías más importantes de Televisión, Telefónicas y de Cable en el Mundo están apostando todos sus esfuerzos y recursos en el ofrecimiento de la IPTV, debido a que en la mayoría de países se ha tenido una buena demanda, además se está teniendo un desarrollo cada vez mayor, lo que indica su buena aceptación en el mundo.

## **5.2. DESARROLLO DE TECNOLOGÍA**

Hace aproximadamente cuatro o cinco años, el mercado de la IPTV apenas existía, pero en los últimos años han surgido varios operadores, además de miles de suscriptores que usan los servicios ofrecidos por éstos sistemas.

A medida que pase el tiempo, las compañías (Telefónicas y de Televisión por cable) irán perfeccionando y mejorando los contenidos que ofrecen para la Televisión sobre IP. Para ofrecer un mayor número de canales, puesto que el límite virtual solo lo pone la capacidad de los servidores. Se estima que en 2009 la Televisión sobre IP represente un 10% del total de Televisión de paga en Europa. A corto plazo y dependiendo de la medida que se vaya difundiendo, evolucionará la manera de ver la Televisión. Será posible ver a la hora deseada la película o programa esperado y se transmiten solo los programas preferidos por el cliente. Esto será un verdadero servicio de Televisión a la carta, confeccionada completamente al gusto de cada usuario.

Algunas de las estadísticas de las empresas de investigación de mercados dicen que al terminar el 2006 había 7.2 millones de usuarios del servicio de IPTV en todo el mundo y se presenta un crecimiento anual de 166 por ciento. Esta tecnología presenta un total de volumen de negocios proyectado a multiplicarse por dos cada año hasta, al menos, el año 2011, lo que indica su crecimiento acelerado.

Otras estadísticas interesantes, es que AT&T anunció inversiones por 4 mil 600 millones de dólares para extender su red de IPTV a 19 millones de hogares para fines de 2008 (lo que representa un 38 por ciento del mercado de Comcast, la principal cablera estadounidense). Mientras tanto en Europa, se estima que los suscriptores de IPTV pasaron de 2.9 millones, existentes en el 2006 a 5.6 millones al término de 2007, es decir, casi el doble de usuarios en un solo año.

Aunque, algunos estudios muestran que el 46% de las personas censadas en diferentes países de Europa y América, no conoce aún el término IPTV, el estudio también refleja que los servicios IPTV pueden llegar a interesar a este tipo de personas. En este sentido, el 28% de las personas señala en el estudio que le interesa que esos servicios les facilite un mayor acceso para poder ver más películas; seguido del 27% que desea poder crear su propio canal para ver los programas cuando se desea. Sobre las ventajas de suscribirse a un servicio de IPTV, el mayor número de encuestados (el 76%) seleccionó ver menos publicidad, opción seguida de la posibilidad de escoger programas especiales, tipo documentales (el 72%).

Los números anteriores muestran las tendencias y aplicaciones que se tienen previstas para el futuro de la Televisión mundial y las ventajas que representa la transmisión de servicios de IPTV, sin duda alguna la mayoría de las personas que conocen este tipo de tecnología tiene un gran interés en los servicios de IPTV. Esto es principalmente porque su tecnología en general puede ser capaz de soportar casi cualquier tipo de aplicación o servicio de valor agregado sin necesidad de dispositivos extra, lo que genera un costo menor para el usuario y una mayor facilidad de operación para los proveedores del servicio.

Es importante saber que están surgiendo algunas áreas en la Televisión de paga con el desarrollo de la IPTV, estas áreas pueden ser la transmisión de Televisión para teléfonos celulares. En el año 2005, la empresa Nextel anunció un trato con varias de las más importantes compañías de Televisión por cable, incluyendo Comcast, Comunicaciones

Cox y Time Warner para permitir que estas compañías de cable puedan vender servicios de Televisión inalámbricos con su programación, además del servicio de teléfono e Internet de Alta velocidad. Esta es otra de las posibles áreas que se desarrollen con el surgimiento de la IPTV, conocida como "Cuádruple Play", que simplemente significa que los operadores deben proporcionar los servicios de Voz, Datos y Video, además estos servicios estarán disponibles para los dispositivos móviles, como celulares, PDA's, Lap Tops, etcétera.

Bajo este servicio, un correo de voz sencillo puede estar disponible en un celular o para el teléfono de casa, además la cantidad de contenido disponible para ver en ciertos tipos de teléfonos celulares podrían incrementarse significativamente ya que los clientes podrían ver los programas almacenados en sus videograbadoras caseras, así como programar su grabadora vía remota gracias a su teléfono celular. Aunque esto está un poco prematuro todavía, ya se están discutiendo las cuotas que van a estar asociadas con la Televisión por celular, lo que indica que los operadores están muy interesados en el ofrecimiento de este tipo de servicios. Además, los suscriptores están dispuestos a pagar las cantidades sugeridas por los operadores, lo que sugiere un posible mercado potencial.

Inicialmente, la mayoría de programas de Televisión vista en celulares será transmitida también por Televisión. Sin embargo, en un futuro se espera una combinación de transmisión digital y transmisión IP, lo que proporciona una nueva tecnología de transmisión conocida como transmisión de datos IP sobre DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld), lo que por simplicidad será conocido como transmisión de datos IP.

Con la transmisión de datos IP, la cantidad de datos necesarios para transmitir un canal de Televisión será reducido a entre 128 kbps y 384 kbps, esto es, porque la pantalla en la cual el video será observado es más pequeña que una Televisión regular. Esta reducción en la velocidad de datos transmitidos permite ofrecer aproximadamente 30 canales de Televisión sobre el mismo ancho de banda utilizado para transmitir un canal analógico de Televisión.

En un futuro las transmisiones de Televisión analógicas serán retiradas en los siguientes años, lo que permite la posibilidad de que cientos de canales de Televisión puedan estar disponibles en pantalla pequeña. Además, cada transmisión de datos IP para celulares podría tener una dirección IP única, esto puede ser útil para un grupo de usuarios de celulares que seleccionan un programa particular para que pueda ser visto como un canal bajo Demanda, lo que trae como resultado el desarrollo de otra versión de IPTV inalámbrico.

Estas son algunas de las posibles variaciones que se pueden obtener con el desarrollo de la IPTV, por lo que solo queda esperar a que se expanda por completo este tipo de servicios y que los operadores sigan invirtiendo en la instalación de equipo para que pueda estar disponible en todas las ciudades, además es necesario que la cantidad de contenidos ofrecidos crezca cada vez más rápido, para propiciar la variedad en todos los

diferentes tipos de contenidos, ofreciendo una gran variedad de programas para cada uno de los usuarios de IPTV.

### **5.3. FUTURO PRÓXIMO EN MÉXICO**

La joven convergencia tecnológica mexicana está por desarrollar un servicio completamente nuevo: la Televisión mediante Protocolo de Internet (IPTV). Sin embargo, los problemas provocados por el inminente surgimiento de esta tecnología, se intensifican por el retraso de la fecha establecida originalmente para el lanzamiento.

El nuevo servicio de IPTV, no es uno más de los miles de servicios de Televisión o video digitales de los que podemos disponer en una importante cantidad de sitios en Internet (como YouTube), sino que representa la tecnología que permite la distribución de contenidos de video y Televisión, por suscripción o pago, a través de conexiones de banda ancha utilizando el Protocolo de Internet.

Las opciones disponibles (canales de Televisión, inclusive en Alta Definición, contenidos bajo Demanda, canales de audio, grabación de programas, retransmisión de escenas, guías de programación y servicios interactivos, entre otras) son prácticamente las mismas que ofrecen las empresas de Televisión por Cable, con la diferencia de que se transmiten, ya lo decíamos, por una red de banda ancha de Internet.

Las empresas de telefonía son las que principalmente han contribuido con el desarrollo de la IPTV en diversas partes del mundo. En Estados Unidos destaca la poderosa AT&T; en Europa son punta de la lanza France Telecom, Orange y Telefónica.

En lo que se refiere a México, Maxcom ya lanzó su servicio de IPTV, por lo que se está cambiando el formato en el modelo de negocio de muchas empresas. Esto es porque se están definiendo los esquemas de cobro y los contenidos. La telefónica invirtió aproximadamente 40 millones de dólares.

Con esto, México entró en un negocio que generará más de 17,000 millones de dólares a nivel global. También Televisa y Telmex dieron los primeros pasos en Esmas y Prodigy TV respectivamente. Sin embargo, son proyectos de prueba y ninguno va tan avanzado como el de Maxcom, que tiene varios canales listos, incluyendo uno con películas a la carta.

El surgimiento de IPTV en México permite la generación de un modelo nuevo y su éxito lo determinará la variedad en los contenidos, los esquemas de precio y la capacidad de los proveedores de dar servicios en paquete.

Las posibilidades son casi tan ilimitadas como todo lo que sucede en Internet. De acuerdo con los analistas, las telefónicas ven en la IPTV una forma para equilibrar sus declinantes ingresos de la telefonía local. Las televisoras podrían armar paquetes con sus contenidos

y las cableras, que podrían resentir una mayor competencia, podrían aprovechar el esquema para incorporar nuevos canales.

Gracias a lo anterior, ninguna de las compañías de telecomunicaciones se puede considerar excluido. Además, los usuarios podrán ver sus contenidos cuando quieran y tendrán más poder en sus manos. El reto será para quienes conforman el ecosistema del formato IPTV: fabricantes de equipo, operadores de redes, productores de contenidos y un universo de participantes peleando por dar una nueva cara a un viejo conocido, la Televisión.

Hoy en día, Cablevisión Digital y Televisa, ofrecen programación en Alta Definición. Por lo que, ahora los clientes de Cablevisión podrán ver sus series favoritas, sus eventos deportivos, las noticias locales y las películas con una imagen cristalina, color brillante y sonido increíble. Cablevisión Digital dedica un conjunto de casi 10 canales a la programación en Alta Definición, eventos deportivos, programas sobre la naturaleza, historia y eventos actuales y todos cobran vida como nunca antes en Alta Definición. Además, muy pronto los canales Premium como HBO y Cinemax transmitirán películas en Alta Definición para una experiencia genuina de cine en casa. Estos nuevos estándares de la industria demuestran que la programación en Alta Definición llegó para quedarse, y seguirá aumentando en los meses venideros. Es hacia donde se dirige el futuro de la Televisión mexicana.

En general, aunque no se descarta el futuro del IPTV en México, existen algunas limitaciones. Por ejemplo, para ver un canal analógico comprimido, es necesario alrededor de 1 Mbps de Ancho de Banda, pero no todas las conexiones en México llegan a tal velocidad. Para ver un canal en HDTV se necesitan aproximadamente 8 Mbps, velocidades alcanzadas en Asia, pero no en México.

Ahora, con TIVO, se complica aun más lo de la IPTV. En México, algunos de los hogares cuentan con estos aparatos, que te deja ver un programa mientras grabas otro, en tiempo real, debido a que el aparato cuenta con dos sintonizadores. Entonces, lo mínimo necesario es el doble de Ancho de Banda, algo así como 2 Mbps para Televisión analógica, y 16 Mbps para HDTV.

La empresa líder en investigación y consultoría de Telecomunicaciones para los mercados de América Latina y el Caribe, presenta en su estudio que la IPTV enfrenta varios obstáculos para desembarcar en México. Para observar un horizonte más claro sobre el futuro cercano de la Televisión sobre el Protocolo de Internet (IPTV), se menciona lo siguiente.

El despegue de IPTV en México dependerá de diversas variables y deberá superar varios obstáculos regulatorios, técnicos y financieros. Adicionalmente, el desarrollo de IPTV se verá desacelerado en aquellos países donde los operadores fijos ya ofrezcan servicios de video por medio de otras alternativas, como el CATV. Por lo tanto es de esperarse que los operadores fijos en México intenten expandir sus licencias de Televisión de paga o

adquirir este tipo de operadores, con el objetivo de acelerar su incursión en el mercado de la Televisión restringida y eliminar grandes inversiones requeridas para la habilitación de IPTV.

Signals Telecom Consulting presenta su estudio sobre IPTV y los obstáculos que enfrenta para ofrecerse en México. El documento presenta un exhaustivo análisis sobre el presente y el futuro del servicio de IPTV, por lo que menciona que viene ganando espacio en la agenda de los operadores y proveedores de infraestructura en México.

La superioridad de la IPTV sobre la oferta actual sólo podrá destacarse en la medida que sean explotadas todas las ventajas comparativas del servicio, es decir, que IPTV sea ofrecido al usuario en un paquete Triple Play con todas las aplicaciones conjuntas que permitan la interacción de la Televisión con el Internet y la Telefonía.

Para que IPTV tenga posibilidades de desarrollarse, debe existir un mercado maduro de banda ancha y en este sentido México muestra cierto retraso. Signals Telecom Consulting observa que existen cuatro factores fundamentales que impiden el desarrollo del mercado de banda ancha: la falta de una infraestructura de telecomunicaciones adecuada, un bajo nivel de PIB per cápita, la falta de terminales para acceder al servicio (PCs) y los altos costos de los planes de banda ancha (que incluye los costos de instalación y la tarifa mensual). Estas características negativas son determinantes en el retraso de México en términos de banda ancha.

No obstante, los índices de banda ancha que presenta México no son el único obstáculo para el advenimiento de IPTV. Existen otras tres barreras para el desarrollo de IPTV: barreras técnicas, barreras financieras y barreras regulatorias.

El servicio de IPTV requiere la disponibilidad de un ancho de banda muy superior al necesario para los servicios actuales de voz y datos y la infraestructura de la gran mayoría de los operadores aún no posee las capacidades suficientes para ofrecer IPTV. Mientras que para pensar en IPTV se debe contar con una llegada de entre 15 Mbps y 20 Mbps al usuario final, en la República Mexicana estas cifras están muy lejos, ya que no superan un límite de 2 Mbps.

Las barreras financieras se presentan desde varios puntos de vista: el costo de los equipos para brindar IPTV así como los dispositivos que deben ser instalados en la residencia del usuario presentan un alto costo debido, principalmente, a la falta de escala. El costo mensual fijo del servicio también aparece como una barrera financiera para la adopción de IPTV en nuestro país. Si en Europa los servicios de IPTV más económicos son brindados con un costo mensual fijo de \$ 22.60 dólares (sin impuestos), más \$ 7.75 dólares por el alquiler del decodificador (sin contar los diferentes servicios, por ejemplo, el Video bajo Demanda que cuesta \$ 3.60 dólares por cada programa contratado) en México estos valores se alejan demasiado del bolsillo del ciudadano promedio. En este sentido, la renta per cápita de los mexicanos se encuentra muy por debajo de los niveles de las

naciones más desarrolladas del mundo, también representa un gran impedimento para la adopción de nuevos servicios como la IPTV.

En cuanto a la barrera regulatoria, se resalta que el tema de IPTV generará en varias de las jurisdicciones de México una confusión regulatoria, esto por el hecho de fusionar servicios tradicionalmente regulados por entes gubernamentales diferentes. Adicionalmente, la lentitud de la mayoría de los entes regionales para dictar una política definida sobre temas de convergencia, por ejemplo la implementación de una licencia única para todo tipo de servicios de Telecomunicaciones se presenta como un obstáculo para la rápida implementación de IPTV por los operadores regionales.

Por último se observa que la principal compañía de telefonía que podría estar a la cabeza del movimiento de IPTV en el país es Telmex. Sin embargo, la velocidad del lanzamiento de servicios de IPTV como también el nivel de cobertura geográfica dependerá del desenlace de los intentos por parte de Telmex de expandir su licencia de servicios de CATV o de adquirir operadores de CATV como Cablevisión. Este tipo de adquisiciones diversificará la oferta de servicios de banda ancha del operador, eliminará un competidor de banda ancha y desincentivará el lanzamiento de IPTV pues Telmex contará con redes que ofrecerán servicios de TV restringida sin necesidad de las altas inversiones, como las requeridas para IPTV.

En suma, el desarrollo e implantación del servicio de IPTV en México depende de varios factores y como el desarrollo es lento, aún se ve lejos la posibilidad de presencia del servicio en todo nuestro país. Su desarrollo, aunque es inminente, espera que el trabajo en la instalación de la infraestructura necesaria para el ofrecimiento del servicio se tenga en completo funcionamiento, para empezar a ofrecer los diferentes servicios. Además, las diferentes entidades regulatorias ya están trabajando en lo que se refiere a las Normas que regirán este servicio.

En México, los principales operadores del servicio de IPTV, son Maxcom y Telmex, aunque no se descarta la entrada de nuevos operadores que ofrezcan este tipo de servicio, algunos de ellos pueden ser las compañías Televisoras y las que ofrecen actualmente sus servicios de CATV.

#### **5.4. IMPACTO DE LA IPTV**

El principal impacto de la IPTV se presenta en la entrega de video, pero además, la prestación de este servicio será muy esperada por traer muchos cambios, en general existen tres áreas en las cuáles la IPTV presenta grandes cambios.

Estas áreas son el contenido, la convergencia y la interactividad.



- **Contenido**

El servicio de IPTV permite al usuario, además de seleccionar el canal de Televisión que desea ver, escoger cualquier tipo de película, programa, video u otro tipo de contenido que podrá ser transmitido bajo Demanda. Esto significa que la rapidez para promover las diferentes ventajas de IPTV requiere que los proveedores del servicio presenten algunos acuerdos con las compañías Televisoras y los estudios de películas, esto con el fin de ofrecer un contenido mucho más extenso en comparación al contenido de Televisión convencional que transmiten en la actualidad los operadores de CATV o DVB-S, ya que solo proporcionan una parte de programas bajo Demanda. Asumiendo que los proveedores del servicio de IPTV tienen éxito con las compañías Televisoras, se espera que el contenido disponible para el servicio de IPTV sea de una magnitud mucho mayor a la Televisión convencional que se transmite actualmente, lo que implica un aumento potencial en el número de usuarios.

- **Convergencia**

A través de la instalación de líneas de acceso a Internet de alta velocidad para ofrecer el servicio de IPTV, es posible proporcionar a los usuarios la capacidad de recibir contenidos de video, datos de Internet y de telefonía sobre IP y con la utilización de una sola conexión de red común para el proveedor. Además, de otras aplicaciones que se pueden proporcionar eventualmente sobre la línea de acceso común. Así, el uso de una red IP puede ser muy necesario en casa, por la facilidad que ofrece para recibir muchas aplicaciones sobre el mismo servicio de red, este efecto promueve la convergencia de aplicaciones dentro de un mismo transporte, común y sencillo.

- **Interactividad**

La interactividad representa el tercer mayor impacto que la IPTV puede ofrecer a la ya existente industria de transmisión de Televisión. Una red IP proporciona la facilidad de transmisión bidireccional. Esto hace posible el uso de un control remoto de Televisión, teclado de Computadora, consola de video juegos o algún otro dispositivo para seleccionar el contenido que se desea ver. Además, se puede iniciar una sesión de video chat, contestar una llamada telefónica a través de las bocinas de una Televisión o tener otras funciones que actualmente se presentan como servicios de películas de ciencia ficción. Pero, la capacidad bidireccional de las redes IP pueden permitir un buen resultado en el desarrollo de aplicaciones que podrían escucharse difíciles o imposibles para su funcionamiento en los sistemas de Televisión convencional, pero que dentro de un ambiente de IPTV pueden encontrarse las herramientas adecuadas para su buen desarrollo y aplicación.

## **5.6. REGULACIÓN DE LA IPTV**

En México existe una falta de política pública verdadera en la materia de Telecomunicaciones y Radiodifusión, que ha provocado una serie de irregularidades y

una falta de normas que plateen las recomendaciones tecnológicas, de infraestructura, regulaciones, de derechos de autor, etcétera.

Que no permite ofrecer a los usuarios un servicio de buena calidad y a buen precio. En el caso de los operadores, se necesita un marco legal flexible, con buena competencia, la entrada de nuevos operadores, la contribución en innovación y calidad.

Los problemas más importantes en la actualidad es la posibilidad de que Telmex adquiera los derechos para transmitir señal de televisión ha provocado reacción entre los operadores de cable a nivel nacional. Debido a que la entrada de Telmex de manera inmediata sin una regulación asimétrica que pudiera dar equilibrio al mercado, provocaría que en el corto plazo que los consumidores tuvieran que pagar un mayor precio no sólo por los servicios de telecomunicaciones, sino también por los de video. En cambio, Telmex señala que la discusión se debe centrar en los beneficios que obtendrían los televidentes con una mayor oferta y mejoras tecnológicas.

Finalmente, si la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) siguen evitando la normalización del servicio de IPTV, se obtiene un retraso en la oferta de esta tecnología y mayores problemas entre los operadores. En México, cuando se dé la convergencia total van a tener los usuarios al final más opciones de calidad de servicios, ciertamente de precio en los tres servicios que incorpora la famosa convergencia que son Telefonía, Televisión e Internet.



## CONCLUSIONES

El dinamismo de la industria de la Televisión Digital y sus diferentes opciones de transmisión en la actualidad esta provocando un proceso de cambio en el sector de las Telecomunicaciones en México. Debido a que ante la posibilidad de otorgar servicios de transmisión de voz y datos además del video, los diferentes concesionarios han comenzado a invertir grandes cantidades de dinero en infraestructura para proveer este tipo de servicios.

Este entorno de la industria de IPTV se vuelve favorable para los operadores los cuáles se encuentran en un periodo de crecimiento constante, ya que su industria ha estado creciendo un promedio de 5 % anual durante los últimos 5 años. Esto debido al gran número de concesiones que ha otorgado el gobierno para expandir la cobertura a un mayor número de poblaciones dentro del país.

Aunque se espera que se realicen cambios en la regulación actual para que se incluyan los servicios de transmisión de voz y datos para los diferentes operadores de CATV, así como la transmisión de señales de video para los operadores de servicio telefónico.

Con lo anterior, cada uno de los operadores que pretenda ofrecer servicios de IPTV, debe darse cuenta que para es necesario que ofrezca un servicio de gran calidad y a un costo bajo, para que un mayor número de usuarios se incline a contratar sus servicios. Por otro lado, los usuarios disfrutará de un gran número de ofertas y operadores disponibles para escoger.

Con la competencia que tendrán los operadores provocará una mejor oferta para los usuarios, además de que el servicio será de mayor calidad. Además, los operadores darse cuenta que tratan de llegar a alguien que ya está viendo Televisión, por lo que necesitan comprender qué es lo que le interesa a los usuarios y así ofrecer servicios de valor añadido que les permita generar más ingresos

IPTV significa personalización de la programación, control sobre la reproducción, grabación remota de programas, herramientas de búsqueda y lanzamiento de contenidos de servicios interactivos que generarán nuevas fuentes de ingresos a los operadores. Así, es imperativo para todos los operadores de Telecomunicaciones que quieran tener éxito como proveedores de servicios de IPTV que desarrollen la infraestructura y la flexibilidad de negocio necesaria para permitir que los creadores de contenidos puedan hacer tres cosas que consideran esenciales: promocionar sus contenidos, maximizar los ingresos de su publicidad y medir con exactitud la audiencia.

De esta forma, los operadores sobrepasarán su actual papel y superarán su principal reto: evitar ser desterrados por los que poseen los contenidos. A través de unos servicios bien planificados, los operadores de telecomunicaciones harán posible servicios mucho más avanzados que los de cualquier proveedor de cable o satélite es capaz de ofrecer actualmente.

El modelo a establecer sería muy simple. Como el operador de la red es capaz de determinar con exactitud el perfil de los televidentes, el proveedor de contenidos vendería toda la publicidad de sus canales y pagaría al operador una parte de ella por ofrecerla a la audiencia adecuada.

Esto crearía valor para toda la cadena. Los anunciantes conseguirían una mejor relación con el consumidor, los creadores de contenidos mejorarían su relación con los anunciantes, que son la esencia de su negocio, y los operadores lo mismo porque supone otra fuente de ingresos para su negocio que no proviene del consumidor y además, al conseguir dirigir los anuncios sólo a quienes les puedan interesar y hacerlos más interactivos, el consumidor también está más satisfecho.

Para ofrecer esta clase de servicios los operadores de telecomunicaciones necesitarán un enorme centro de datos que almacene vídeo y gestione los servicios de IPTV. Estiman que un servidor podría soportar entre 10 y 250 abonados, estos servicios están orientados a millones de usuarios, por lo que serían necesarios miles de servidores. Por lo que es necesario empezar a introducir el concepto de tecnología sostenible e innovar para crear nuevos productos que ayuden a minimizar el impacto sobre el medio ambiente.

Es necesario reconsiderar las oportunidades y los retos que supone la revolucionaria tecnología de la IPTV. Se trata de una nueva forma de consumir programación que permitirá a todas las partes implicadas en la cadena de valor maximizar sus ingresos. Pero también implica la necesidad de gestionar eficazmente la potente plataforma tecnológica necesaria y su enorme consumo energético.

Para la IPTV los nuevos servicios de valor agregado son los comodines del futuro, el Video bajo Demanda y la grabación diferida del video en vivo son claves, se va hacia integraciones mayores, la próxima es el hogar digital. Los operadores no deben perder de vista que el contenido es el rey, buscar oportunidades de nuevos servicios y productos en el comportamiento cotidiano de los clientes, observar qué servicios interactivos demandan atender sus necesidades de creación de redes y comunidades, incorporar sus propios contenidos, personalizar las características de los servicios por perfiles de usuarios y profundizar hacia cada individuo, presentarles experiencias de uso y servicios tangibles, implementar dispositivos inteligentes y de uso práctico y simple, aprender de las experiencias previas en Europa y Asia, analizar América Latina en la diversidad de cada país y sector social.

El tono general de las presentaciones fue altamente entusiasta respecto del futuro de la Televisión por IP y en los casos más optimistas rememoraban las sensaciones de euforia de la época del globo de Internet. De hecho, las proyecciones existentes siguen haciéndose a una década, pero hasta que las regulaciones den vía libre a la implementación de los servicios, se abaraten los precios de los insumos y se pueda observar cómo se acomoda el mercado y responden los consumidores, será difícil augurar con precisión cómo se desarrollará el mercado.

En México, la telefónica Maxcom tenía el objetivo de iniciar, la IPTV en la capital de Puebla y convertirse en pionera de esta tecnología con una inversión de 40 millones de dólares. Sin embargo, Maxcom ha tenido algunos problemas porque Televisa no ha querido venderle el contenido de sus canales de Televisión abierta. Maxcom presentó el 3 de julio de 2007 una demanda ante la Comisión Federal de Competencia (CFC) por prácticas monopólicas implementadas por la empresa de Emilio Azcárraga. La telefónica dio a conocer que, con excepción de Televisa, hubo acuerdo con todos los proveedores de contenido contactados, inclusive con Televisión Azteca.

Maxcom tiene claro que sin los canales de Televisa su servicio IPTV estaría incompleto y podría no tener el éxito deseado. DirecTV es un referente constante de lo que podría ocurrir a otros competidores de Televisión restringida en caso de no disponer de esa oferta. Por eso es que la telefónica inició una nueva guerra contra Televisa.

La IPTV de Maxcom nacerá con la bendición de su madrina, Televisa y en el caso de la IPTV de Telmex, ésta seguirá en espera por la falta de un alguien que asuma la decisión y el costo político de quitarle la prohibición a esta última empresa para ofrecer servicios de Televisión de paga, aunque el producto está listo desde hace meses.

Aún cuando operen estos sistemas, el ambiente para el desarrollo de más IPTV's es adverso. México ocupaba hasta el segundo semestre de 2006 el último lugar de los 30 países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en conectividad de banda ancha, con 3.5 conexiones de alta velocidad por cada 100 habitantes.

Con todo lo anterior, podemos ver que existen muchos operadores interesados en generar la tecnología suficiente para el desarrollo de la IPTV y aunque existan algunos problemas regulatorios, en poco tiempo se estará ofreciendo en México la nueva forma de ver Televisión.

Pero, para tener un buen funcionamiento en este sistema de Televisión, es necesario mejorar la infraestructura de red para aumentar el número de conexiones de banda ancha por parte de las compañías telefónicas y televisoras por cable. Este es el paso más complicado y que puede frenar el desarrollo de la IPTV, principalmente en zonas rurales y de bajos recursos.

Es necesario marcar la importancia de los contenidos, esto es básico para ofrecer el sistema de IPTV. Los operadores deben tener mejores acuerdos con las televisoras locales y nacionales, además de algunas televisoras extranjeras para tener un mayor número de programas en formato digital. Este punto es clave para que la aceptación de la IPTV sea mejor.

Por parte de los usuarios, éstos deben estar preparados para escoger la mejor opción de contratación del servicio de IPTV, además de estar informados de los costos y servicios de valor agregado que son ofrecidos y cuál es la opción más conveniente y de mejor calidad.





---

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

- **AAC.** Codificación de Audio Avanzada.
- **ADSL.** Línea de Suscripción Digital Asimétrica.
- **Analógico.** Señales definidas en amplitud para cualquier instante de tiempo.
- **Ancho de Banda (Band Width).** Número de bits por segundo que son soportados por un canal de comunicación.
- **Arquitecturas de Red.** Formas de conexión que presentan las redes de datos.
- **ATSC.** Comité de Sistemas de Televisión Avanzada.
- **CATV.** Community Antenna Television Systems.
- **CCIR.** Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones
- **Compresión.** Procedimiento utilizado para disminuir la cantidad de información de un archivo para un menor espacio de almacenamiento o transmisión.
- **Cromático.** De Color.
- **Digital.** Señales definidas en amplitud solo para determinados valores de tiempo.
- **DVB.** Transmisión de Video Digital.
- **Estándar.** Conjunto de reglas que determinan la operación de determinados sistemas para una correcta compatibilidad con otros sistemas.
- **FCC.** Comisión Federal de Comunicaciones.
- **FEC.** Control de Errores de Envío.
- **Frecuencia de Campo, Frecuencia de Trama o Frecuencia vertical.** Número de imágenes parciales o campos por segundo.
- **Frecuencia de Cuadro.** Número de imágenes completas por segundo.
- **Frecuencia de líneas.** Número total de líneas por segundo, es decir, número de líneas multiplicado por la frecuencia de cuadro.
- **Hardware.** Parte tangible de una red de datos.
- **IP.** Protocolo de Internet.
- **IPTV.** Televisión sobre Protocolo de Internet.
- **ISDB.** Transmisión Digital de Servicios Integrados.
- **Luminancia.** Densidad de brillo.
- **MODEM.** Modulador-Demodulador.
- **Monocromático.** Un solo color (Negro).
- **MPEG.** Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento.
- **NASA.** Agencia Nacional para el Estudio del Espacio Exterior.
- **nm.** Nanómetro.
- **NTSC.** Comité Nacional de Sistemas de Televisión.
- **Número de líneas.** Número de líneas contenidas en un cuadro completo.
- **OSI.** Sistemas de Interconexión Abiertos.
- **PAL.** Línea Alternada en Fase.
- **Protocolo.** Conjunto de normas y procedimientos que permiten la interconexión entre diferentes equipos.
- **QoS.** Calidad del Servicio.

- **Redes de Datos.** Conjunto de computadoras o dispositivos que intercambian información y están interconectados por un medio de transmisión.
- **SECAM.** Color Secuencial con Memoria.
- **Software.** Parte intangible de las redes de datos, como programas y códigos.
- **TCP.** Protocolo de Control de Transferencia.
- **TDT.** Televisión Digital Terrestre.
- **TIC.** Tecnologías de la Información y Comunicaciones.
- **Tráfico de Datos.** Envío y recepción de datos digitales por un medio de transmisión.
- **Triple Play.** Servicios que ofrece transmisión de Voz, Datos y Video por el mismo medio de conexión.
- **VoD.** Video Bajo Demanda.
- **VoIP.** Telefonía sobre Protocolo de Internet.

**BIBLIOGRAFÍA**

- “Fundamentos de Televisión”, Limann Otto, Mercombo, S. A.
- “Modern Cable Television Technology: Video, Voice, and Data Communications”, Walter Ciciora, James Farmer, David Large; Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- “Localización de las fallas en la Televisión a Color”, Ing. Mario del Valle; Diana, S. A.
- “Video Engineering”, Andrew F. Inglis, McGraw Hill
- “Understanding IPTV”, Held Gilbert; Auerbach Publications.
- “Modelos de Televisión generalista, temática y convergente con Internet”, Cebrian Herreros Mariano.
- “Digital TV: A Practical Guide for Engineers”, Fisher Walter.
- “Teoría, Técnica y Lenguaje de la Información en TV y Radio: Sistemas Digitales y Analógicos”, Zabaleta Urkiola.
- “Scalable Video onDemand: Adaptive Internet-based Distribution”, Zink Michael.
- “Lighting for Digital Video and TV”, Jackman John.
- “Digital interactive TV and Metadata Future Broadcast Multimedia”, Lugmayr Artur.
- “Newness Guide to Digital TV”, Brice Richard.
- “Digital Video and HDTV: Algorithms and Interfaces”, Poynton Charles.
- “Testing MPEG based IP video QoE/QoS”, Shenick Networks Systems. [www.shenick.com](http://www.shenick.com)
- “Digital Television Modulation Techniques”. [www.abo.fi/ibiorkgv/digitv](http://www.abo.fi/ibiorkgv/digitv)
- “Fundamentals of Digital Television Transmission”, Collins Gerald W. John Wiley & Sons.
- “Introducción al Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales”, Molina R. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial.
- “IPTV. Distribution in Home Networks”, In Tellon No New Wires. [www.intellon.com](http://www.intellon.com)
- “IPTV Guide: Delivering Audio and Video over Broadband”, Cooper William, Lovelace Graham. Informitv. [www.iptv-report.com](http://www.iptv-report.com)
- “Canal de Televisión a través de Redes IP”, Marcelo Eduardo Ziem Cortés.
- “Televisión Digital Vía Satélite”, Alonso Cuevas María José.
- “VoD IPTV Network Implementation”, CISCO. [www.cisco.com](http://www.cisco.com)

## REFERENCIAS

“Evolución histórica de la TV en color”, José Manuel Huidobro, Ingeniero en Telecomunicaciones. <http://www.coit.es/museo/tecnolog/tv/tvcolor/tvcolor.htm>

“Historia de la Televisión”. <http://iteso.mx/~dn43599/historiadelatv.htm>

“Antecedentes Históricos de la Televisión”. <http://www.cirt.com.mx/historiadelatv.html>

“La Televisión y su Evolución Tecnológica”. [http://www.mundo-descargas.com/television/television\\_evolucion\\_tecnologica.htm](http://www.mundo-descargas.com/television/television_evolucion_tecnologica.htm)

“Apuntes para una historia de la televisión mexicana”. Fernando Mejía Barquera. [http://www.video.com.mx/articulos/historia\\_de\\_la\\_television.htm](http://www.video.com.mx/articulos/historia_de_la_television.htm)

“Desafíos de la IPTV para las Telecomunicaciones”, Luis Valle. <http://www.espanol.frecuenciaonline.com/home/contenidos.php?id=75&identificaArticulo=1583>

“Televisión Digital”. [http://www.telesistema.televisa.com.mx/tec\\_tvdigital.htm](http://www.telesistema.televisa.com.mx/tec_tvdigital.htm)

“Cómo funciona un Televisor”, Juan Emilio Serrano, Revista El Mundo.

“El A, B, C de la Televisión de Alta Definición (HDTV)”, Cablevisión.

“La TV Digital ya está cambiando la función de la Televisión”, Jayson Blai. <http://www.clarin.com/diario/2001/01/10/s-244758.htm>

“Televisión Digital de Alta Definición”, Víctor Roberto Vértiz Molina. <http://www.uia.mx/actividades/nuestracom/04/nc125/13.html>

“Televisión Digital Terrestre”. <http://dgsrt.sct.gob.mx/index.php?id=485>, [http://www.cft.gob.mx/wb/COFETEL/COFE\\_Television\\_Digital\\_TDT](http://www.cft.gob.mx/wb/COFETEL/COFE_Television_Digital_TDT)

“Televisión por Cable”. [http://www.radioptica.com/Fibra/catv\\_hfc.asp?pag=3](http://www.radioptica.com/Fibra/catv_hfc.asp?pag=3)

“Televisión Digital y Convergencia”, Ing. Miguel Ángel Pesado. Radiodifusión y Telecomunicaciones

“Definiciones de e-Learning”, referencia Millenium Network. <http://www.informaticamilenium.com.mx/paginas/mn/articulo78.htm>

“Publicidad a la Carta en Televisión, la Frontera Inminente”.  
<http://www.marketingnews.es/Noticias/Internacional/20060728006>

“Video on Demand”, Anabella Costa.

“Ochenta años de Televisión”, Víctor M. Castaño, revista Ciencia Hoy.

“IPTV”, Dr. José Enrique Soriano Sevilla, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

“IPTV, la Televisión del Futuro”.  
[http://www.mundoplus.tv/noticias.php?seccion=tv\\_digital&id=2422](http://www.mundoplus.tv/noticias.php?seccion=tv_digital&id=2422)

“IPTV: el Futuro de los Medios Digitales es Interactivo, Personalizado y Convergente”.  
Lorena Sánchez. <http://www.iptv-latinamerica.com/content/view/29/42/>

“IPTV: Nacimiento con Complicaciones”, Gabriel Sosa Platas. El Universal

“IPTV Versus Internet TV”, Jaime Vallori. <http://mosaic.uoc.edu/articulos/jvallori0507.html>

“Modelos Regulatorios Aplicados a la Banda Ancha”, Comición Federal de Telecomunicaciones. [www.cft.gob.mx](http://www.cft.gob.mx)

“Especificaciones y Requerimientos para la Instalación y Operación de Sistemas de Televisión por Cable”, NOM-05-SCT1-93, Diario Oficial de la Federación.

“Protocolos para Voz IP”, Rodolfo Castañeda Segura, Dirección de Telemática, CICESE.

“Why IPTV/IP Video Transport is Different from Data and Vioce”, IneoQuest Application Note. [www.ineoquest.com](http://www.ineoquest.com)

“La Industria de la TV por Cable y Servicios Triple Play en México”, Tecnología y Negocios.

“Estudio Comparativo de ADSL con otras Tecnologías de Acceso a Internet”.

“IPTV Depende de los Costos de Banda Ancha en México”, Notimex.

“The Impact of IPTV”, Bogaert Hans. Scientific Atlanta. Cisco.