

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO
DE TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA
PARA LA ESPE**

EVELYN VANESSA SAAVEDRA ABARCA

Sangolquí – Ecuador

2009

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA PARA LA ESPE", ha sido desarrollado en su totalidad por el señorita EVELYN VANESSA SAAVEDRA ABARCA con CI: 171603655-1, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Gonzalo Olmedo, Ph.D

DIRECTOR

Ing. Carlos Romero

CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto de grado hace un estudio teórico sobre los modelos y estándares de televisión digital y propone un prototipo de laboratorio de televisión digital con canal de retorno, basado en el estándar DVB-C.

En este trabajo se investiga sobre varios aspectos como: la televisión digital sobre la televisión analógica, nuevos servicios basados en interactividad, análisis de compresión, multiplexación, formación del flujo de transporte, codificación de canal y modulación del estándar americano ATSC, del estándar europeo DVB y del estándar japonés ISDB.

Se identifica y se define los componentes principales que debe tener un sistema de televisión y en base a ello se propone la infraestructura tecnológica mínima que se necesita para la implementación de un laboratorio de televisión digital con fines de experimentación y desarrollo de aplicaciones interactivas para lo cual se presentan las funcionalidades y requisitos para la elección tanto de hardware como software que son parte del laboratorio. Se finaliza con la elección y descripción de las características técnicas de los equipos y componentes de software que servirán para la construcción del laboratorio de TVDi.

DEDICATORIA

Durante mi etapa universitaria he tenido grandes vivencias, de lucha constante, de momentos de éxitos y también de angustias más los deseos de superarme y de lograr culminar satisfactoriamente este objetivo en mi vida me ayudaron a vencer todas las dificultades, es por ello que debo dedicar este triunfo a quienes en todo momento me brindaron su apoyo y sobre todo me llenaron de amor:

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de brindarme su infinita bondad y amor.

A mis padres, José y Mariana.

Por su esfuerzo que permitió mi educación, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos, Yadira y Bryan.

Que son mis grandes amigos y siempre me animan con sus sonrisas....Los quiero mucho.

¡Esta alegría la comparto con ustedes!

AGRADECIMIENTO

A Dios, Por iluminarme el camino a seguir y que siempre está conmigo en todo momentos.

A mi Tutor Académico el Dr. Gonzalo Olmedo, quien más que un profesor es un buen amigo que me brindó la confianza y seguridad para seguir adelante en este proyecto.

A mi familia, por apoyarme económica y sentimentalmente, este trabajo es de todos ustedes.

A mis amigos, con quienes compartimos gratas experiencias y con quienes seguimos conservando la amistad, en especial gracias a Andrés Sandoval, quien me a sido un apoyo constante.

Quiero agradecer sinceramente a todas aquellas personas quienes compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis. En particular al Ing. Wilmar Y. Campo, del Grupo de Ingeniería de Telemática de la Universidad del Cauca.

¡Gracias!

PRÓLOGO

La migración del sistema de televisión analógica hacia un sistema de transmisión digital, se considera como un cambio tan importante como lo fue el paso de la televisión de blanco y negro a color. Considerando la importancia de la televisión digital se justifica la implementación de un Laboratorio de Televisión Digital Interactiva que permita a los estudiantes un mejor estudio de este sistema de comunicación, así como la posibilidad de aportar con nuevos conocimientos que permitan desarrollar mejoras del sistema en favor de las Telecomunicaciones.

El capítulo uno, presenta, una breve introducción a lo que es la televisión digital, especifica sus modelos teniendo en cuenta los diferentes sistemas de transmisión y muestra las ventajas frente al sistema de televisión analógico. Además describe los nuevos servicios y negocios que se podrán ofrecer con la TVDi.

El capítulo dos, describe y analiza los estándares de transmisión digital más populares que se están implementando alrededor del mundo. Se analiza la estructura de cada uno y sus particularidades, especialmente de codificación de canal y modulación.

El capítulo tres, estudia brevemente el formato de compresión MPEG para audio y video utilizados en los diferentes estándares de televisión digital.

El capítulo cuatro, inicia con una introducción sobre la interactividad y sus servicios de prestación, luego, describe los componentes mínimos de un sistema de televisión, además, describe los componentes tanto de hardware como software del Laboratorio de Televisión Digital Interactiva.

Finalmente, el capítulo quinto, nos describe las características técnicas de los elementos de hardware y software que se proponen para el Laboratorio TVDi.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	TELEVISIÓN DIGITAL	2
1.2.1	Características Generales	2
1.2.2	La TV Digital por encima de la TV Analógica	3
1.3	AGENTES DE LA TV DIGITAL	5
1.4	MODELOS DE TELEVISIÓN DIGITAL	6
1.4.1	Modelo de Televisión Digital por Satélite	6
1.4.2	Modelo de Televisión Digital por Cable	8
1.4.3	Modelo de Televisión Digital Terrenal	10
1.4.4	Modelo de Televisión Digital por Microondas	12
1.4.5	Modelo de Televisión Digital IP	13
1.4.6	Cuadro Comparativo entre los Modelos de TV Digital.....	14
1.5	ASPECTOS TECNOLÓGICOS	14

CAPÍTULO II

ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

2.1	GENERALIDADES	16
2.2	ESTÁNDAR AMERICANO, ATSC	17
2.2.1	Antecedentes Generales	17
2.2.2	Capa de Imagen.....	19
2.2.3	Capa de Compresión de Video y Audio	21
2.2.3.1	Compresión de video:	22
2.2.3.2	Compresión de audio:	27
2.2.4	Capa de Transporte	32
2.2.5	Capa de Transmisión	33
2.2.5.1	Codificación de Canal	34
2.2.5.2	Modulación	35

2.3	ESTÁNDAR EUROPEO, DVB	39
2.3.1	Antecedentes Generales	39
2.3.2	DVB-T.....	40
2.3.2.1	Características de la Información Fuente.....	42
2.3.2.2	Especificaciones para Transmisión RF: Codificación de Canal y Modulación	44
2.3.2.3	Tasas de Transmisión	51
2.4	ESTÁNDAR JAPONÉS, ISDB	52
2.4.1	Adopción de Brasil.....	53
2.4.2	Desafío Geográfico	53
2.4.3	EWS - Sistema de Activación Automática	53
2.4.4	Características Técnicas del ISDB-T	54
2.4.5	Estructura del ISDB-T.....	56
2.4.6	Métodos Técnicos para obtener las características del sistema ISDB-T.	58
2.4.6.1	Alta Calidad / Flexibilidad del servicio.....	58
2.4.6.2	Características del sistema de Transmisión (Robustez, Flexibilidad del Sistema de Recepción, Utilización de Frecuencia, Movilidad & Portabilidad)	61
2.4.7	Compatibilidad	69
2.4.8	SERVICIO ONE-SEG EN UN MISMO CANAL.....	70

CAPÍTULO III COMPRESIÓN DIGITAL

3.1	ANTECEDENTES GENERALES	74
3.2	MPEG-2	76
3.2.1	MPEG-2 Vídeo	77
3.2.2	MPEG-2 Audio	78
3.2.3	MPEG-2 Systems	79
3.3	MPEG-4	80

CAPÍTULO IV LABORATORIO DE TELEVISIÓN INTERACTIVA

4.1	INTRODUCCIÓN	83
------------	---------------------------	----

4.2	INTERACTIVIDAD	84
4.2.1	Servicios Interactivos.....	84
4.2.1.1	Servicios de información	84
4.2.1.2	Servicios personalizados.	85
4.2.1.3	Servicios transaccionales.....	85
4.2.2	Aplicaciones interactivas.....	86
4.2.2.1	Oferta de aplicaciones interactivas.....	86
4.2.3	Vista de los componentes mínimos de la TVDi	87
4.3	INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE TVDi	88
4.3.1	Criterios para elección de Componentes	89
4.4	INFRAESTRUCTURA DE HARDWARE	91
4.4.1	PC de producción y desarrollo	92
4.4.2	Servidor de Contenidos y Aplicaciones	92
4.4.3	Servidor de Televisión	92
4.4.4	Sistema de Codificación y Modulación	93
4.4.5	Set Top Box (STB)	94
4.4.6	Arquitectura de un Set-Top Box.....	96
4.4.7	Televisor	97
4.4.8	Tarjeta de Televisión Digital.....	98
4.4.9	Red de datos.....	99
4.5	INFRAESTRUCTURA DE SOFTWARE	99
4.5.1	Servidor de Aplicaciones y Contenidos	99
4.5.2	Aplicación de TV	103
4.5.3	Servidor de <i>Playout</i>	103
4.5.4	Emulador STB	103
4.5.5	Herramienta para la creación de aplicaciones interactivas	104

CAPÍTULO V

HARDWARE Y SOFTWARE

5.1	ELEMENTOS HARDWARE	105
5.1.1	Tarjeta Moduladora DTA-115.....	106
5.1.2	Set Top Box De Desarrollo ADB-Q75 Soporte a MHP.....	107

5.1.3	Set Top Box 3800/10TW	108
5.1.4	Televisor	108
5.1.5	Tarjeta De Televisión Digital Wintv-NOVA-T PCI	109
5.2	ELEMENTOS DE SOFTWARE	110
5.2.1	MAPACHE	110
5.2.1.1	Objetivos de Mapache Server	110
5.2.2	OpenCaster	111
5.2.3	Emulador de Set Top Box XLETVIEW	113
5.2.4	MHPGen	113
5.2.5	WinTV2000	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		116
CONCLUSIONES		116
RECOMENDACIONES		118
ANEXOS		119
A1: DTA-115		120
A2: ADB-3800/10TW		121
A3: WinTV-NOVA-T		123
BIBLIOGRAFÍA		124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre los modelos de TV Digital	14
Tabla 2. Formatos de ATSC	20
Tabla 3. Tipos de servicio de audio de AC-3	30
Tabla 4. Resoluciones de pantalla en DVB.....	43
Tabla 5. Características y Requerimientos ISDB-T	54
Tabla 6. Video. Calidad/formato adoptado en la transmisión digital	59
Tabla 7. Audio Calidad/formato adoptado en la transmisión digital	59
Tabla 8. Ejemplo de parámetros de transmisión (HD + One-seg, en Japón)	68
Tabla 9. Capas de la arquitectura de un STB.....	97
Tabla 10. Elementos de hardware	105
Tabla 11. Estándares de Modulación de la tarjeta DTA-115.....	106
Tabla 12. Elementos de software	110
Tabla 13. Características principales del Servidor de Televisión Open Caster	112

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelo de Televisión Digital por Satélite	7
FIGURA 2. Modelo de Televisión Digital por Cable	8
FIGURA 3. Elementos de una red HCF	9
FIGURA 4. Modelo de Televisión Digital Terrestre	10
FIGURA 5. Esquema del envío de información por medio de ondas hertzianas	11
FIGURA 6. Modelo de Televisión Digital por Microondas	12
FIGURA 7. Modelo de Televisión Digital IP	14
FIGURA 8. La Norma ATSC	18
FIGURA 9. Comparación entre los formatos de video especificados por ATSC.....	19
FIGURA 10. Receptor de imagen	21
FIGURA 11. Dependencia de los tres tipos de imágenes. Estructura de 12 imágenes.....	23
FIGURA 12. Bloque de luminancia.....	24
FIGURA 13. Relación entre bloques de luminancia y crominancia.....	25
FIGURA 14. Distribución secuencial de formación de una rebanada.....	25
FIGURA 15. Matriz de coeficientes DCT y escaneo zigzag	27
FIGURA 16. Sistema AC-3	28
FIGURA 17. DOLBY AC-3	29
FIGURA 18. Estructura del paquete de transporte TS	32
FIGURA 19. Diagrama funcional de la capa de transmisión	33
FIGURA 20. Espectro de la señal modulada 8-VSB (a) Modulada en Banda Lateral Doble con Portadora Suprimida (b) Señal Modulada y Filtrada	37
FIGURA 21. Diagrama general de la norma DVB-T	41
FIGURA 22. Flujo de Transporte (TS)	44
FIGURA 23. Sistema de Codificación en DVB	45
FIGURA 24. Resultado de la adaptación y dispersión de.....	45
FIGURA 25. Reed Solomon (204, 188, T=8)	46

FIGURA 26. Entrelazado Externo con profundidad $l=12$	46
FIGURA 27. Codificador convolucional en DVB-S y DVB-T	47
FIGURA 28. Espectro de portadoras adyacentes en la modulación OFDM.....	48
FIGURA 29. Estados de modulación OFDM.....	49
FIGURA 30. Estructura del sistema de transmisión digital ISDB-T	57
FIGURA 31. Estándar de transmisión digital en Japón	57
FIGURA 32. Formato Multiplexado en el sistema ISDB-T	61
FIGURA 33. Diagrama conceptual para la relación entre la modulación y las longitudes del símbolo.	62
FIGURA 34. Relación de retardo multi path e ISI	63
FIGURA 35. Robustez en contra de la interferencia estática multi-path (3 sistemas DTTB)	64
FIGURA 36. Diagrama de bloques funcional del ISDB-T	65
FIGURA 37. Posición de los circuitos Interleave y su efecto.	66
FIGURA 38. Imagen del “Sistema de transmisión en modo jerárquico” (caso de 2 grupos)	67
FIGURA 39. Relación entre ISDB-T y ISDB-Tsb.....	70
FIGURA 40. Procesamiento de la señal en la recepción de banda ancha y recepción parcial.....	71
FIGURA 41. Flujo de transporte (TS) para transmisión y recepción.....	72
FIGURA 42. Esquema de elementos que conforman un <i>Transport Stream</i>	79
FIGURA 43. Cadena extremo extremo de la TVDi	87
FIGURA 44. Diagrama de despliegue – Laboratorio TVDi	91
FIGURA 45. (a) Set Top Box vista frontal, (b) STB y conexiones periféricas.....	94
FIGURA 46. Esquema de un <i>Set-Top Box</i>	95
FIGURA 47. Alternativas de Recepción.....	98
FIGURA 48. Tipos de Tarjeta de Televisión Digital	98
FIGURA 49. Arquitectura en capas utilizando el Servidor de Aplicaciones	100

GLOSARIO

8-VSB:	<i>8 level - Vestigial Side Band.</i> Banda Lateral Vestigial-8 niveles.
AC-3:	Audio Codec-3.
ADSL:	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line.</i> Línea de Suscripción Digital Asimétrica.
AP:	Alta Prioridad.
API:	<i>Application Program Interface.</i> Interface de Programación de Aplicaciones.
ARIB:	<i>Association of Radio Industries and Businesses.</i> Asociación de Industrias y Negocios de Radio.
ATM:	<i>Asynchronous Transfer Mode.</i> Modo de transferencia asíncrona.
ATSC:	<i>Advanced Television Systems Committee.</i> Comisión de Sistemas de Televisión Avanzada.
BLI:	Banda Lateral Inferior.
BLS:	Banda Lateral Superior.
BP:	Baja Prioridad.
CA:	<i>Conditional Access.</i> Acceso Condicional.
CMS:	<i>Content Management System.</i> Sistema de gestión de contenidos.
COFDM:	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex.</i> Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Codificadas.
D/U:	<i>Desired to Undesired ratio</i> – Relación entre Deseado y No deseado
DASE:	<i>DigitalTV Application Software Environment.</i> Entorno de

Software de Aplicación para TV Digital.

- dB:** Decibel
- DCT:** Discrete Cosine Transform. Transformada Discreta de Coseno.
- DECT:** *Digital Enhanced Cordless Telecommunications.*
Telecomunicaciones Inalámbricas Mejoradas Digitalmente.
- DiBEG:** *Digital Broadcasting Experts Group.* Grupo de Expertos en Transmisión Digital.
- DMB:** *Digital Multimedia Broadcasting.* Emisión Multimedia Digital. (Sistema de TV de Corea del Sur).
- DSM-CC:** *Digital Storage Media - Command and Control.* Medios de Almacenamiento Digital – Comando y Control
- DTS:** *Digital Theater Systems.* Sistemas de Cine Digital.
- DTTB:** *Digital Terrestrial Television Broadcasting.* Transmisión de Televisión Digital Terrestre.
- DVB:** *Digital Video Broadcasting.* Difusión de Video Digital.
- DVB-C:** *DVB - Cable.* DVB - Cable.
- DVB-H:** *DVB - Handheld.* DVB - para Terminales Móviles
- DVB-MC:** *DVB - Microwave Cable Based.* DVB - por Microondas basado en DVB-C
- DVB-MS:** *DVB - Microwave Satellite Based.* DVB - por Microondas basado en DVB-S
- DVB-S:** *DVB - Satellite.* DVB - Satélite.
- DVB-T:** *DVB - Terrestrial.* DVB -Terrestre
- DVC:** *Digital Video Cassette.* Cinta de Video Digital
- DVD:** *Digital Video Disc.* Disco de Video Digital
- D-VHS:** *Digital-Video Home System.* Versión digital del VHS.

ES:	<i>Elementary Stream.</i> Flujo Elemental.
ETS:	<i>European Telecommunication Standard.</i> Estándar Europeo de Telecomunicaciones.
ETSI:	<i>European Telecommunications Standards Institute.</i> Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones
EWS:	<i>Emergency Warning System.</i> Sistema de Alerta de Emergencia.
FEC:	<i>Forward Error Correction.</i> Corrección de Errores.
GOP:	Group of pictures. Grupo de imágenes.
GPL:	<i>General Public Interface.</i> Interfaz General Pública
GSM:	<i>Global System for Mobile communications.</i> Sistema Global para las comunicaciones Móviles
HD:	<i>High Definition.</i> Alta Definición
HDTV:	<i>High Definition TV.</i> Television de Alta Definición.
I:	<i>Interlaced.</i> Entrelazado
ICA:	Interferencia de Canal Adyacente.
IDC:	Interferencia dentro del Canal.
IFFT:	<i>Inverse Fast Fourier Transform.</i> Transformada Rápida de Fourier Inversa.
IP:	<i>Internet Protocol.</i> Protocolo de Internet.
IPTV:	<i>Internet Protocol Television.</i> Televisión Digital IP.
IRD:	<i>Integrated. Receiver/Decoder.</i> Receptor Decodificador Integrado.
IRD:	<i>Integrated Receiver Decoder.</i> Decodificador Receptor Integrado.
ISDB:	<i>Integrated Services Digital Broadcasting.</i> Difusión Digital de Servicios Integrados.

ISDB-C:	<i>ISDB - Cable.</i> ISDB - Cable.
ISDB-S:	<i>ISDB – Satellite.</i> ISDB - Satélite.
ISDB-T:	<i>ISDB – Terrestrial.</i> ISDB - Terrestre.
ISDN:	<i>Integrated Services Digital Network.</i> Red Digital de Servicios Integrados.
ISI:	<i>Inter Symbol Interference.</i> Interferencia Inter Símbolo.
ISO:	<i>International Standards Organization.</i> Organización Internacional para la Estandarización.
ITU:	<i>Internacional Telecommunication Union.</i> Unión Internacional de Telecomunicaciones.
ITU-R:	<i>ITU – Radiocommunication.</i> ITU – Radiocomunicaciones.
LCD:	<i>Liquid Cristal Display.</i> Pantalla de cristal líquido.
LDTV:	<i>Low Definition TV.</i> Televisión de Baja Definición.
MHP:	<i>Multimedia Home Platform.</i>
MMDS:	<i>Microwave Multipoint Distribution System,</i> Sistema de Distribución Multipunto de Microondas.
MPEG:	<i>Moving Picture Experts Group. Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento.</i>
MPEG AAC:	<i>MPEG Advanced Audio Coding.</i> Codificación de Audio Avanzado MPEG
MPEG-4 AVC:	<i>MPEG-4 Advanced Video Codec.</i> Codec de Video Avanzado MPEG-4
Mx:	Multiplexor.
NBC:	<i>Non Backward Compatible.</i> No compatible con versiones anteriores.
NPI:	<i>Net Protocol Independent.</i> Protocolo de Red Independiente.
NTSC:	<i>National Television System Committe.</i> Comisión Nacional de

Sistemas de Televisión.

- OCAP:** *Open Cable Application Platform.*
- OFDM:** *Orthogonal Frequency Division Multiplex.* Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
- P:** *Progressive.* Progresivo
- PAM:** *Pulse Amplitude Modulation.* Modulación por Amplitud de Pulsos.
- PCI:** *Peripheral Component Interconnect.* Interconexión de Componentes Periféricos.
- PCM:** *Pulse Code Modulation.* Modulación por impulsos codificados.
- PDA:** *Personal Digital Assistant.* Asistente Digital Personal.
- PDH:** *Plesichronous Digital Hierarchy.* Jerarquía Digital Plesiócrona
- PES:** *Packet Elementary Stream.* Paquete de Flujo Elemental
- PRBS:** *Pseudo-Random Binary Sequences.* Secuencia Binaria Pseudo-Aleatoria.
- PSTN:** *Public Switched Telephone Network.* Red telefónica pública conmutada.
- QAM:** *Quadrature Amplitude Modulation.* Modulación de Amplitud en Cuadratura.
- QPSK:** *Quadrature Phase Shift Keying.* Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura.
- RCA:** *Radio Corporation of América.* Radio Corporación de América.
- RLC:** *Run Length Encoding.* Codificación de una corrida.
- RTI:** *Real Time Interface.* Interface en tiempo real.
- RTOS:** *Real Time Operative System.* Sistema Operativo en Tiempo Real.
- S/PDIF:** *Sony/Philips Digital Interface Format.* Formato de interfaz

digital Sony/Philips.

SBTVD-T:	Sistema Brasileiro de Televisión Terrestre.
SCART:	<i>Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs, Radio and Television Receiver Manufacturers' Association</i> , del francés Asociación de fabricantes de aparatos de radio y televisión
SD:	<i>Standard Definition</i> . Baja Definición.
SDH:	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> . Jerarquía Digital Sincronizada.
SDTV:	<i>Standard Definition TV</i> . Televisión de Definición Estándar.
SER:	<i>Segment Error Rate</i> . Taza de Error del Segmento.
SFN:	<i>Single Frequency Network</i> . Red de Frecuencia Única.
SI:	<i>Service Information</i> . Servicio de Información.
SMS:	<i>Short Message Service</i> . Servicio de Mensajes Cortos.
SNR:	<i>Signal to Noise Ratio</i> . Relación Señal a Ruido.
STB:	<i>Set Top Box</i> . Receptor Decodificador Integrado.
STB:	<i>Set Top Box</i> . Decodificador.
TCM:	<i>Trellis Coded Modulation</i> . Código de Modulación Trellis.
TDT:	Televisión Digital Terrestre
TS:	<i>Transport Stream</i> . Flujo de transporte.
TV:	Televisión.
TVD:	Televisión Digital
TVDi:	Televisión Digital Interactiva.
UHF:	<i>Ultra High Frequency</i> . Frecuencias ultra altas.
UIT:	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
USB:	<i>Universal Serial Bus</i> . Bus Universal en Serie.
VGA:	<i>Video Graphics Array</i> . Matrix Gráfica de Video.

VHF: *Very High Frequency.* Frecuencias muy altas.

VoD: *Video on demand.* Vídeo bajo demanda.

WAN: *Wide Area Network.* Red de Área Amplia.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA

1.1 INTRODUCCIÓN

La televisión digital interactiva es una realidad de la llamada “sociedad de la información¹” que funciona a partir de la difusión de la televisión directa junto con datos y servicios interactivos que se transportan a través de los sistemas de distribución, logrando mejorar la calidad en la recepción y la visualización de las señales televisivas en dispositivos fijos, móviles y portátiles. En ese sentido, en el futuro se espera que las computadoras unidas con las emisiones televisivas digitales, permitan el desarrollo de sistemas interactivos que se puedan aplicar tanto en la vida cotidiana como en la educación formal y no formal. Las implicaciones que la televisión digital interactiva provocan una reconversión en la tarea de los medios de comunicación y plantean nuevos retos en los poderes públicos y privados.

En el campo educativo, la televisión digital interactiva representa oportunidades de interacción viva con el usuario, y es un campo en el cual se crean muchas expectativas y necesita mayor profundidad de investigación.

¹ **Sociedad de la información.-** Surge de el hecho de poder transformar la información digital en valor económico y social, en conocimiento útil, creando nuevas industrias, nuevos y mejores puestos de trabajo y mejorando la forma de la sociedad en su conjunto a través de un desarrollo basado en el uso del conocimiento.

1.2 TELEVISIÓN DIGITAL

Nos encontramos ante el fin de la Televisión Analógica, el futuro va de la mano de la Televisión Digital. Una analogía para explicar mejor la diferencia entre ellas es “la Televisión Digital es a la Televisión Analógica lo mismo que el CD al disco de acetato”. Aunque los usuarios no notarán una diferencia de imagen demasiado espectacular si podrán hacer otras cosas con ella. Aquí se exponen los puntos más relevantes:

1.2.1 Características Generales

La mayoría de los equipos usados hoy en día para la creación de programas de televisión son digitales. Aunque nosotros todavía recibimos en nuestras casas señales analógicas, su calidad, disponibilidad y sus contenidos de programa, no serían posibles sin una distribución y producción digital.

Cuando observamos un programa en casa, ya venga a través del cable, satélite o terrenal, nos encontramos al final de una cadena de eventos, en los que todos a excepción de la transmisión son digitales.

Las ventajas de una señal digital son las siguientes:

- Las señales son más robustas, ya que en una copia de digital a digital la información se regenera totalmente. Además esta regeneración es sencilla y no necesita de equipos complejos, olvidándonos de ajustes y derivas típicos de la electrónica analógica.
- Se puede realizar la memorización de líneas y cuadros, lo que ha permitido una revolución en lo que a manipulación de imágenes se refiere.
- En gran número de casos los procesos digitales son más económicos que los análogos.

La TV Digital nos proporcionará más canales y mejores calidades de imagen, tanto si hablamos de televisión de calidad estándar (SDTV) como de calidad alta (HDTV).

El objetivo de la TV Digital interactiva esta encaminada a que todo lo que podamos hacer con nuestro ordenador sea posible realizarlo a través de nuestro televisor abriendo un amplio espectro de posibilidades.

1.2.2 La TV Digital por encima de la TV Analógica

La televisión a principios del siglo XXI fue totalmente analógica, sin embargo el nacimiento de la televisión digital ha empezado a relegarla, tanto así, que en países europeos como por ejemplo España ya se ha fijado una fecha para el llamado “apagón analógico” que comienza a partir del 2009 hasta el 2012.

La televisión digital conlleva varias ventajas sobre la televisión analógica, que se pueden resumir en:

- **Calidad:** mejora de la imagen y del sonido.
- **Optimización:** mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, lo que conduce a la posibilidad de ofrecer más canales, y/o mejor calidad. Relacionado con la utilización del espectro, aparece la posibilidad del Acceso Condicional (*Conditional Access*), lo que se refleja en nuevas modalidades como suscripciones, *Pay-per-View*, etc., basadas en la interactividad con el usuario.
- **Costos:** disminuyen los costos de transmisión de la señal.
- **Flexibilidad de la emisión y servicios adicionales:** posibilidad de prestar servicios interactivos.

A pesar de las ventajas antes mencionadas, una desventaja es que al digitalizar una señal de televisión se genera una cantidad enorme de bits, que sin la

utilización de la compresión, hacen difícil su transporte y almacenamiento, como se puede ver en los siguientes ejemplos:

- En formato convencional una imagen digital de televisión está formada por 720x576 píxeles. Almacenar una imagen requiere de 1 Mbyte y para transmitir las se necesita de una velocidad de transmisión de 170 Mbps.
- En formato alta definición la imagen digital de televisión consiste en 1920 x1080 píxeles. Almacenar una imagen requiere más de 4Mbyte y transmitir un segundo de imágenes continuas, requiere una velocidad de transmisión de 1Gbps.

Pero debido a la alta redundancia de la señal, se puede eliminar cierta información sin afectar la calidad, utilizando técnicas de compresión digital que permiten reducir una cantidad de bits generados y por ende el ancho de banda y velocidad binaria para la transmisión. La codificación digital permite transmitir varios canales digitales a través de un solo canal, que además, junto con otras técnicas de modulación genera un tipo de onda que produce una mínima interferencia con los canales adyacentes, contrariamente a los graves problemas de interferencia que se presentan en la televisión analógica, como dobles imágenes, colores deficientes, pésimo sonido, etc. Todo esto para lograr la optimización del espectro y además transmitir imágenes y sonidos de mejor calidad, que igualan a la calidad de un DVD.

Gracias a la digitalización es posible agregar a la señal de televisión una o varias señales de datos que contengan otro tipo de información como subtítulos, estadísticas, señales de sonido en diferentes idiomas, etc. Además, que la televisión digital permite utilizar otras infraestructuras de comunicación ya existentes como el cable, ADSL, redes celulares, con el fin de incrementar considerablemente la capacidad interactiva.

Por la parte del operador, a pesar de que deben incurrir en gastos iniciales de modernización de los equipos e infraestructuras; los costos de transporte de la

señal y de difusión se reducen, gracias al mayor número de canales que se obtienen con la digitalización y a la reducción considerable de la potencia necesaria para transmitir las señales, que permite que los transmisores estén más separados entre sí y que los costos en infraestructuras y mantenimiento disminuyan.

1.3 AGENTES DE LA TV DIGITAL

Existen varios modelos de televisión digital (cable, satélite, terrenal, microondas) pero en todos se distinguen los siguientes componentes [1]:

- Contenidos: De su atractivo depende la suscripción de los usuarios;
- Programador: Agrupa diferentes contenidos en un conjunto de canales para que aumentan el interés del usuario;
- Difusor: Muchas veces la frontera entre el productor de contenidos y el programador no es clara. Pero quien se encargue de la difusión debe emitir la señal televisiva.
- Sistema de acceso condicional (CA): Permite un acceso restringido a la información de acuerdo a ciertos parámetros previamente establecidos por el difusor esto se logra mediante un sistema de claves.
- Operador de red: Se encarga de multiplexar y transportar varios canales de vídeo digital;
- Usuario: Ha de disponer de una antena parabólica y de un receptor decodificador integrado (IRD) denominado *Set Top Box*, STB, capaz de convertir las señales recibidas por la antena en las adecuadas para un televisor convencional.

- Suministradores STB: El STB es un decodificador de TV, que transforma las señales que llegan en otras adecuadas para ser mostradas en televisor convencional.
- Unidades de Transcontrol; a redes de televisión por cable, MMDS² (*Microwave Multipoint Distribution System*, Sistema de distribución Multipunto de Microondas) o terrenal; Las cabeceras de emisión reciben la señal del satélite y la utilizan para la difusión por sus propias redes. El “transcontrol” consiste en la posibilidad de cifrar la señal de forma diferente para cada sistema de distribución, sin que los diferentes agentes implicados accedan a información sensible de sus posibles competidores.
- Canal de retorno; Es una conexión del STB que permite la interactividad con el sistema para solicitar algún programa de pago u otro servicio.

Dependiendo del medio en que nos encontremos tenemos diferentes sistemas o modelos de distribución de televisión digital.

1.4 MODELOS DE TELEVISIÓN DIGITAL

Teniendo en cuenta los medios de transmisión existen los siguientes modelos de televisión digital:

1.4.1 Modelo de Televisión Digital por Satélite

El modelo de televisión digital por satélite, ver FIGURA 1, esta formado por una o más estaciones terrestres encargadas de enviar la señal de TV a un satélite

² **MMDS** (*Microwave Multipoint Distribution System*, Sistema de Distribución Multipunto de Microondas), es una tecnología inalámbrica originalmente concebida para la distribución de vídeo en aquellas zonas en las que no es factible realizar un cableado convencional.

operacional que se encuentra en órbita geoestacionaria³, constituyendo lo que se llama enlace ascendente.

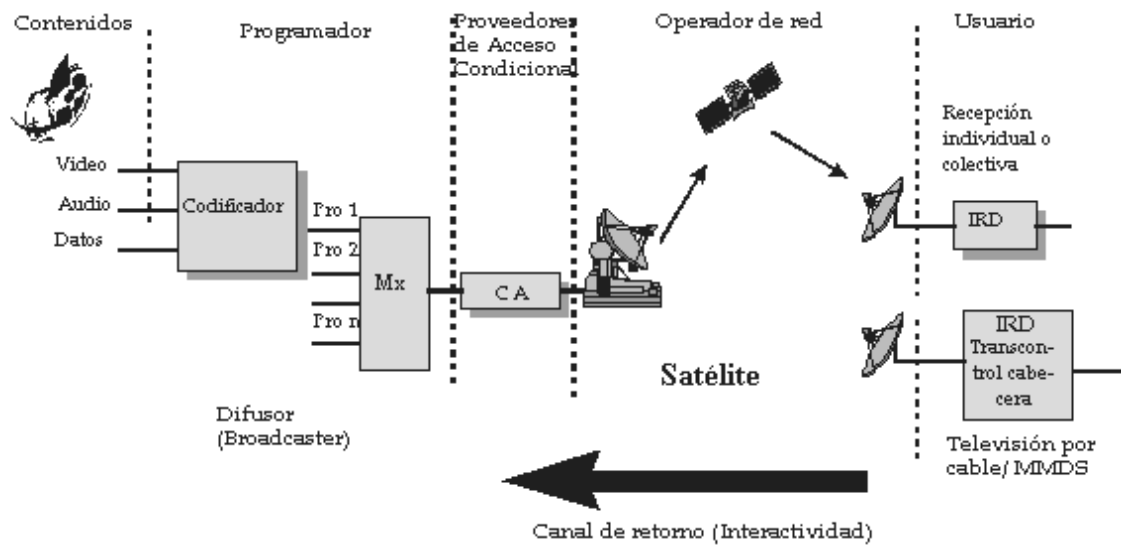


FIGURA 1. Modelo de Televisión Digital por Satélite

A su vez el satélite enviara la señal de nuevo a la tierra, formando el enlace descendente. Esta señal puede ser recibida por estaciones individuales de solo recepción o de teledistribución. Para evitar interferencias entre las dos señales, las frecuencias de ambas son distintas.

Entre las ventajas de este modelo tenemos que es de cobertura inmediata, tiene un gran ancho de banda, es flexible y dispones de un alto número de canales. La desventaja principal es la carencia de un canal de retorno.

Los satélites de transmisión son especialmente convenientes para regiones en donde escasea una buena red de comunicación o están lejos de los grandes sistemas urbanos, y para llegar con la programación a grandes distancias.

³ **Órbita Geoestacionaria.-** conocida también como órbita de Clarke que está a una altura de 35.786,04 kilómetros sobre el nivel del mar, en el plano del Ecuador, tiene una excentricidad nula debido a que su latitud siempre es igual a 0°, lo cual resulta útil para los satélites ubicados en esta órbita ya que parecen estacionarios respecto a un punto fijo de la Tierra en rotación.

1.4.2 Modelo de Televisión Digital por Cable

El modelo de televisión digital por cable, ver FIGURA 2, se refiere a la transmisión de la señal digital de televisión por medio de redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial, HFC. Junto con la señal de Televisión Digital, a través de estas redes se pueden proporcionar otros servicios como telefonía fija y acceso a Internet.

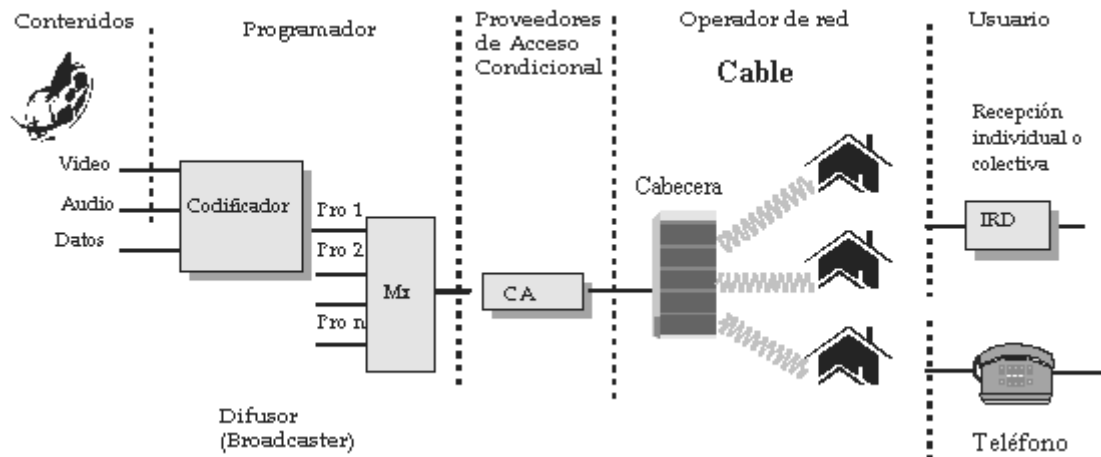
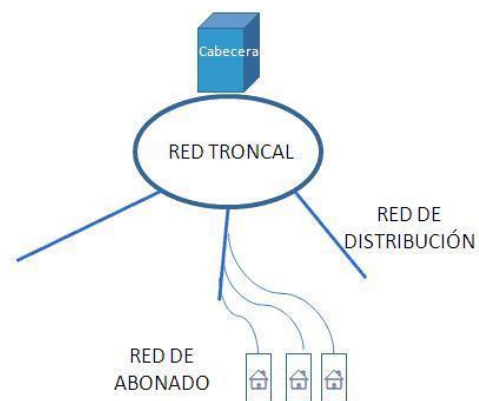


FIGURA 2. Modelo de Televisión Digital por Cable

Las redes utilizadas en la distribución de este tipo de servicios se dividen en cuatro secciones [2]:

- Cabecera.
- Red troncal.
- Red de distribución.
- Red de acometida hacia los abonados.



La cabecera es el centro desde el que se gobierna todo el sistema, aquí se sitúan los equipos de recepción, tratamiento y transmisión de las señales de televisión así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de producción. La cabecera

es también la encargada de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. La complejidad de la cabecera dependerá de los servicios que ha de prestar la red.

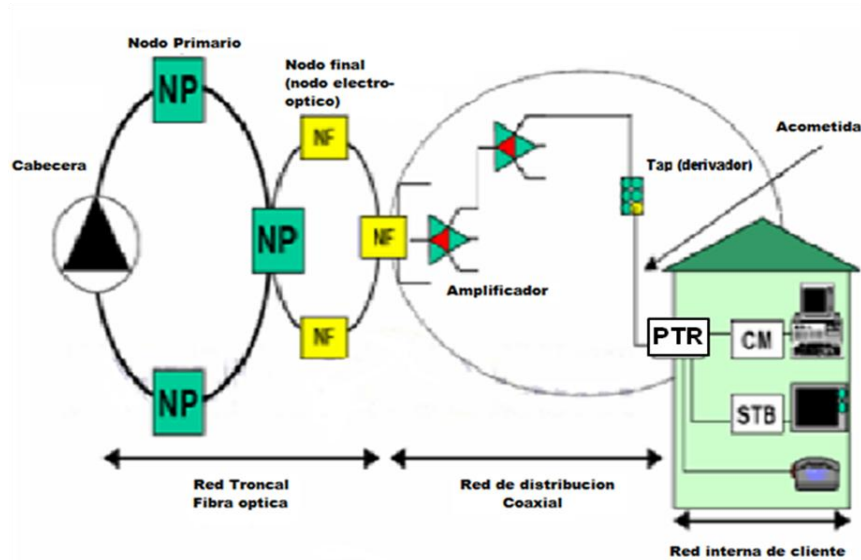


FIGURA 3. Elementos de una red HCF

Como se ilustra en la FIGURA 3, la red troncal esta conformada por la red primaria de fibra óptica, suele seguir topologías en forma anillos redundantes que une la cabecera con un conjunto de nodos primarios; los nodos primarios alimentan a otros nodos (final) y dan lugar a la red troncal secundaria la cual tiene un nivel cobertura de la red menor que la red troncal primaria [3].

En éstos nodos finales las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial, la red de distribución. Cada nodo terminal tiene capacidad para unos pocos hogares lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo.

Dentro de la red de distribución se diferencian tres partes: la red de distribución coaxial encargada de la conexión del nodo final con el punto de conexión de red

PTR⁴; red de acometida va desde la última derivación hasta la base de conexión de abonado, es el último tramo de red al edificio. La red de distribución y la de acometida a los abonados es lo que comúnmente se conoce como la red de última milla.

Finalmente tenemos la red interior de cliente que esta formado por el cable donde se distribuyen los servicios, en el interior del domicilio.

Entre las ventajas de este modelo están: tiene canal de retorno, no está sujeta a interferencias con lo cual tenemos alta calidad de imagen y sonido, además tiene capacidad de conducir un alto número de canales. Entre las desventajas tenemos: es un servicio cerrado y tiene elevados costos de implementación.

Este modelo es conveniente para cobertura local con posibilidades de regional y nacional, todo dependerá del área de cobertura de la empresa operadora de cable. En América Latina el principal operador de este servicio es Telmex.

1.4.3 Modelo de Televisión Digital Terrenal

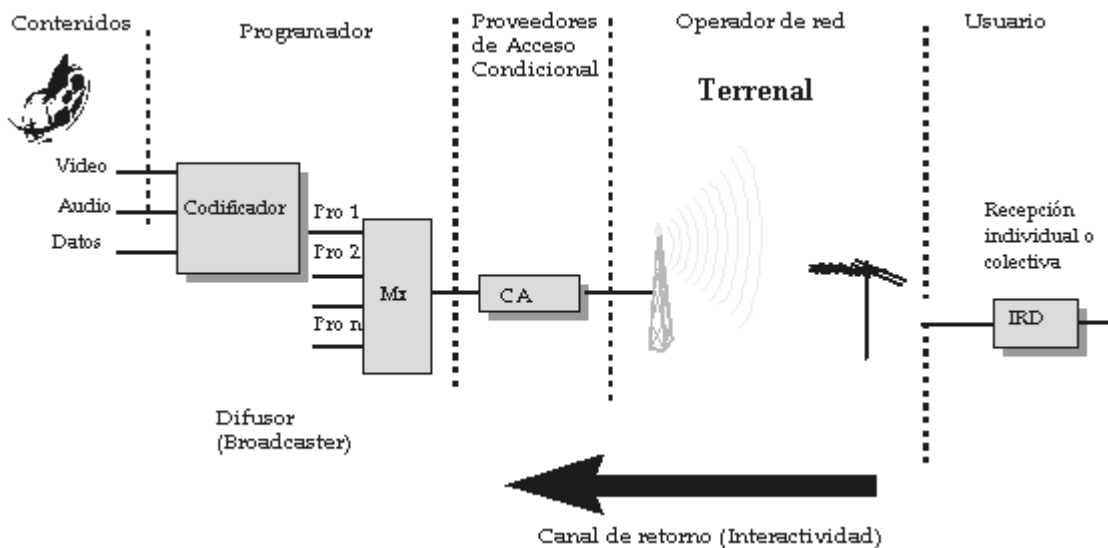


FIGURA 4. Modelo de Televisión Digital Terrestre

⁴ **PTR**, punto de terminación de red, es un cajetín que se encuentra en el domicilio del abonado y separa la red interna del abonado y el cable exterior. Se considera parte de la red del operador de telefonía, y es justo a partir de él donde comienza la propiedad del abonado.

El modelo de televisión digital terrenal, ver FIGURA 4, consiste en enviar señales digitales de televisión mediante transmisores de televisión digital usando como medio de transmisión ondas hertzianas⁵. El medio de transmisión, las ondas, no difiere del usado hasta ahora por la televisión analógica, sin embargo enviar la señal de forma digital, permite un mejor aprovechamiento del canal usado con lo cual podemos enviar más información, de mayor calidad y sin que se vea alterada.

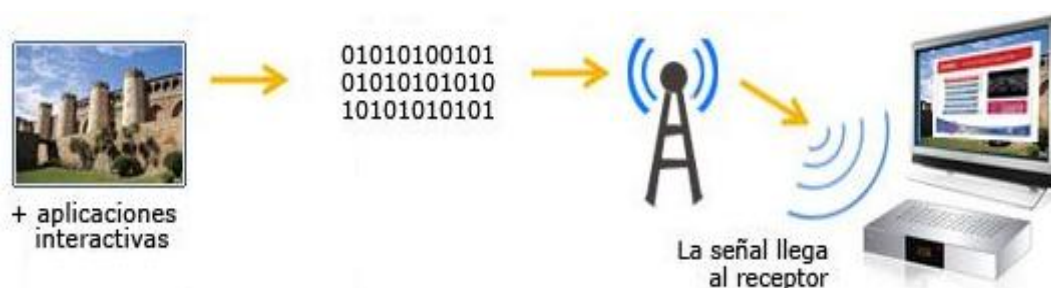


FIGURA 5. Esquema del envío de información por medio de ondas hertzianas

La red de distribución primaria transporta los paquetes MPEG desde los estudios de televisión hasta los centros re-multiplexores (variaciones autonómicas en la programación) y hasta los centros transmisores.

Se consideran diversas posibilidades para la red primaria, entre las que se incluyen fibra óptica, redes PDH (*Plesichronous Digital Hierarchy*) o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), ATM o satélite. Una red completa constará seguramente de una combinación de todas las anteriores [4].

Este modelo de televisión digital requiere de un equipo terminal con la posibilidad de receptor la señal de televisión y la variedad de servicios que vienen integrados. Estos equipos incluyen un software compatible con el sistema de televisión digital que se distribuye en cada área.

⁵ **Ondas Hertzianas**, son ondas electromagnéticas de menor frecuencia (y por ello mayor longitud de onda) y menor energía que las del espectro visible. Se generan alimentando una antena con una corriente alterna.

Este modelo de televisión digital es accesible para todos lo cual es una gran ventaja frente a los otros modelos, garantiza el acceso universal a la televisión digital y a las ventajas de esta tecnología además permite un mejor uso del espectro radioeléctrico. La principal dificultad que presenta es la carencia de un canal de retorno.

Este modelo es conveniente para cobertura nacional, regional y local con posibilidades de desconexiones locales.

1.4.4 Modelo de Televisión Digital por Microondas

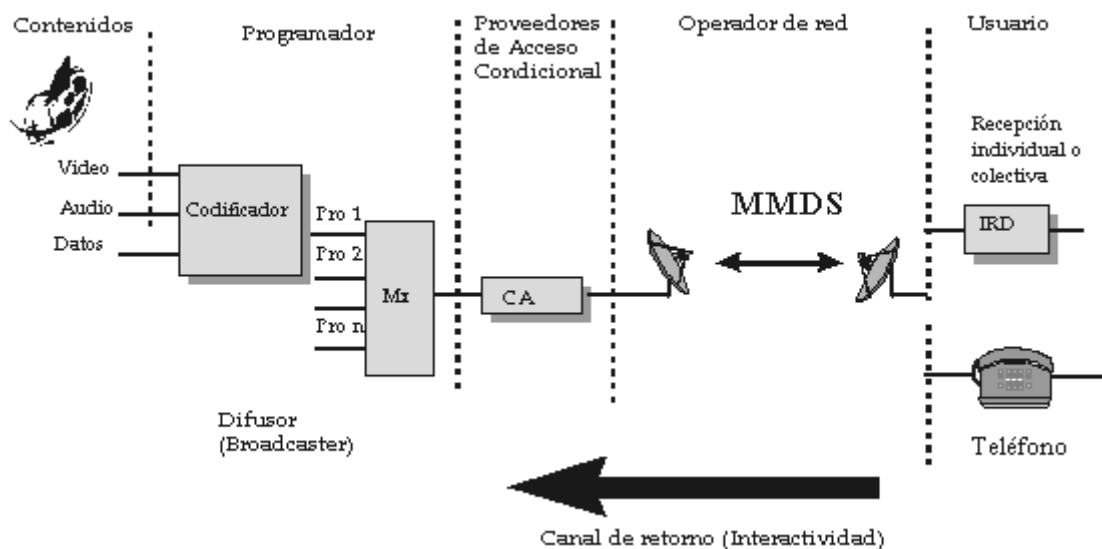


FIGURA 6. Modelo de Televisión Digital por Microondas

La televisión por microondas, ver FIGURA 6, se ofrece por medio de la tecnología inalámbrica conocida como MMDS (Sistema de Distribución Multipunto de Microondas), es utilizada generalmente como una alternativa a la televisión por cable y donde es a veces imposible la instalación de cableado.

MMDS utiliza las frecuencias de microondas en los rangos de 2 a 3 GHz. La recepción de las señales por parte del suscriptor requiere de una antena especial de microondas y un decodificador que se conecta al televisor.

Las desventajas de este modelo son: la necesidad de visión directa, lo que supone un problema en ciudades que obliga a situar repetidores para evitar zonas de sombra y el poco aprovechamiento del ancho de banda en zonas rurales escasamente pobladas

Este modelo de televisión digital es ideal en zonas urbanas.

1.4.5 Modelo de Televisión Digital IP

El modelo de Televisión Digital IP o también conocido como *Internet Protocol Television (IPTV)*, ver

FIGURA 7, utiliza como medio de transmisión conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

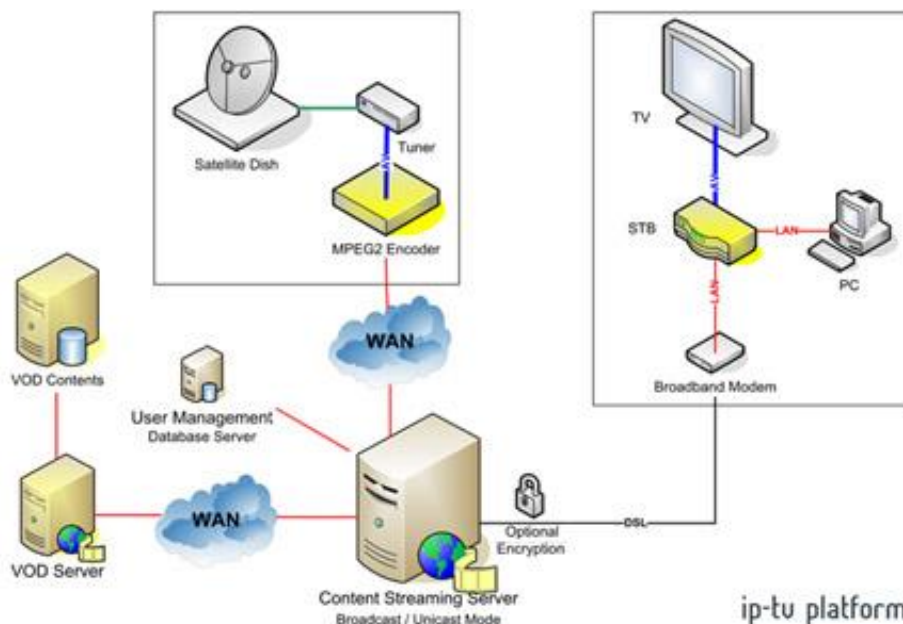


FIGURA 7. Modelo de Televisión Digital IP

IPTV se ha desarrollado basándose en el *video-streaming* [5]. Este sistema consiste en que la reproducción de los clips o las películas no requiere una descarga previa por parte del usuario, sino que el servidor entrega los datos de forma continua, sincronizada y en tiempo real (al mismo tiempo que se envía, se está visualizando el video con su audio).

Entre las ventajas de este modelo tenemos que la red de distribución ya está desplegada y aprovecha al máximo el ancho de banda para conseguir velocidades de varios Mbps en canal descendente. La desventaja de este sistema es que el despliegue de este modelo dependerá de la disponibilidad de equipos en centrales

1.4.6 Cuadro Comparativo entre los Modelos de TV Digital

Tabla 1. Comparación entre los modelos de TV Digital

RED	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Por satélite	Cobertura	Alto costo de instalación
Por cable	Canal de retorno	Complejidad en el despliegue
Terrestre	Cobertura Sencillez de despliegue	Interactividad limitada
Microonda	Sencillez de despliegue	Desaprovechamiento en zonas de baja densidad
IPTV	Red desplegada	Dependencia del operador dominante

1.5 ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Hoy día, el sistema avanzado de televisión digital transforma la imagen, el audio y los datos en bits (0 y 1). Es decir, las señales de luminancia o crominancia se

convierten en combinaciones binarias que hacen posible la corrección de errores en la recepción del sonido, texto e imagen y proporcionan imágenes más finas y de mejor calidad.

El sistema digital convierte en dígitos los contenidos televisivos, de esta manera ocupan menos espacio en el multiplexador y proporcionan al usuario la posibilidad de ver un mayor número de canales y programas con mejor calidad y a gran velocidad. Igualmente, permite al telespectador elegir, seleccionar, ordenar y estructurar de forma personalizada su programación.

CAPÍTULO II

ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

2.1 GENERALIDADES

La TVDi une las ventajas que proporciona la tecnología actual para el envío de diferentes canales de televisión (analógicos y digitales) con la transmisión de datos y canales de interacción. Esto permite unificar en un solo sistema los servicios de televisión tradicional y la de alta definición, con la personalización de contenidos, la programación a la carta y los sistemas de comunicaciones electrónicas como el «e-mail».

Los estándares de transmisión que utiliza la TVDi son:

- El estándar americano, ATSC (*Advanced Television Systems Committee*)
- El estándar europeo, DVB (*Digital Video Broadcasting*)
- El estándar japonés, ISDB (*Integrated Services Digital Broadcasting*)
- El estándar brasilero SBTVD-T (Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre).
- El estándar DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting*) que es la norma china.

2.2 ESTÁNDAR AMERICANO, ATSC

2.2.1 Antecedentes Generales

El Comité de Sistemas de Televisión Avanzada (ATSC) es una organización sin fines de lucro creada en 1982, que se encarga del desarrollo de estándares de televisión digital en los Estados Unidos. Los países que han adoptado este estándar son: Canadá, México, Corea del Sur, Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Honduras.

El modelo ATSC se creó con el fin de reemplazar al modelo analógico NTSC, transporta y transmite canales en un ancho de banda de hasta 6MHz a una velocidad 19.4 millones de bits por segundo [7].

Un canal de 19,4 Mbps permite: uno o dos canales de Alta Definición (HDTV), hasta seis canales de Definición Estándar (SDTV), numerosos servicios auxiliares de datos, servicios interactivos y varias combinaciones de los anteriores

Existen tres variables fundamentales que conforman un canal ATSC, estas son: video, audio y canal de datos complementarios.

Video: Utiliza el MPEG-2 como sistema de compresión de datos en video

Audio: Emplea el denominado sistema "Dolby AC-3".

Canal de datos complementarios: Usado para enviar información adicional al televidente, como por ejemplo:

- Publicidad Interactiva
- Subtitulados
- Guía de programación

- Juegos
- Tutoriales
- Datos de la emisora.
- Etc.

Los datos comprimidos de video, audio y los datos complementarios, se multiplexan formando una sola sucesión de bits. Esta sucesión de bits se modulan para poder ser transmitidos por radiodifusión terrestre.

Dicho sistema de modulación, es el denominado **8-VSB** (*8 level - Vestigial Side Band*) que sería banda lateral vestigial modulada a 8 niveles.

FIGURA 8 ilustra las capas de la norma de Tv digital ATSC:

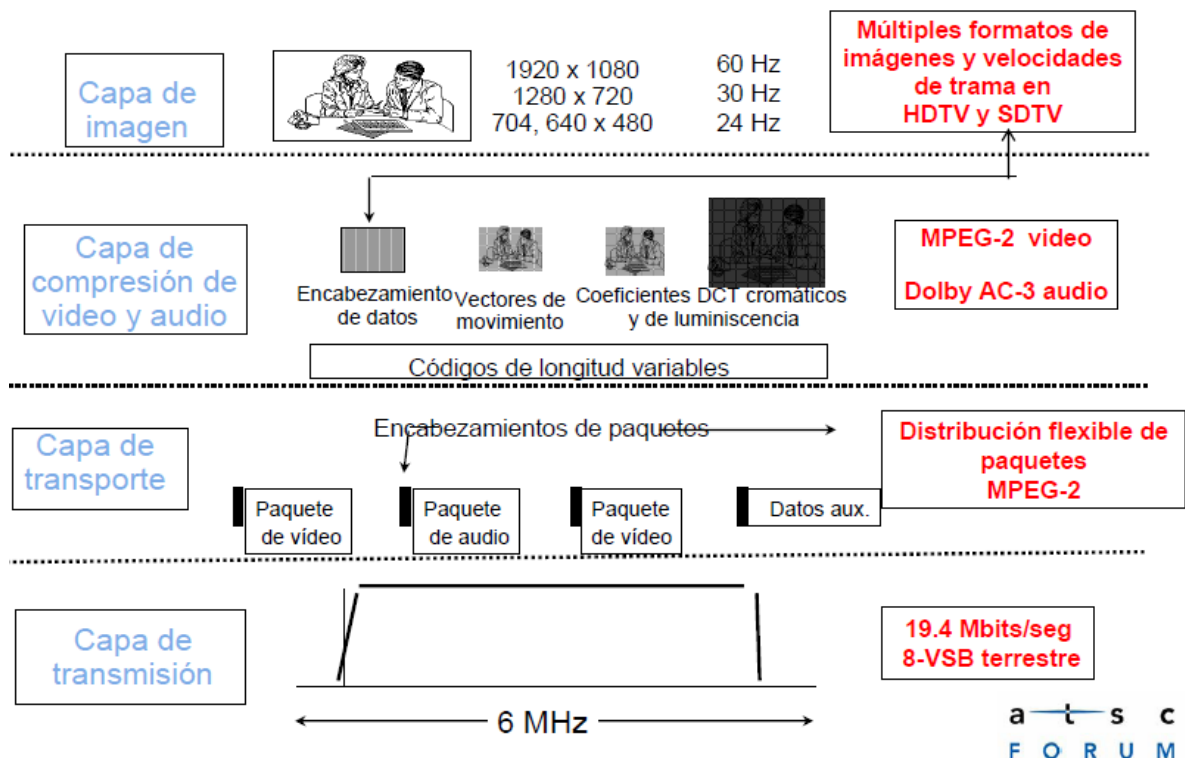


FIGURA 8. La Norma ATSC

2.2.2 Capa de Imagen

El Standard ATSC determina 18 diferentes formatos de imagen o resoluciones, los cuales están divididos dentro de cuatro combinaciones de vertical y horizontal [8], como se ilustra en la FIGURA 9.

- 1920 x 1080 (Es lo que la industria de la Televisión demanda para la representación de imágenes HDTV)
- 1280 x 720 (Es la sugerencia de la industria del PC para la representación de imágenes HDTV)
- 704 x 480 (Esta combinación corresponde a la equivalencia digital de la señal NTSC de hoy)
- 640 x 480 (estándar VGA combinación de los monitores de PC)

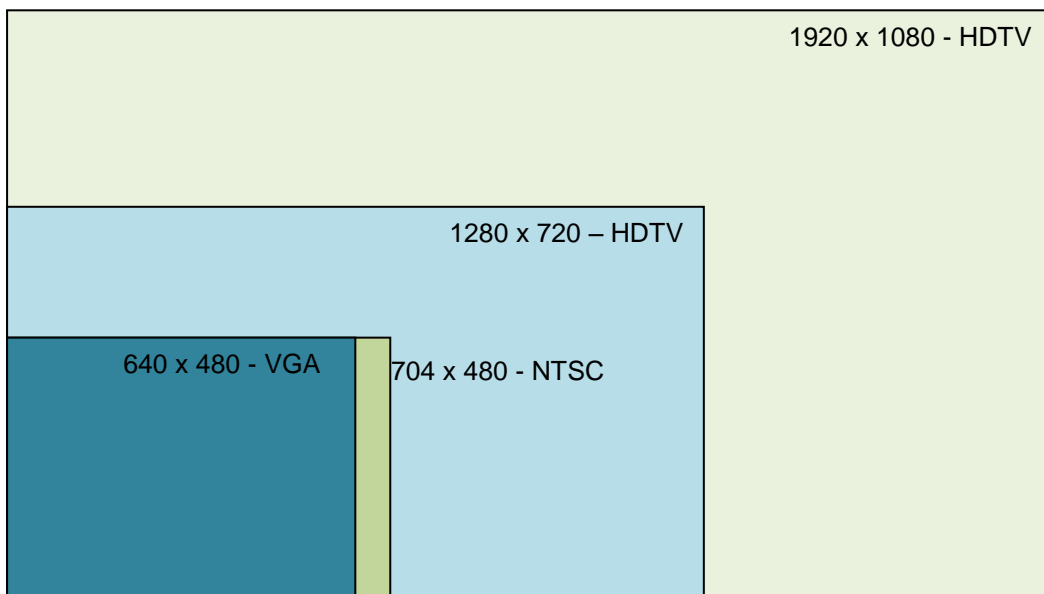


FIGURA 9. Comparación entre los formatos de video especificados por ATSC

Los 18 formatos de imagen se dividen en 6 formatos para HDTV y 12 para SDTV [9], ver Tabla 2.

Tabla 2. Formatos de ATSC

FORMATOS DEL ESTANDAR ATSC				
	HORIZONTAL Píxeles/línea activa	VERTICAL Línea activa	Relación de aspecto	Cuadros por segundo
HDTV	1920	1080	16:9	60I, 30P, 24P
HDTV	1280	720	16:9	60I, 30P, 24P
SDTV	704	480	16:9 y 4:3	60P, 60I, 30P, 24P
SDTV	640	480	4:3	60P, 60I, 30P, 24P

Siendo, P : Progressive(progresivo) , **e I : Interlaced**(entrelazado)

En la tabla anterior se indica los diferentes formatos existentes, por ejemplo el formato de 1920 X 1080 tiene 1920 muestras por línea activa por 1080 líneas activas, con una relación de aspecto de 16:9 (pantalla). También muestra la cantidad de cuadros por segundo que han sido codificados en modo progresivo⁶ o entrelazado⁷; en un video de altísima calidad se obtiene 60 cuadros por segundo, con formato entrelazado [13].

A continuación se describen aplicaciones en las que se utiliza escaneo progresivo y escaneo entrelazado:

El escaneo progresivo se utiliza, en la mayoría de los monitores de PCs, en todos los LCD y en la mayoría de HDTV. También son usados en las pantallas de plasma, estas pantallas no usan una trama de barrido para crear la imagen, con lo que no pueden beneficiarse del sistema entrelazado y si del progresivo.

El escaneo entrelazado es utilizado, en la mayoría de definiciones estándar de TV y en el estándar de emisión de 1080i HDTV.

⁶ **Exploración Progresiva**, es el escaneo secuencial de la imagen, este método divide la imagen en líneas que se leen de izquierda a derecha y de arriba abajo, de igual manera que se lee un libro.

⁷ **Exploración Entrelazada**, este método consiste en dividir la imagen a transmitir en dos campos o cuadros (frames) formados por líneas pares e impares, para lo cual se realiza un doble barrido de la imagen, siendo leídas primero las líneas impares seguidas de las pares

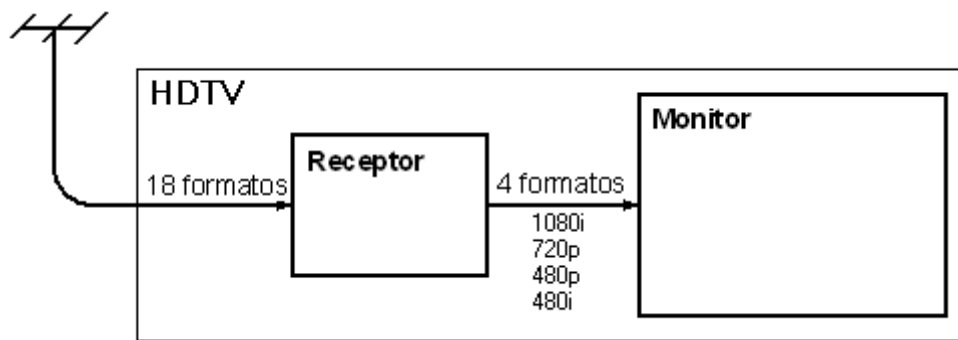


FIGURA 10. Receptor de imagen

El receptor reduce los dieciocho formatos de imagen a cuatro, ver FIGURA 10 La pantalla solo deberá escoger entre cuatro formatos. Y la mayoría de los receptores deciden cual es el formato de imagen que ponen a su salida para que coincida con la que trabaja el monitor.

2.2.3 Capa de Compresión de Video y Audio

La compresión es básicamente un proceso por el cual el contenido de la información de audio y video se reduce por la redundancia presente en la señal original. Mediante la compresión se logra ocupar menos ancho de banda que la señal sin comprimir lo cual permite reducir costos y dar mayor flexibilidad a los sistemas.

El video utiliza compresión MPEG-2, la señal de audio se comprime con Audio Dolby AC-3, existen también datos de los servicios interactivos que ofrece la TV Digital para el caso de ATSC el desarrollo y ejecución de aplicaciones y otras altas presentaciones las realiza con DASE (*Digital TV Application Software Environment*).

2.2.3.1 Compresión de video:

La banda base⁸ del video digital se comprime con MPEG-2. El sistema ATSC utiliza una unidad de compresión de video básica que es el GOP (*grupo of pictures*, grupo de imágenes) [12]. Esto funciona de la siguiente forma, el codificador en lugar de enviar la información de cada imagen por separado envía la diferencia existente entre la imagen previa y la actual, el codificador necesita de una imagen, la cual fue almacenada con anterioridad para luego ser comparada entre imágenes sucesivas y de igual forma el decodificador se basa en la imagen almacenada para generar las imágenes siguientes.

Desafortunadamente existe la posibilidad de transmitir errores si se utiliza una secuencia ilimitada de imágenes previstas por lo cual se utiliza una cantidad limitada de estas imágenes para garantizar una mejor transmisión, entonces periódicamente se envía una imagen la cual no ha sido tratada y que es idéntica a la imagen original, de esta manera refrescamos los datos en la secuencia de transmisión.

Un GOP esta conformado por imágenes I, B y P (Imágenes Entra, Imágenes Posteriores Predecibles y Imágenes Predecibles Bidireccionales) que se encadenan en un orden específico según el esquema de la FIGURA 11, la incorporación de estos tres tipos de imágenes, aporta alta compresión, buen acceso aleatorio, y capacidades de adelanto y retroceso rápido, son el soporte de la codificación diferencial y bidireccional, reduciendo la transmisión de errores.

- **Imagen I.-** (Entra) es una imagen codificada sin referencia a otras imágenes, contiene todos los elementos necesarios para su reconstrucción por el decodificador (inicia el lazo de predicción) además son usados para reconstruir otras imágenes de la secuencia y son por ello, el punto de entrada obligatorio para el acceso a una secuencia.

⁸ **Banda Base Digital**, es un flujo serial de bits que tienen la forma de un tren de pulsos sucesivos en el tiempo.

- **Imágenes P.-** Una imagen P es construida usando las diferencias con respecto a la imagen I o con respecto a la imagen P más reciente. Si sucede un error durante la decodificación, este se propaga por la cascada de imágenes P y se acumula, hasta que se vuelva a reconstruir desde otra imagen I.
- **Imágenes B.-** son imágenes de predicción bidireccional. Una imagen B es codificada usando las diferencias con respecto a una imagen I predecesora, y una imagen P sucesora, en la secuencia, es decir, toman información tanto de una imagen futura como de una imagen previa y se codifican por interpolación.

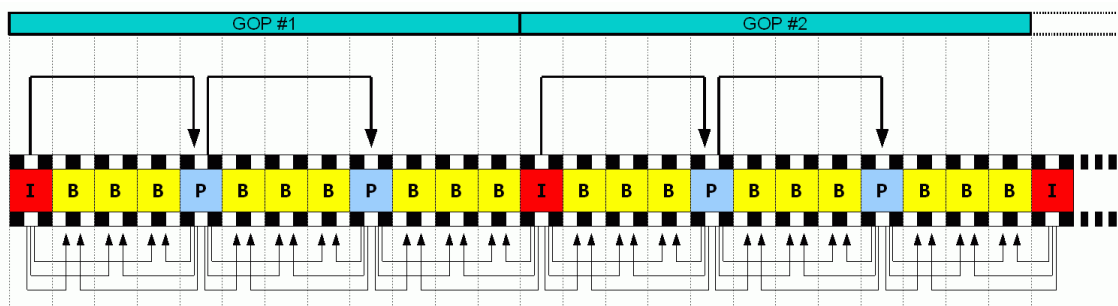


FIGURA 11. Dependencia de los tres tipos de imágenes. Estructura de 12 imágenes

Cada GOP tiene una cabecera de inicio que lleva los parámetros de ese flujo de datos. Existen muchas estructuras de GOP posibles entre las más comunes tenemos la de 12 imágenes que se ilustra en la FIGURA 11, que tiene el siguiente orden I_BBB_P_BBB_P_BBB_ ó la de 15 imágenes con el encadenamiento I_BB_P_BB_P_BB_P_BB_, el largo de la secuencia depende del grado de compresión del codificador MPEG-2. Un conjunto de Gaps conforman una secuencia [14].

En ATSC MPEG-2 la imagen de video es separada en dos partes: luminancia (Y) y croma (Pr, Pb). Estos componentes representan los colores de la siguiente manera:

Y = Rojo + verde + azul También llamado como componente de luminancia;

Pr = Rojo-Y Pb Pr, son la información de color, o

Pb = Azul-Y componentes de crominancia

La luminancia contiene toda la información relacionada con la mayor o menor luminosidad de la imagen y no contiene ninguna información acerca de los colores de la misma. Reproduce por lo tanto, la imagen en blanco y negro en todas sus tonalidades de grises intermedios. La crominancia, por el contrario, contiene todo lo relacionado con el color de los objetos, separada en los tres colores básicos.

La imagen es procesada, en bloques de pixeles 8 filas por 8 columnas, ver en la FIGURA 12, estos bloques pueden ser luminancia o de croma (Pr representa una muestra de la señal diferenciada al rojo o Pb representa una muestra de la señal diferenciada al azul).

Y0,0	Y1,0	Y2,0	Y3,0	Y4,0	Y5,0	Y6,0	Y7,0
Y0,1	Y1,1	Y2,1	Y3,1	Y4,1	Y5,1	Y6,1	Y7,1
Y0,2	Y1,2	Y2,2	Y3,2	Y4,2	Y5,2	Y6,2	Y7,2
Y0,3	Y1,3	Y2,3	Y3,3	Y4,3	Y5,3	Y6,3	Y7,3
Y0,4	Y1,4	Y2,4	Y3,4	Y4,4	Y5,4	Y6,4	Y7,4
Y0,5	Y1,5	Y2,5	Y3,5	Y4,5	Y5,5	Y6,5	Y7,5
Y0,6	Y1,6	Y2,6	Y3,6	Y4,6	Y5,6	Y6,6	Y7,6
Y0,7	Y1,7	Y2,7	Y3,7	Y4,7	Y5,7	Y6,7	Y7,7

FIGURA 12. Bloque de luminancia

Los bloques son procesados en forma de macro bloques, los mismos que están compuesto por cuatro bloques de luminancia, el número de bloques de croma depende del formato de color de la fuente. Por ejemplo en el formato común 4:2:0 hay 6 bloques de 8X8 muestras de pixeles, cuatro de estos bloques corresponden a la muestra de luminancia (Y), otro bloque corresponde a las muestras de Pb y otro bloque a las muestras de Pr, como lo indica la FIGURA 13.



FIGURA 13. Relación entre bloques de luminancia y crominancia

En total en un macro bloque con estructura de muestreo 4:2:0, existen 256 muestras de luminancia, 64 muestras de Cr Y 64 muestras de Cf. significa que un macro bloque 4:2:0 tenemos 384 muestras totales.

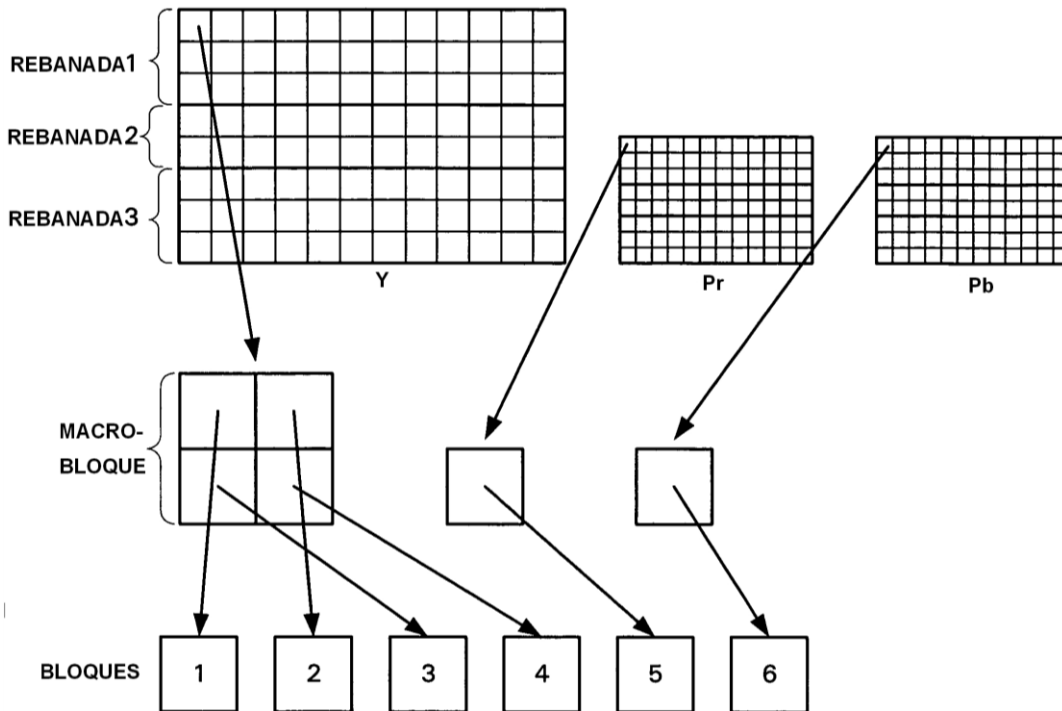


FIGURA 14. Distribución secuencial de formación de una rebanada

Varios macro bloques contiguos se agrupan y conforman una rebanada, ver FIGURA 14, que representa una fila que esta ordenada de izquierda a derecha La imagen de video consiste de varias rebanadas y cada una comienza con un código de inicio (rebanada *Star Code*). Cualquier error producido en el flujo de datos permite que el decodificador salte a otra rebanada y comience la decodificación correcta.

Una vez establecidos los bloques cada uno es comprimido siguiendo los siguientes procesos:

1. Se usa la **Transformada del Coseno Discreto** (DCT) sobre cada cuadro para eliminar la redundancia en una imagen fija, basada en la similitud entre pixeles vecinos. Este proceso reduce mucho los datos, y consiste en para pasar cada bloque al dominio de la frecuencia, implica que los pixeles pasan hacer componentes de frecuencia, en forma de una matriz de coeficientes, donde es mas fácil procesar la información redundante, es un proceso previo a la compresión. El resultado de aplicar la DCT a una matriz de 8 x 8 valores de señal (píxeles) es otra matriz de 8 x 8 valores. Estos nuevos valores, llamados coeficientes, corresponden al valor de amplitud del componente de frecuencia asociado con ese píxel.
2. Se realiza un proceso de **Cuantización**. Es un proceso en el que la amplitud continua de la señal digital se convierte en una sucesión de valores discretos, lo que consecuentemente provoca más pérdidas degradando un poco la imagen. Es decir se ejecuta una nueva operación de cálculo sobre la matriz de coeficientes para reducir a cero los coeficientes próximos a ceros. Este bloque se escanea siguiendo un patrón en zigzag en diagonal, como indica la FIGURA 15, para producir una lista de valores ordenados según el patrón de exploración.

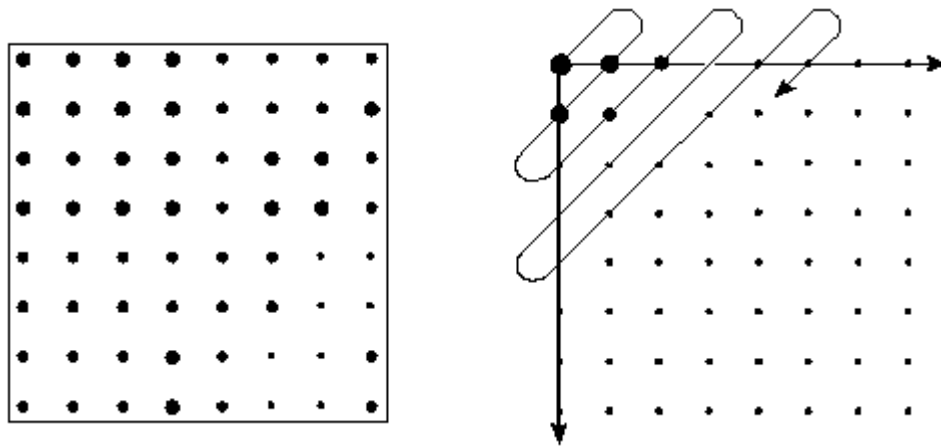


FIGURA 15. Matriz de coeficientes DCT y escaneo zigzag

3. **Run-length encoding (RLE):** codificación de una corrida o secuencia lineal de bits repetidos, en este caso de bits cero generados en la etapa de cuantización de la DCT. El código RLE elimina los bits cero, enviando en su lugar una dupla de números, donde el primer número indica el bit que se repite y el segundo número la cantidad de veces que se repite.
4. **Variable-length code:** códigos de longitud variable. Asigna códigos cortos a las duplas anteriores comunes y códigos largos a los pares menos frecuentes.

El proceso es algo más complicado cuando se envían imágenes intercaladas.

2.2.3.2 Compresión de audio:

Emplea el denominado sistema "Dolby AC-3". Este sistema de compresión de audio se basa en el método que se utiliza en las salas de cine, el *Dolby Surround Sound*. Tiene las siguientes características generales:

Este procedimiento brinda 5,1 canales de audio digital [10]. Ver FIGURA 16.

- Canal Izquierdo
- Canal Derecho
- Canal Central (*Middle Channel*)

- Canal Surround Izquierdo
- Canal Surround Derecho
- 0,1 Canal para señal de Subwoofer

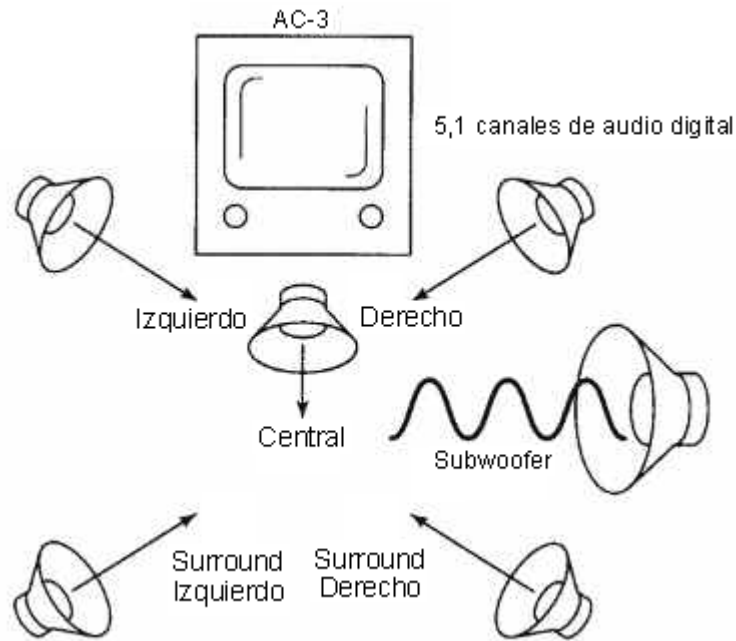


FIGURA 16. Sistema AC-3

- El ancho de banda es de 3Hz-20kHz con excepción del canal para señal subwoofer que tiene 120Hz para efectos especiales de baja frecuencia
- La frecuencia de muestreo es de 48 kHz. La codificación se realiza en forma uniforme a 16 bits.
- Trabaja en el dominio de la frecuencia debido a que permite una mejor compresión sicoacústica.

Los pasos de codificación, FIGURA 17, para la reducción de la velocidad son:

- Banco de filtro de análisis:
Ingresan 256 muestras de audio y se convierte desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

Se utiliza una variante de FFT (*Fast Fourier Transform*) que permite remover el 100% de la redundancia.

Se disponen de 256 coeficientes de frecuencia.

Cada uno de los coeficientes es representado en notación exponencial (con valor máximo 1): mantisa y exponente.

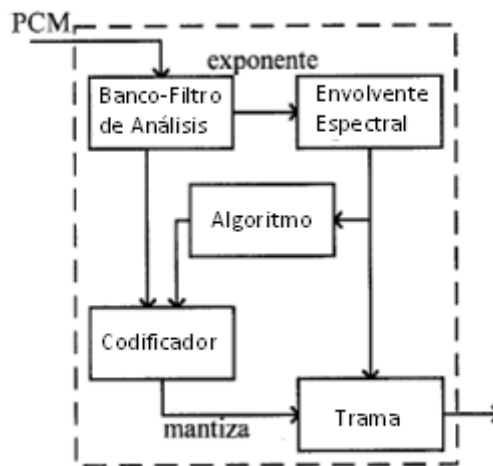


FIGURA 17. DOLBY AC-3

- Codificación de envolvente espectral:

Los exponentes de la notación anterior se codifican para obtener la envolvente espectral.

Esta información alimenta una rutina que determina la cantidad de bits necesarios en la codificación de la mantisa.

Esta rutina se basa en un modelo sicoacústico para determinar la S/N óptima para cada coeficiente de frecuencia.

- Cuantificación de mantisa:

Cada mantisa se codifica desde 0 a 16 bits de acuerdo con el algoritmo anterior.

- Formación de la trama AC-3:

La información de la envolvente espectral y de la mantisa de los 6 canales de audio se ingresa en una trama.

Esta trama contiene 1536 muestras de audio; son 6 canales de audio por 256 muestras.

Contiene además información de sincronismo para alineamiento SI (*Sybc Information*); información de servicio indicando el tipo de codificación utilizado BSI (*Bit Stream Information*); y paridad para control de errores del tipo CRC-16.

Tipos de servicios que brinda el sistema de audio: En lo que tiene que ver con los canales de audio estos pueden dar dos tipos de servicio principal y seis tipos de servicios asociados, Tabla 3, es así que cada tren de bits es codificado de acuerdo a su tipo de servicio.

Tabla 3. Tipos de servicio de audio de AC-3

Tipo de servicio	Descripción	Bit Rate Típico
<i>Main audio service: complete main.</i> (El servicio audio principal: complete principal)	CM	320-384 Kbps
<i>Main audio service: music and effects</i> (El servicio audio principal: música y efectos)	ME	320-384 Kbps
<i>Associated service: visually impaired</i> (Servicio asociado: discapacidad visual)	VI	48-126 Kbps
<i>Associated service: hearing impaired</i> (Servicio asociado: discapacidad auditiva)	HI	48-96 Kbps
<i>Associated service: dialogue</i> (Servicio asociado: dialogo)	D	64-128 Kbps
<i>Associated service: commentary</i> (Servicio asociado: comentarios adicionales)	C	32-128 Kbps
<i>Associated service: emergency</i> (Servicio asociado: emergencia)	E	32-128 Kbps
<i>Associated service: voice-over</i> (Servicio asociado: voz)	VO	34-128 Kbps

Los servicios principales de audio pueden contener de 1 a 5.1 canales de audio, un programa de audio completo para el oyente podría ser un servicio de audio singular o una mezcla de servicios de audio. Los servicios asociados podrían ser canales de audio reservados o simples elementos de canales que podrían ser usados en combinación con otros canales, logrando crear una mayor sensación de realismo.

El rango dinámico de la banda sonora de una película que es proyectada en una sala no es el apropiado para escuchar en casa, puesto que el volumen con el que es editada la cinta para su reproducción en un cine es mucho mayor que el volumen con el que vemos las películas en casa.

Por ejemplo el canal audio ME podría ser dedicado a la música y efectos de audio para un programa que no contenga audio. Un dialogo en ingles podría ser contenido en un canal asociado D mientras que en un diferente canal asociado D se podría dedicar a otro idioma. Un canal asociado VI puede ser usado para proveer una narración para un oyente visualmente con problemas.

El canal asociado VO tiene una segunda prioridad, esta proyectado para ser distribuido en el canal principal de Audio, ofrece la ventaja de adicionar voz al programa original, un solo canal que se decodifica y se suma al canal central.

El canal E esta proyectado para alta prioridad como anuncio de emergencia, este tren de bits pueden pasar por sobre los canales principales (centro, izquierdo, derecho).

El canal asociado C puede ser dedicado a comentarios que no son esenciales al programa en si pero que puede interesar a ciertos oyentes. Típicamente un único canal que ha diferencia del servicio de dialogo transporta información complementaria a la del servicio principal. Los datos de audio son empaquetados en PES (flujo elemental empaquetado) de audio.

2.2.4 Capa de Transporte

La norma o estándar MPEG-2 (ISO/IEC 13818-1) define con precisión la sintaxis del flujo de transporte de bits (**TS: *Transport Stream***) que es una técnica de paquetización y define los requerimientos del decodificador, dejando cierta libertad en los métodos y algoritmos de compresión.

Los datos comprimidos de video, audio y los datos complementarios se multiplexan formando una sola sucesión de bits. Esta sucesión de bits modula una señal que se transmite por radiodifusión terrestre.

En la FIGURA 18, se ve cómo los paquetes elementales (video, audio, auxiliar) forman un paquete de programa para que luego, varios programas formen un paquete de transporte [12]. Esta cadena de 19.39Mbps pasa entonces al sistema de transmisión.

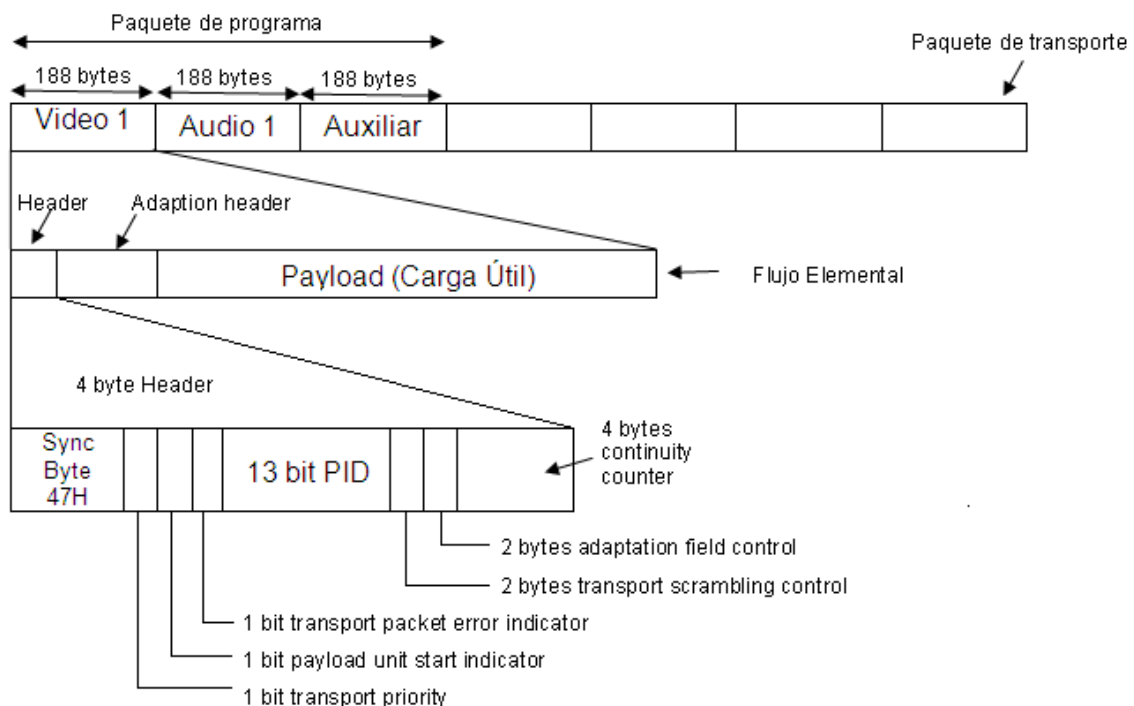


FIGURA 18. Estructura del paquete de transporte TS

Para que esta cadena de transporte sea modulada debe estar sincronizada y cada paquete de programa llevará correctamente los puntos inicial y final de acuerdo a las especificaciones de paquetización de datos MPEG-2. Estos paquetes tienen una longitud de 188 bytes de longitud donde el primer byte de cada paquete siempre es el byte de sincronización, este será reemplazado posteriormente por el segmento de sincronización de ATSC.

2.2.5 Capa de Transmisión

La capa final de "Transmisión" modula la data en una portadora apropiada para su distribución por radiodifusión terrestre, satélite o cable. Al receptor le corresponde el proceso de demodulación, el cual recupera la data paquetizada. ATSC utiliza el tipo de modulación VSB.

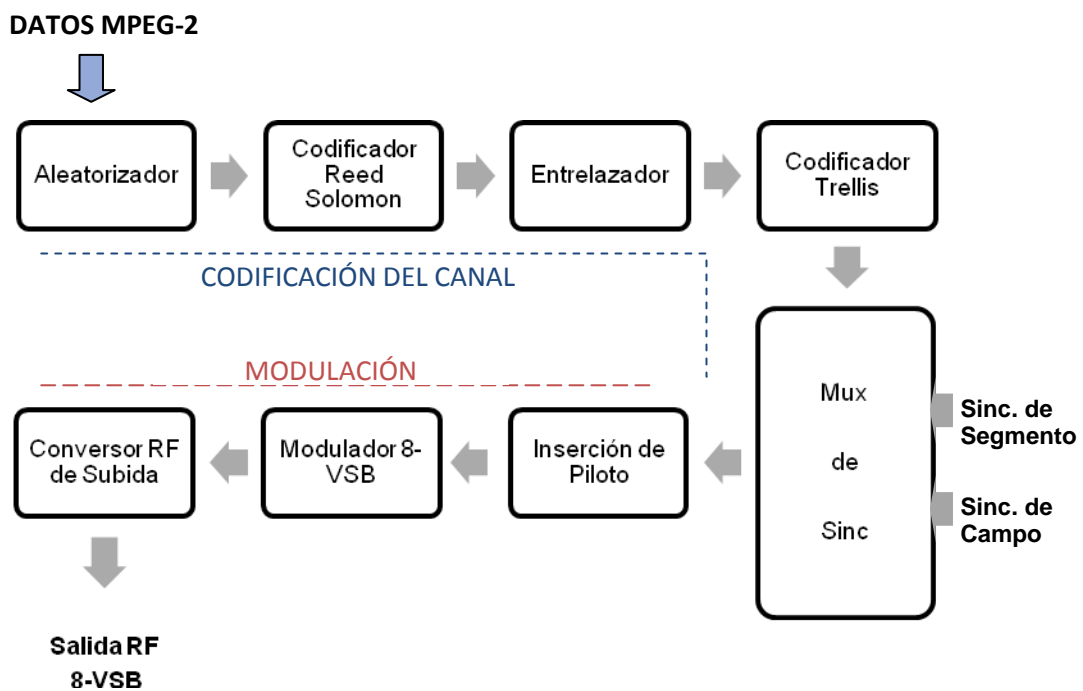


FIGURA 19. Diagrama funcional de la capa de transmisión

Aunque la compresión de MPEG-2 puede alcanzar impresionantes resultados en la reducción de la tasa de bit, se deben emplear aún más técnicas en la capa de transporte para ajustar los 19.39 Mbps de la señal a los 6 MHz del canal de RF de transmisión llevando una señal libre de errores hasta el consumidor final. Este es el trabajo del modulador 8-VSB.

La FIGURA 19 muestra el diagrama funcional de la capa de transmisión donde se indica el proceso de *codificación del canal y modulación*. A continuación una descripción general y explicación de cómo se genera la señal a ser transmitida:

2.2.5.1 Codificación de Canal

- **Aleatorizador:** Con excepción del campo de sincronización los datos son primero aleatorizados (dispersión de energía). Esto es porque nuestra respuesta de frecuencia de la señal transmitida debe tener un piso como el espectro del ruido con el fin de utilizar el espacio del asignado con la máxima eficacia. En este paso se uniformiza la distribución de energía de la señal MPEG-2 en el espectro y contribuye a que el espectro de la transmisión tenga las propiedades adecuadas.

En la randomización de los datos, cada valor de byte es cambiado de acuerdo a un conocido modelo de secuencia binaria pseudo aleatoria.

- **Codificador Reed Solomon:** Los bits aleatorizados son codificados con el fin de facilitar la detección de errores en la cadena de recepción, el código Reed Solomon utiliza específicamente el código RS (207, 187, t = 10). Este código es capaz de corregir hasta 10 bytes con errores entre cada grupo de 207.
- **Entrelazador:** El objetivo de este dispositivo es dar protección a la señal cuando hay errores de ráfaga⁹ El entrelazador de bytes empleado es

⁹ **Errores de ráfaga**, un error de ráfaga afecta a una serie de bits consecutivos, mientras que los errores aleatorios afectan a bits individuales en posiciones de la secuencia del mensaje

convolucional de longitud 52 y sólo se entrelazan los bytes de datos (incluyendo los bytes de redundancia insertados por RS).

- **Codificador Trellis:** El objetivo de este codificador es brindar una segunda capa de protección de errores. Se usa un codificador Trellis (TCM) de tasa 2/3, el que inserta un bit de redundancia por cada 2 bits de datos. Cada grupo de 3 bits resultantes definen uno de 8 símbolos de la modulación de amplitud de pulso (8-PAM) utilizada posteriormente en el modulador.
- **Multiplexor de Sincronismo:** Se insertan símbolos piloto y de sincronismo que ayudan al receptor 8-VSB para recuperar y mantener el sincronismo de la señal RF transmitida.

2.2.5.2 Modulación

La modulación en TVD es la responsable de colocar la señal digital dentro de la banda de 6 MHz asignada. Se puede acomodar 19,39 Mb/s mediante la modulación 8-VSB que es utilizada para radiodifusión y 38,78 Mb/s mediante 16-VSB que se utiliza para distribución por cable.

Modulación de Amplitud de Pulsos de 8 niveles (8-PAM) en banda base, trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida, seguido por un filtro que elimina la banda lateral inferior y un circuito que inserta una portadora. Este método de modulación es conocido como *Vestigial Side Band Modulation* (VSB). VSB es en gran medida una modulación de Banda Lateral Única (BLU), pero difiere de ésta por la forma en que es generada. En BLU una de las Bandas Laterales es *cancelada* completamente mediante circuitos o filtros muy escarpados, mientras que en VSB la Banda Lateral Inferior (BLI) es *filtrada* mediante filtros de fácil realización. Debido a que todo filtro realizable tiene una transición no instantánea entre la

Banda Lateral Superior (BLS) y la Banda Lateral Inferior (BLI), la señal filtrada inevitablemente contiene vestigios de la BLI de ahí el nombre VSB.

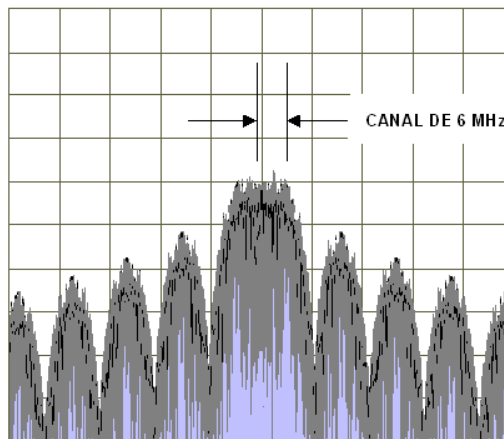
La inserción de una portadora simplifica las tareas de sincronización y demodulación en el lado receptor. En la práctica, la portadora es insertada en banda base agregando un valor de continua a la modulación 8-PAM, previo al traslado a radiofrecuencia realizado con el modulador de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida tradicional.

El proceso de modulación se describe a continuación y completa la descripción de la FIGURA 19.

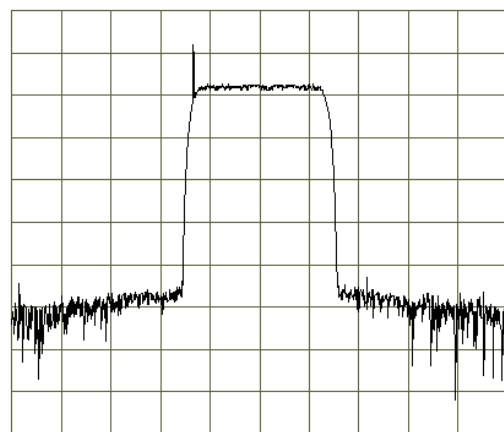
- **Inserción de Piloto:** El tono piloto (portadora) se inserta en banda base agregando a la modulación 8-PAM un offset que causa que su valor medio no sea cero. La potencia del piloto es pequeña y está 11,3 dB por debajo de la potencia promedio de la señal.
- **Modulación 8-VSB:** La señal 8-PAM con offset es primero trasladada a una frecuencia intermedia mediante modulación de Banda Lateral Doble Portadora Suprimida y luego filtrada con un filtro de Nyquist, ver FIGURA 20.

El espectro de la señal modulada tiene características similares al ruido y cae abruptamente en los extremos de la banda de 6 MHz. La energía se distribuye de manera prácticamente uniforme en todo el ancho de banda, gracias a la aleatorización realizada antes de la codificación de canal. En los extremos de la banda la señal se conforma de acuerdo al filtro de Nyquist.

El filtro especificado tiene factor de *roll-off* de 11,5%, lo cual divide la banda de 6 MHz en una porción activa de 5,38 MHz y dos bandas de guarda de 310 kHz (una en cada extremo de la banda).



(a)



SPAN: 20 MHz

VERT SCALE: 10 dB / div

(b)

FIGURA 20. Espectro de la señal modulada 8-VSB (a) Modulada en Banda Lateral Doble con Portadora Suprimida (b) Señal Modulada y Filtrada

Este tipo de modulación 8-VSB permite trabajar a 14,9 dB de S/N lo cual determina una SER (*Segment Error Rate*) de $1,93 \times 10^{-4}$. Esto equivale a 2,5 segmentos errados por segundo que es el umbral subjetivo de visibilidad de errores.

Resumiendo entonces, Se toma la banda base del video digital, y se la comprime en formato **MPEG-2** junto con el audio **Dolby AC-3**, más los datos complementarios del canal. Todo este conjunto, forma un bloque de información serie con una frecuencia de 19,39 Mbits/segundo. Desde la salida del *encoder*

MPEG-2, los datos, pasan a través de codificadores de error (Reed-Solomon & Trellis *encoder*), se le insertan los sincronismos y la señal piloto que se encargará de sincronizar el sistema, para ingresar finalmente en el modulador **8-VSB**.

La gran desventaja del sistema ATSC es su compleja y costosa implementación, además de que el audio AC-3 y la modulación VSB (Banda Lateral Vestigial) están patentados.

2.3 ESTÁNDAR EUROPEO, DVB

2.3.1 Antecedentes Generales

DVB son las abreviaturas de *Digital Video Broadcasting*, es un consorcio plural en el cual participan 35 países, respaldado por más de 300 miembros entre los que se incluyen radiodifusores públicos y privados, compañías de difusión, fabricantes, operadores de red, desarrolladores de software, entidades reguladoras y otras instituciones más a nivel mundial, fue creado en 1993, con el fin de elaborar especificaciones para la difusión de televisión digital y la provisión de servicios de datos, para que sean estandarizadas por Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI) [21]. El DVB se caracteriza por ser un estándar abierto, flexible, interoperable y de propósitos comerciales que, además, cuenta con la capacidad de recepción móvil.

DVB fue diseñado para transmitir información de audio y video codificada de acuerdo a una versión especializada del estándar de codificación de audio y video MPEG-2, utilizando anchos de banda de 6 y 8 MHz.

DVB esta definido para distribución de video digital por diversos medios, incluyendo satélite (DVB-S), cable (DVB-C), terrestre (DVB-T) y microondas (DVB-MS¹⁰ y DVB-MC¹¹). Recientemente también fue incorporada la especificación para distribución terrestre de contenido a terminales portátiles (DVB-H).

Además, las especificaciones DVB establecen normas sobre aspectos como:

¹⁰ **DVB-MS**, especifica el sistema de distribución de DVB por microondas para frecuencias superiores a 10 GHz, basado en el estándar para distribución satelital (DVB-S), ha recibido el acrónimo DVB-MS.

¹¹ **DVB-MC**, es la especificación para distribución de DVB por microondas en frecuencias inferiores a 10 GHz, y está basado en la norma de distribución por cable, DVB-C.

- Suministro de servicios interactivos mediante canales de retorno sobre diversos medios
- (DECT, GSM, PSTN/ISDN, satelital, etc.) y protocolos (IP, NPI).
- Acceso condicional a contenidos pagados y protección de copia.
- Formato e interfaz para transferir señales DVB hacia las localidades de distribución mediante de redes de datos tradicionales.
- Transmisión de señales DVB-T mediante red de frecuencia única.
- Utilización de DVB para distribución de datos genéricos, no limitado a audio y video, y posibilitando formatos como MPEG-4.

En Europa la adopción del estándar DVB es mayoritaria mientras que en América Latina los países que se han definido por este estándar son: Colombia, Uruguay y Panamá.

2.3.2 DVB-T

La norma DVB-T (*Terrestrial Digital Video Broadcasting*) es recogida en el estándar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) EN 300 744 [21], especifica las propiedades de la capa física tanto los procesos de codificación de canal y de modulación para la transmisión terrestre de video y audio digital. El sistema se conforma muy similarmente al ATSC, como se describe a continuación. Ver FIGURA 21.

Las señales de entrada video y audio son comprimidas y codificadas según la norma MPEG-2, con una sintaxis especializada por ETSI para DVB. Dicha especialización regula los flujos de datos DVB, por ejemplo, las tasas de datos máximas para señales de audio y video con el fin de hacerlo compatible con los medios de almacenamiento como DVD, DVC, D-VHS, etc.

El “Flujo de Transporte” (TS - *Transport Stream*) obtenido después del proceso de compresión y codificación MPEG-2, se estructura de la multiplexación de varios

programas más la “Información de Servicio” (SI – *Service Information*) añadida, según lo establece la norma ETS 300 468, lo que permite compartir el canal para distribuir programación múltiple simultáneamente. Debe notarse que este proceso es prácticamente equivalente al que se realiza en los subsistemas de “Codificación y compresión de fuentes” y “Múltiplex y transporte de los servicios” del estándar ATSC, excepto por el estándar utilizado para la codificación de fuente de audio. En la norma ATSC, la codificación de audio sigue la sintaxis AC-3, mientras que la transmisión de audio del estándar DVB sigue las recomendaciones del formato MPEG-2 para estéreo y sonido envolvente (es decir, la codificación de audio es MPEG-2 en vez de AC-3).

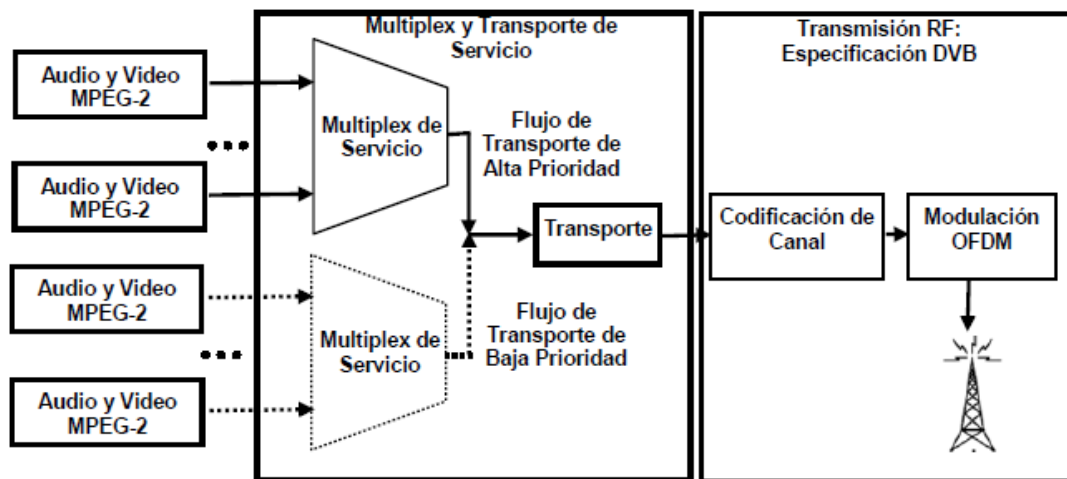


FIGURA 21. Diagrama general de la norma DVB-T

El sistema DVB-T permite además combinar jerárquicamente hasta dos flujos de transporte en una sola transmisión digital, uno de alta prioridad (AP) y otro de baja prioridad (BP), este último mostrado con línea punteada en la FIGURA 21. El flujo AP requiere menor razón señal a ruido (SNR) para ser decodificado que el BP. Así, por ejemplo, el flujo AP podría portar señales de video en resolución normal con una codificación de canal de alta redundancia, haciendo posible su decodificación a distancias lejanas a la antena de transmisión (donde la SNR es baja). El flujo BP, en cambio, podría portar la misma programación en alta resolución utilizando una codificación de alta tasa (poca redundancia), el que

sería decodificado satisfactoriamente por receptores ubicados a distancias menores (SNR alta). Cabe destacar, no obstante, que el receptor puede escoger libremente entre los flujos AP y BP y que ambos flujos de transporte podrían perfectamente ser utilizados para transmitir programación completamente distinta.

DVB como ATSC, está basado en compresión MPEG-2 y la codificación de canal sigue un patrón similar, es decir, aleatorización, codificación de bloque, entrelazado interno, codificación convolucional (trellis) y entrelazado externo, con pequeñas diferencias con ATSC. Sin embargo, la diferencia principal radica en el sistema de modulación empleado: Multiplexado por división de frecuencia ortogonal o COFDM. Está definido en la norma ETSI EN 300 744

En DVB-T se utiliza modulación OFDM con modulación QAM de las sub-portadoras.

2.3.2.1 Características de la Información Fuente

Especificaciones de Video

El sistema DVB soporta diferentes resoluciones de pantalla y tasas de trama, al igual que en el caso de ATSC, los formatos de video corresponden a los definidos en el estándar MPEG-2.

La Tabla 4, indica los formatos de video para DVB, según resolución, forma de barrido (progresivo (P) o entrelazado (I)) y tasa de cuadros por segundo. Cabe mencionar que las resoluciones indicadas operan con anchos de banda de transmisión de 6, 7 y 8 MHz [18].

Tabla 4. Resoluciones de pantalla en DVB

Líneas Verticales	Píxeles por Línea	Razón de Aspecto	Frecuencia de Tramas
1080	1920	16:9	50P(HDTV)
1080	1920,1440	16:9, 4:3	25I, 25P (HDTV)
720	1280	16:9, 4:3	25P, 50P (HDTV)
1080	1920,1440	16:9, 4:3	60I, 30P, 24P(SDTV)
720	1280,960	16:9, 4:3	60P, 30P, 24P(SDTV)
576	720,704,544,480,352	16:9, 4:3	25I, 25P (SDTV)
480	720,704,544,480,352	16:9, 4:3	60P, 60I, 30P, 24P (SDTV)
288	352	16:9, 4:3	25P (SDTV)
240	352	16:9, 4:3	24P, 30P (SDTV)

Especificaciones de Audio

DVB utiliza como sistema de audio el estándar MPEG-2. Sin embargo, es posible utilizar formatos AC-3¹² o DTS¹³. El sistema permite transportar hasta seis señales de audio, es decir, sonido envolvente (*surround sound*), a tasas de hasta 384 kbps.

¹² **AC-3**, su nombre comercial es Dolby Digital, es un sistema de compresión de audio que proporciona cinco canales independientes, todos ellos reproducen una gama de 20 a 20000 hz y puede proporcionar un canal subwoofer opcional independiente.

¹³ **DTS**, *Digital Theater Systems*, es un sistema de primera calidad que otorga audio digital multicanal a las películas. DTS no esta relacionado con Dolby, la codificación multicanal es distinta con un ancho de banda mayor, por lo tanto mayor información y definición.

2.3.2.2 Especificaciones para Transmisión RF: Codificación de Canal y Modulación

- **Codificación de Canal**

La señal de entrada al igual que en ATSC, es un flujo síncrono de transporte MPEG-2, compuesto por 187 bytes de datos más un byte de sincronismo, como indica la FIGURA 22. La carga útil de datos puede incluir paquetes de audio, vídeo y/o datos.

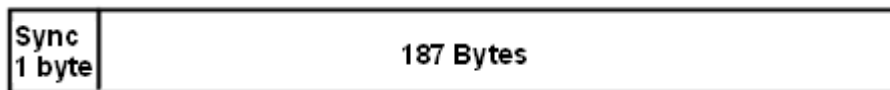


FIGURA 22. Flujo de Transporte (TS)

En la etapa de “Codificación de Canal”, se añade suficiente redundancia y protección a la señal para hacerla más robusta con vistas a poder corregir los errores - “Forward Error Correction” (FEC) - después de pasar por el canal de transmisión, además está diseñado para manejar la **Interferencia Dentro del Canal (IDC)**¹⁴ e **Interferencia de Canal Adyacente (ICA)**¹⁵ producidas por transmisiones tanto analógicas como digitales. El alto grado de protección necesario se logra mediante una concatenación de códigos Reed-Solomon (RS) y Convolutivo (Conv), y entrelazadores [21], según se describe a continuación:

Los datos de entrada de cada uno de los flujos de transporte (alta y baja prioridad) son procesados del mismo modo, según se describe a continuación.

¹⁴ **Interferencia Dentro del Canal (IDC)** es aquella producida por otras estaciones transmitiendo en la misma frecuencia (o canal) en otra ubicación geográfica.

¹⁵ **Interferencia de Canal Adyacente (ICA)** es aquella producida por otras estaciones transmitiendo en canales de frecuencia adyacentes en la misma ubicación geográfica.

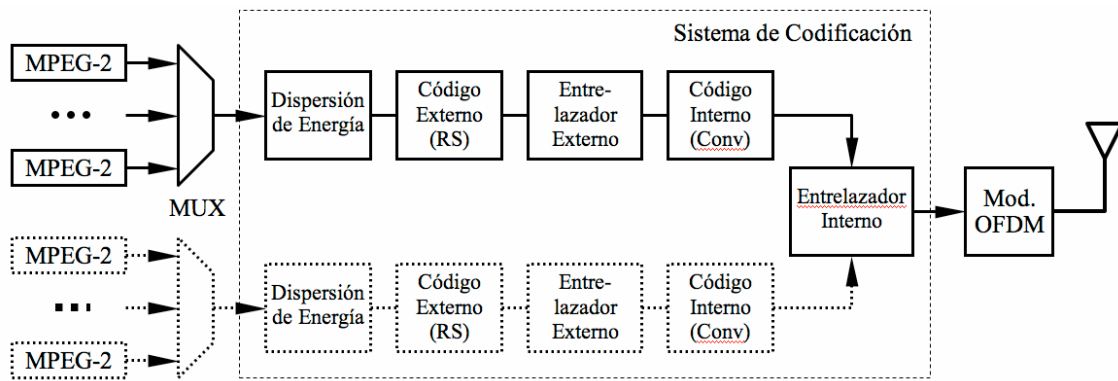


FIGURA 23. Sistema de Codificación en DVB

Dispersión de Energía: Para garantizar transiciones binarias adecuadas (necesarias para sincronización en el receptor) se realiza una “aleatorización” con el propósito de evita largas series de ceros o de unos. Se realiza mediante la multiplicación por una secuencia binaria pseudoaleatoria de orden 15 (PRBS-15), para el propósito se emplea un generador que usa el polinomio:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

El resultado del proceso de “Dispersión de Energía” se indica esquemáticamente en la FIGURA 24.

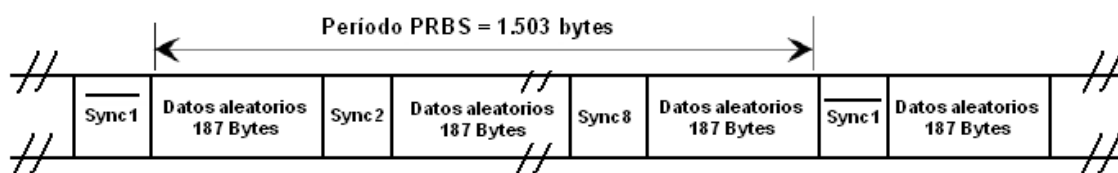


FIGURA 24. Resultado de la adaptación y dispersión de energía del TS MPEG-2

Código Externo (Reed-Solomon): A los paquetes resultantes se les aplica una codificación Reed Solomon (204, 188, T=8) para generar un paquete con corrección de error, ver FIGURA 25. Al paquete de 188 bytes se agregan 16 más que garantizan corrección de errores hasta 8 bytes.

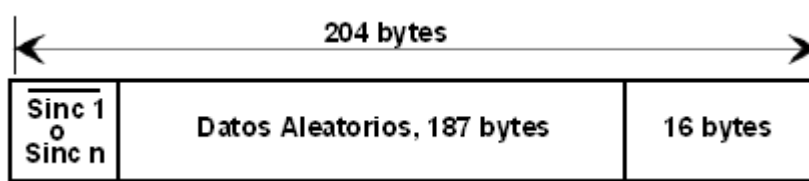


FIGURA 25. Reed Solomon (204, 188, T=8)

Entrelazador Externo: En seguida se aplica un proceso de entrelazado convolucional por bloques (se entrelaza internamente el contenido de cada grupo de 204 bytes).

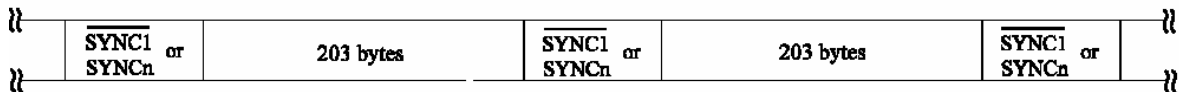


FIGURA 26. Entrelazado Externo con profundidad I=12

La FIGURA 26 muestra el esquema de concepto del “entrelazado convolucional”, relativo al byte y con profundidad I=12, a que se someten los datos que han sido previamente protegidos mediante la codificación externa Reed-Solomon.

Este proceso reduce los errores por ráfagas introducidos por el canal de transmisión (errores que afectan a varios bytes consecutivos), ya que después de la reordenación de los datos en el receptor, estos errores se habrán distribuido entre paquetes sucesivos, lo que favorecerá que no se excedan los límites en los que la codificación Reed-Solomon puede recuperar la información original.

Código Interno (Convolucional): Este codificador convolucional a diferencia del codificador Reed-Solomon es un codificador “con memoria”. Dicha codificación se lleva a cabo a nivel de bits.

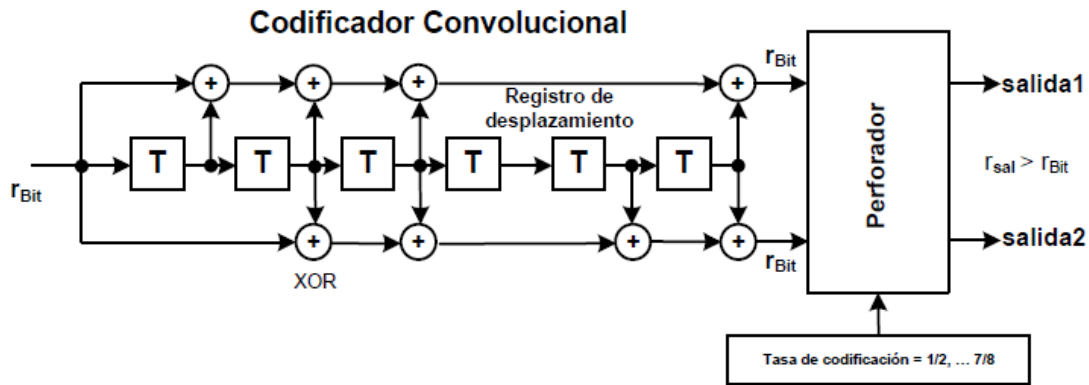


FIGURA 27. Codificador convolutivo en DVB-S y DVB-T

En DVB-S, y también en DVB-T, se usa un registro de desplazamiento de seis etapas con 5 derivaciones cada uno en las rutas superior e inferior, FIGURA 27.

El codificador convolutivo consiste en un registro de desplazamiento de 6 etapas y dos rutas de señal en que la señal de entrada es mezclada con el contenido del registro de desplazamiento en ciertas derivaciones. Puede operar a tasas $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$ y $\frac{7}{8}$, otorgando así flexibilidad entre tasa de datos y el nivel de protección que se desea. La tasa de codificación es determinada por el operador según la cobertura y tasa de datos que desee, y puede modificarla libremente en el tiempo. La tasa $\frac{7}{8}$ agrega un bit de redundancia por cada siete bits de información, y provee el grado de protección más débil a los datos, pero tiene una mayor capacidad de transporte. La ventaja es que 7 de cada 8 bits transmitidos contienen información, pero la cobertura es reducida, puesto que se requiere una señal fuerte (alta razón señal a ruido) para lograr la decodificación sin errores. En el otro extremo, la tasa $\frac{1}{2}$ otorga el máximo grado de protección a los datos. Ello permite decodificar la señal a distancias mayores, donde la razón señal a ruido es débil, pero sacrifica la tasa de datos puesto que por cada 8 bits transmitidos sólo 4 portan información.

Entrelazador Interno: Reparte la información, primero a nivel de bits y posteriormente, a nivel de símbolos. Al igual que el entrelazado externo, el entrelazado a nivel de bits permite que los grupos de bits que dan lugar a un

símbolo no estén formados por bits consecutivos de la entrada. Cabe señalar en este momento que el número de niveles del entrelazador de bits dependerá del tipo de mapeo de modulación que se utilice: 2 niveles para QPSK, 4 para 16-QAM y 6 para 64-QAM. El entrelazador de símbolos toma los símbolos a la salida del entrelazado de bits y los “reacomoda”, separando símbolos consecutivos

En transmisiones no jerárquicas, solamente existe el flujo de transporte superior (FIGURA 21, bloques con líneas sólidas). En transmisiones jerárquicas, el entrelazado opera en forma similar, excepto que los símbolos son formados por grupos de 2 bits del flujo AP y 2 bits del flujo BP (caso 16-QAM-jerárquico), o bien 2 bits del flujo de AP y 4 bits del flujo BP (caso 64-QAM jerárquico).

- **Modulación OFDM**

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), es una técnica de comunicación que consta de dos partes: en la primera se divide un canal, de frecuencia, en un número determinado de bandas de frecuencias, en cada banda se transmite una subportadora que transporta una porción de la información del usuario. Cada subportadora es ortogonal al resto, dándole el nombre a esta técnica de multiplexación por división de frecuencia.

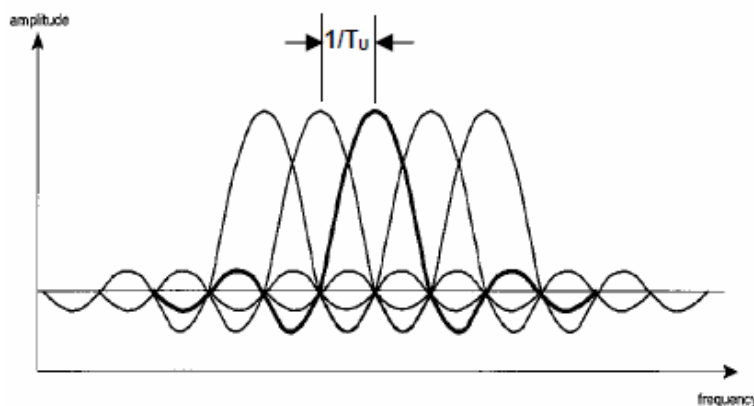


FIGURA 28. Espectro de portadoras adyacentes en la modulación OFDM

OFDM es una técnica basada en la multiplexación por división de frecuencia, pero el hecho de que cada subportadora sea ortogonal al resto permite que el espectro de cada una estén traslapadas, ver FIGURA 28, y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro debido a que no se utilizan bandas de separación entre subportadoras [22].

En la segunda parte se modula cada sub-frecuencia por un método tradicional, concretamente empleando modulación de fase en cuadratura QPSK, o modulación mixta de amplitud y fase en cuadratura QAM.

Los estados de la portadora son función del tipo de modulación. Para el tipo QPSK hay 4 estados posibles, lo que implica una mayor inmunidad al ruido, al compararlo con el tipo 64-QAM que tiene 64 estados posibles, ver FIGURA 29.

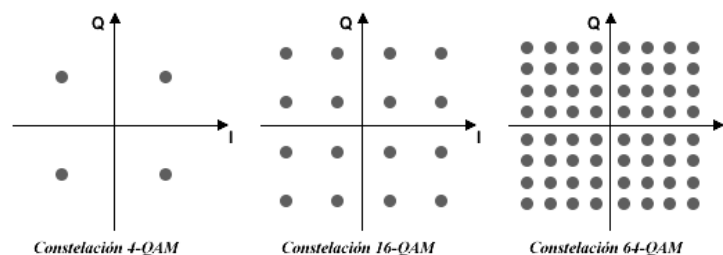


FIGURA 29. Estados de modulación OFDM

Mientras aumenta el número de niveles discretos en que se divide una señal, manteniendo su potencia o amplitud máxima, menor será la separación entre los niveles, y por lo tanto es más fácil que se confundan los niveles al sumarse ruido durante la transmisión. El precio de tener mayor inmunidad con modulación QPSK, es menor velocidad de transmisión de datos, ya que con QPSK se transmiten solo 2 bit por cada símbolo, en cambio con 64-QAM se transmiten 6 bits por cada símbolo.

DVB-T utiliza modulación **OFDM** con los siguientes parámetros principales.

Sub-Portadoras: Se consideran tres modos de operación según el número de subportadoras en las cuales se subdivide la banda de transmisión. Concretamente, se tiene el modo “2k” con 2048 sub-portadoras, el modo “4k” con 4096 sub-portadoras, y el modo “8k” con 8192 sub-portadoras. El modo 4k fue añadido recién en 2004 para otorgar mayor flexibilidad de transmisiones a terminales móviles pero puede ser utilizado para transmisiones DVB-T también.

En la práctica sólo se modulan 1705 sub-portadoras en el modo “2k”, 3409 en el modo “4k”, y 6817 en el modo “8k” (incluye sub-portadoras con tonos piloto y parámetros de transmisión), debido a limitaciones de los circuitos de radiofrecuencia. Entre las subportadoras moduladas, la cantidad de sub-portadoras destinadas a portar datos de video propiamente tales son 1512, 3024 y 6048 respectivamente, mientras que las demás son utilizadas para transmitir parámetros de codificación, modulación y tonos pilotos necesarios para sincronización y estimación del canal. Esto además permite que cada operador configure su transmisión libremente en cada momento según contenido (noticias, alta definición, flujos priorizados), plan de negocios, etc., y que cada receptor se ajuste automáticamente a ella.

El modo de sub-portadoras “2k” es más adecuado para recepción en terminales móviles, puesto que la duración menor de cada símbolo OFDM permite velocidades del móvil mayores (variaciones del canal más rápidas), precisamente hasta 4 veces superiores que en el modo “8k”. En cambio, la desventaja de usar el modo “2k” es que está limitado a canales 4 veces menos dispersivos que el modo 8k, lo que se traduce en celdas cuyo *radio de cobertura* es 4 veces menor que para el caso 8k, y por ende, cuya *área de cobertura* es 16 veces menor. Esto encarece significativamente el costo de implementación. El modo “4k” fue introducido como un compromiso intermedio entre costo y movilidad.

Ancho de Banda de Transmisión: El ancho de banda de transmisión depende esencialmente del ajuste de frecuencia del reloj (*clock*) de los circuitos que implementa la cadena de codificación de canal y modulación OFDM en transmisores y receptores DVB-T. No obstante, el estándar especifica

explícitamente transmisiones en bandas de 5, 6, 7 y 8 MHz. Así, para canales de 8 MHz el período de reloj especificado es $7/64 \mu\text{s}$, y de $7/48 \mu\text{s}$ para canales de 6 MHz.

Intervalo de Guarda Temporal: El propósito de los intervalos de guarda es proveer inmunidad a la dispersión de canal. La técnica consiste en separar símbolos OFDM consecutivos y rellenar la brecha resultante (intervalo de guarda) con datos redundantes. Se especifican cuatro posibles valores para el intervalo de guarda entre símbolos OFDM, de $1/4$, $1/8$, $1/16$ y $1/32$ de la duración del símbolo OFDM. Su elección depende principalmente de la geografía del entorno de transmisión, lo que determina la dispersión del canal correspondiente. En regiones con montañas se debe optar por valores mayores ($1/4$ - $1/8$) que en las llanuras. En el caso más extremo (intervalo de $1/4$), la tasa de datos se ve reducida en un 20%.

Modulación de Sub-Portadoras: Las subportadoras pueden ser moduladas con constelaciones 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM. Estas constelaciones son uniformes (símbolos equidistantes) en el caso de transmisión de un flujo de transporte único, mientras que se utiliza un formato no-uniforme (símbolos equidistantes dentro de cada cuadrante, pero con separación mayor entre cuadrantes) al combinar flujos jerarquizados AP y BP.

2.3.2.3 Tasas de Transmisión

Dependiendo de la codificación, modulación y ancho de banda de transmisión las tasas de datos en DVB-T varían entre 3,73 Mbits/s y 23,75 Mbit/s para bandas de 6 MHz. Para bandas de 8 MHz, están en el rango de 4,98 Mbits/s y 31,67 Mbits/s.

2.4 ESTÁNDAR JAPONÉS, ISDB

El estándar de televisión digital japonés, *Integrated Services Digital Broadcasting* (ISDB), fue establecido por la *Association of Radio Industries and Businesses* de Japón (ARIB) y es promovido en el mundo por el *Digital Broadcasting Experts Group* (DiBEG)[23].

La investigación y desarrollo para ISDB comenzó en los años 1980 y el estándar propiamente tal fue forjado en los años 1990. En la actualidad ya lleva distribuidos 88,2 millones de receptores de ISDB-T en total. Lo que se destaca es la variedad de receptores, tales como grabadores HDD¹⁶, mini-reproductores de DVD, HDTV para vehículos, computadoras personales, *notebooks*, reproductores MP4, sintonizadores USB, videojuegos de mano, radios de bolsillo, teléfonos celulares, etc.

El estándar ISDB comprende media docena de documentos, los que especifican la distribución de video digital por satélite (ISDB-S), cable (ISDB-C) y terrestre (ISDB-T), este último incluyendo terminales móviles.

Una de las características únicas de ISDB-T es la recepción libre y gratuita en dispositivos portátiles, principalmente teléfonos celulares. Se llama "One-Seg", en referencia al pequeño segmento asignado exclusivamente para la portabilidad de la televisión abierta brindando a cualquier ciudadano un nuevo modo de ver televisión, sin costo alguno.

ISDB fue diseñado en torno al estándar de codificación de audio y video MPEG-2 (norma ISO/IEC 13812), y contiene especificaciones para transmisión de televisión de resolución estándar, en modo multiplexado, y de alta definición (HDTV). Similarmente a la norma Europea (DVB).

¹⁶ **Grabadores HDD**, estos grabadores permiten grabar la programación en formato DVD o en un disco duro de gran memoria conocido como HDD. Poseen la ventaja de que permite editar los programas, eliminando las partes sobrantes. Estos grabadores también sirven para leer discos DVD.

ISDB-T permite la transmisión tanto de HDTV (TV de alta definición), como también SDTV (TV de definición estándar), permitiendo hasta ocho programas simultáneos variando la calidad de cada uno de ellos.

2.4.1 Adopción de Brasil

Luego de más de 10 años de exhaustivos análisis y estudios con la participación de 1800 ingenieros e investigadores en más de 80 instituciones académicas y científicas, Brasil adoptó ISDB-T en junio de 2006. Además, Brasil introdujo H.264 (MPEG4 AVC) ¹⁷ en la compresión de imágenes en concordancia con la corriente industrial y tecnología de hoy.

Así, Brasil inició la transmisión comercial bajo el estándar ISDB-T en diciembre de 2007, y hoy la calidad y la alta performance del llamado Sistema Japonés-Brasileño ya es apreciado en nueve ciudades de dicho país.

2.4.2 Desafío Geográfico

Una de las ventajas del sistema ISDB-T es que permite transmitir la señal a lugares muy lejanos, incluso a los sitios de mayor complejidad geográfica, ya que fue desarrollado para cubrir el territorio del Japón donde el 70% de su territorio está constituido por lugares de difícil acceso.

2.4.3 EWS - Sistema de Activación Automática

EWS (*Emergency Warning System*) es un mecanismo para encender automáticamente todos los receptores fijos y portátiles en modo *Stand-by* y

¹⁷ **H.264 (MPEG4 AVC)**, es una norma que define un códec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por el ITU-T *Video Coding Experts Group* (VCEG) y el ISO/IEC *Moving Picture Experts Group* (MPEG).

permite proyectar en sus pantallas avisos de emergencia en caso de desastres naturales o cuando se requiera difundir anuncios de alta connotación pública.

2.4.4 Características Técnicas del ISDB-T

ISDB-T se desarrolló de acuerdo a los siguientes requerimientos:

Tabla 5. Características y Requerimientos ISDB-T

Nro.	Ítem	Requerimiento	Notas
1.	Alta calidad	HDTV en 6 MHz de ancho de banda	
2.	Robustez	Robustez contra multi-pad, ruidos urbanos, desvanecimiento y cualquier otra interferencia	
3.	Flexibilidad		
3.1	Del Servicio	Cualquier servicio es posible en 6 MHz de ancho de banda	Posibilidad de HD/SD
3.2	De la recepción	Cualquier sistema de recepción es posible, fijo/móvil/portátil, en el mismo ancho de banda	
4.	Utilización efectiva del recurso de frecuencias	Posibilidad de SFN (<i>Single Frequency Network-Isofrecuencia</i>) para reducir frecuencias.	
5.	Interactividad	Armonización con la red	
6.	Transferencia de datos		
7.	Compatibilidad	Se requiere la máxima compatibilidad para reducir los costos de recepción. Especialmente en radio digital, es deseable un estándar común.	

1. Alta calidad/flexibilidad del servicio

En ISDB-T se han adoptado las siguientes tecnologías: Tecnología multiplex flexible (sistema MPEG-2), Sistema de codificación de video/audio flexible y de alta eficiencia (MPEG-2 Y MPEG AAC¹⁸) [24].

2. Robustez/flexibilidad de recepción

Para dar robustez contra los factores de degradación de la banda VHF¹⁹/UHF²⁰, el estándar ISDB-T adoptó el sistema de transmisión OFDM con la tecnología de “*Time Interleave*”, como resultado de ello proporciona las siguientes características: (a) menor potencia de transmisión, (b) posibilidad de usar antenas de recepción internas, (c) servicios de recepción móvil/portátil, etc.

3. Utilización efectiva del recurso de frecuencias

Adoptando el sistema de transmisión OFDM, es posible la construcción de una red de Isofrecuencia (SFN). Como resultado, es posible reducir frecuencias para transmisores de relevo (repetidores). Además, usando la misma frecuencia para muchos transmisores de la misma red, no es necesario cambiar el canal de recepción de los receptores móviles/portátiles.

4. Movilidad/Portabilidad

Para permitir los servicios de recepción fija/móvil/portátil en el mismo canal, ISDB-T desarrolló una nueva tecnología, llamada “Sistema de Transmisión Segmentada OFDM”. Como resultado, es posible el servicio fijo/móvil y portátil en un mismo canal.

¹⁸ **MPEG AAC** (MPEG *Advanced Audio Coding*), este formato corresponde al estándar internacional “ISO/IEC 13818-7”; un estándar creado por MPEG caracterizado por su alto rendimiento y calidad. La codificación de audio avanzada (AAC) se encuentra en el núcleo del MPEG-4

¹⁹ **VHF** (*Very High Frequency*), es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

²⁰ **UHF** (*Ultra High Frequency*), es una banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.

El servicio “One-Seg”, es un servicio portátil único del ISDB-T, usando un segmento de los 6 MHz. El receptor de “One-Seg” se instala fácilmente en los teléfonos celulares, PDA portátiles, sintonizadores USB, etc., por lo que esto permite el servicio de transmisión a “Cualquier tiempo en cualquier lugar”

5. Servicio One-Seg

El servicio One-Seg, usa un segmento del ancho de banda de 6 MHz, no necesita otro canal, por lo que no necesita otro transmisor, permite ahorrar frecuencias y costos de infraestructura a la compañía transmisora. Además, el receptor One Seg, opera con una recepción de banda muy estrecha, esta operación ahorra consumo de energía permitiendo un largo tiempo de recepción con baterías.

6. Compatibilidad

Para reducir el costo de los receptores se usa una tecnología común para los receptores digitales para satélite / terrestres / cable. Como resultado el chip de recepción que usan estos receptores digitales es común.

7. Uso para casos de prevención de desastres

Para cumplir con este uso, son necesarios cumplir con dos puntos: uno es la portabilidad y el otro es el EWS (*Emergency Warning System* - Sistema de Alerta de Emergencias) cuyo propósito es encender los receptores automáticamente.

2.4.5 Estructura del ISDB-T

Como se muestra en la FIGURA 30, en general el sistema de transmisión digital ISDB-T se compone de tres bloques funcionales: (1) Código Fuente, (2) Bloque Multiplex, (3) Bloque de transmisión de código

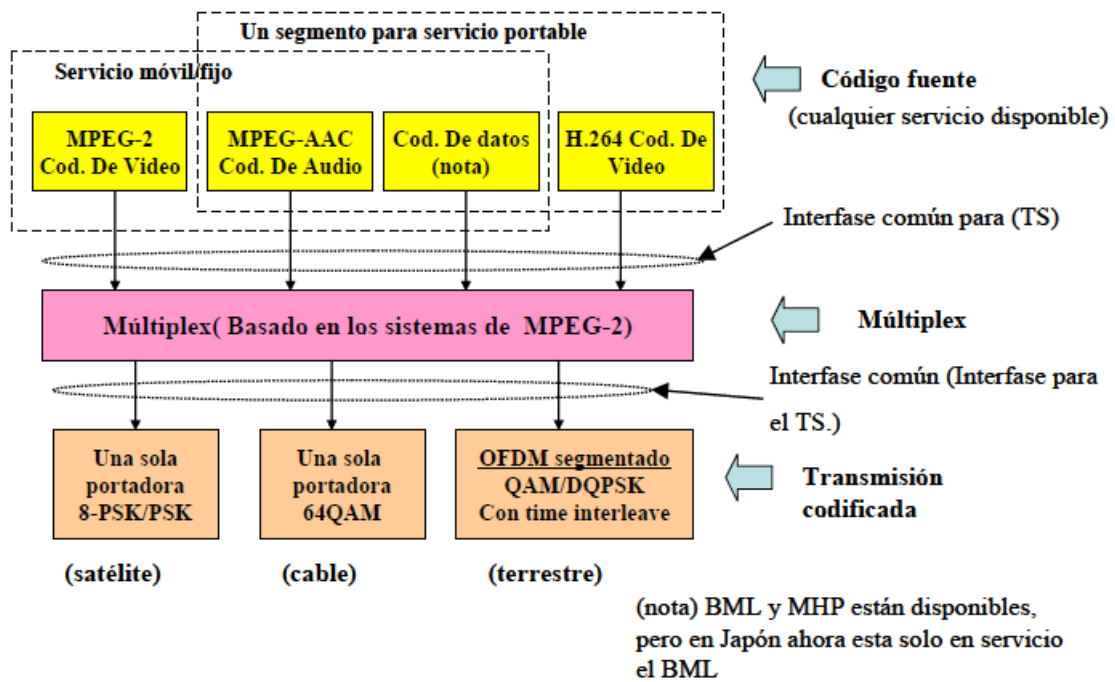


FIGURA 30. Estructura del sistema de transmisión digital ISDB-T

En Japón, de acuerdo a la estructura del sistema de transmisión digital, las especificaciones de cada bloque funcional, son estandarizadas como estándar ARIB

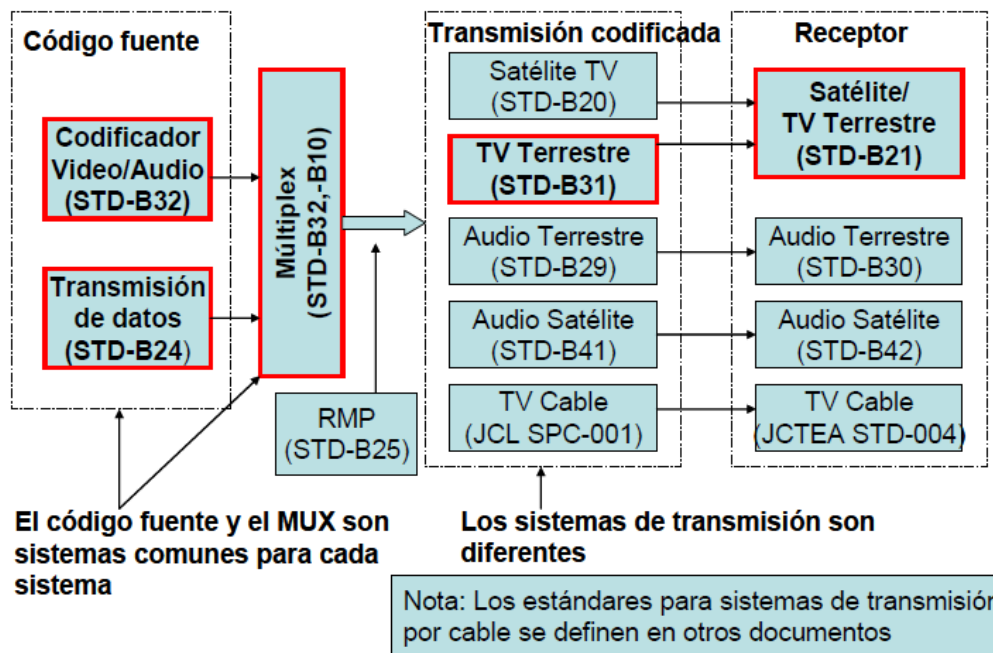


FIGURA 31. Estándar de transmisión digital en Japón

El estándar para el sistema de transmisión digital es como se muestra en la FIGURA 31.

2.4.6 Métodos Técnicos para obtener las características del sistema ISDB-T.

2.4.6.1 Alta Calidad / Flexibilidad del servicio

- **Alta Calidad**

La alta calidad es el requerimiento más importante para un sistema de transmisión digital.

La transmisión satelital en Japón empezó desde 1997, el servicio de HDTV es un servicio real de transmisión satelital, por lo que también para el servicio de transmisión terrestre se adopta HDTV. Japón adoptó el sistema MPEG-2 para HDTV/SDTV, por lo que ambos sistemas son soportados en la transmisión digital.

- **Flexibilidad del servicio**

En el sistema ISDB-T, la flexibilidad del servicio se lleva a cabo por medio de dos técnicas descritas a continuación.

1. MPEG-2 tecnología de codificación de video y MPEG-AAC tecnología de codificación de audio

MPEG-2 es la tecnología de codificación de video adoptada en el sistema Japonés de transmisión digital, soporta varios tipos de calidad de video/formatos descritos en la Tabla 6.

Para el sistema de audio, se adopta en Japón, el MPEG-AAC, sistema de alta compresión y calidad en codificación de audio, que también soporta varios tipos de audio calidad/formato mostrados en la Tabla 7.

Tabla 6. Video. Calidad/formato adoptado en la transmisión digital

Numero de líneas	525	525	750	1125	
Numero de líneas activas	483	483	720	1080	
Barrido	Entrelazado	Progresivo	Progresivo	Entrelazado	
Frecuencia de cuadro	30/1.001 Hz	60/1.001 Hz	60/1.001 Hz	30/1.001 Hz	
Frecuencia de campo	60/1.001 Hz			60/1.001 Hz	
Relación de aspecto	16:9 o 4:3	16:9	16:9	16:9	
Frecuencia de línea fh	15.750/1.001 khz	31.500/1.001 khz	45.000/1.001 khz	33.750/1.001 khz	
Frecuencia de muestreo	Luminancia	13.5 Mhz	27 Mhz	74.25/1.001 Mhz	74.25/1.001Mhz
	Diferencia de color	6.75 Mhz	13.5 Mhz	37.125/1.001 Mhz	74.25/1.001Mhz
Numero de muestras por línea	Luminancia	858	858	1650	2200
	Diferencia de color	429	429	825	1100
Numero de muestras por línea activa	Luminancia	720	720	1280	1920
	Diferencia de color	360	360	640	960

ARIB STD-B32 Parte 1, Capitulo 2.4

Tabla 7. Audio Calidad/formato adoptado en la transmisión digital

Parámetro	Restricciones
Modo de audio	Monoaural, stereo, multicanal stereo (3/0, 2/1, 3/1, 2/2, 3/2, 3/2+LFE) ^(Nota 1) , 2-señales de audio (dual monoaural), multi-audio (3 o mas señales de audio) y combinaciones de lo anterior.
Modos posibles de audio	
Modo de audio recomendado	Monoaural, stereo, multicanal stereo (3/1, 3/2, 3/2+LFE) ^(Nota 2) , 2-audio señales (dual monoaural)
Énfasis	Ninguna

(Nota 1) Numero de canales frontales y traseros (Bocinas):	Ejemplo: 3/1 = 3 frontales + 1 trasero 3/2 = 3 frontales y 2 traseros
(Nota 2) LFE = Low frequency enhancement channel	Canal de enlace de baja frecuencia

ARIB STD-B32 Parte 2 Capitulo 5.1

Los receptores para la transmisión digital en Japón, deben de cumplir con la especificación de decodificar cualquier tipo de video/audio calidad/formato descritos en el la Tabla 6 y en la Tabla 7.

En adición a lo anterior, las especificaciones del receptor digital, especifican que la salida del formato de video a mostrar, debe de poderse seleccionar de acuerdo a la especificación mostrada.

La siguiente conversión de formatos es posible:

HDTV→SDTV

SDTV→HDTV.

Como se describió anteriormente, el receptor de ISDB-T tiene flexibilidad para reproducir video/audio calidad/formato. Así es posible disfrutar programas en HDTV y en SDTV convirtiendo formatos. Por esto, los receptores ISDB-T soportan la variación en los servicios de transmisión, tales como HDTV, HDTV + SDTV, multi SDTV, etc., en un solo receptor.

Para el sistema de audio, se soportan varios formatos, tales como monoaural/Stereo /bi-lingue/ multicanal stereo, y también conversiones de multicanal a monoaural y estéreo, así que estos pueden ser usados y ligados al sistema de audio.

Como se describió anteriormente, adoptando el estándar ISDB-T, cualquier tipo de servicio de transmisión es posible en un receptor.

En Sudamérica, ya se usa el sistema *Dolby 5.1 surround*. Para compatibilidad entre MPEG-AAC y el *Dolby surround*, se utiliza un convertidor AAC/DTS asegurando la compatibilidad. (En Brasil, se logró esta conclusión en Marzo del 2007).

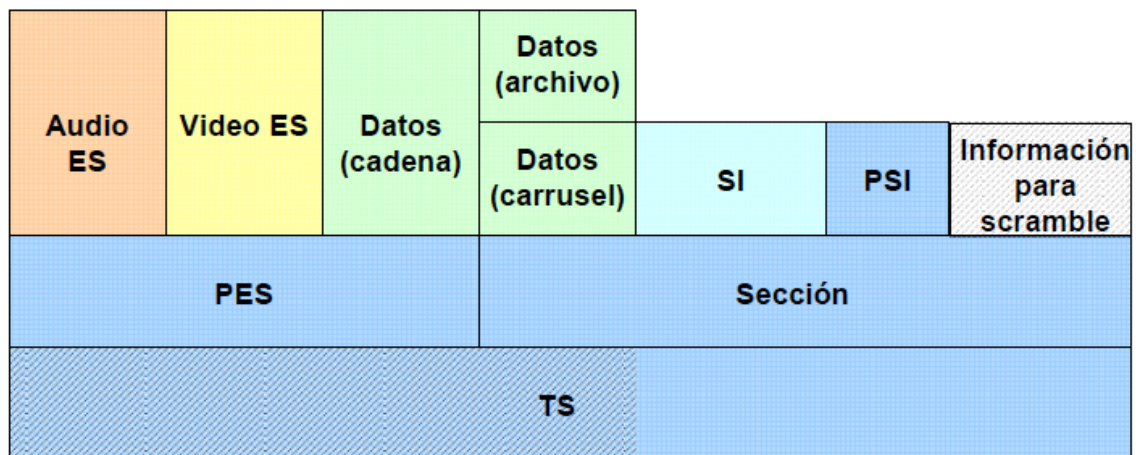
2. MPEG-2 Sistemas para Multiplex

ISDB-T adoptó el sistema MPEG-2 como tecnología múltiplex. En los sistemas MPEG-2, todos los contenidos transmitidos, video/audio/datos son

multiplexados en un paquete llamado Flujo de transporte (*Transport stream*). Aunque, cualquier tipo de contenido/servicio puede ser multiplexado.

El concepto múltiplex se muestra en la FIGURA 32.

Como se muestra en la FIGURA 32, los contenidos de flujo, tales como video, audio y flujo de datos, son convertidos al formato PES (*Packet Elementary Stream*) Paquete de Flujo Elemental y finalmente son convertidos al TS y multiplexados; por otro lado, los contenidos que no son del tipo de flujo de datos, son convertidos al formato de Sección y finalmente convertidos al formato TS y multiplexados.



- Los formatos de la señal PES, TS están definidos por ARIB STD-B32, basados en el sistema MPEG-2.
- PSI esta definido en ambos STD-B32 y STD B10. En el STD-B32, solo en el esquema establecido para el sistema MPEG-2 es definido.

FIGURA 32. Formato Multiplexado en el sistema ISDB-T

2.4.6.2 Características del sistema de Transmisión (Robustez, Flexibilidad del Sistema de Recepción, Utilización de Frecuencia, Movilidad & Portabilidad)

La característica más importante del ISDB-T es su sistema de transmisión. En las siguientes secciones se describen las características y tecnologías usadas en el ISDB-T.

- **Tecnología de transmisión OFDM (robustez en contra de multi-path, SFN red isofrecuencia)**

La tecnología OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) de transmisión, es un sistema de transmisión de multi portadoras. En el sistema de transmisión OFDM, los datos digitales son divididos en multi portadoras y enviados. Como resultado, la longitud del símbolo de transmisión tiene mayor longitud que en un sistema de transmisión de una sola portadora.

Si el símbolo de transmisión tiene mayor longitud habrá menos degradación por la Interferencia Inter Símbolo (ISI), causada por la interferencia multi-path (a esta interferencia se le llama “fantasma”)

En la FIGURA 33 se muestra el concepto de la diferencia entre un sistema multi portadora y de una sola portadora.

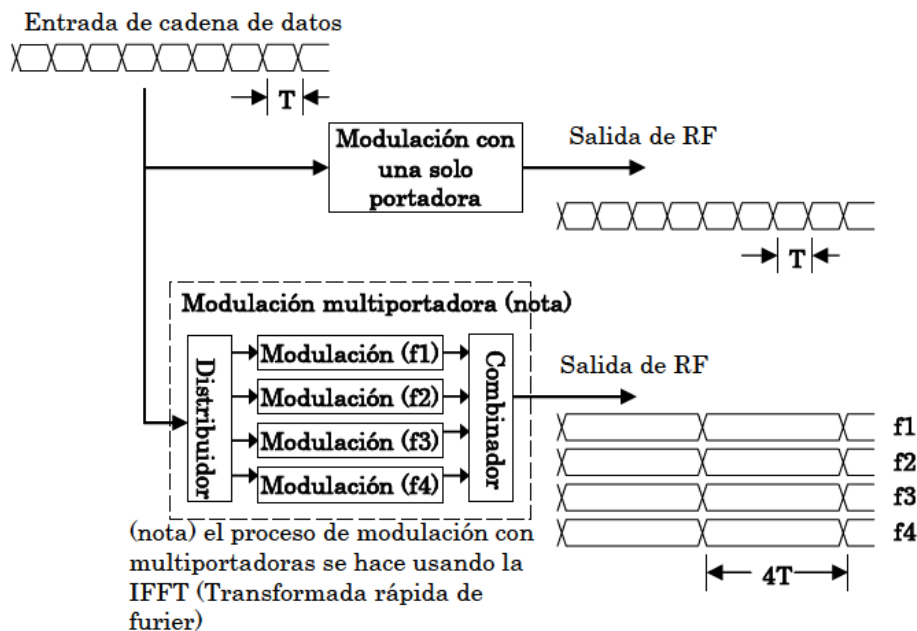


FIGURA 33. Diagrama conceptual para la relación entre la modulación y las longitudes del símbolo.

La FIGURA 33, nos muestra, 4 portadoras como un sistema multi portadoras. Como se muestra, en un sistema multi portadoras, la longitud del símbolo se extiende 4 veces, por otro lado, en un sistema de una sola portadora, la longitud del símbolo tiene la misma longitud que el de señal de entrada.

La FIGURA 34, muestra la influencia de la interferencia Multi-path, como podemos ver, es fácil entender que la Interferencia Inter Símbolo (ISI) es inversamente proporcional a la longitud del símbolo, entonces, en una condición de multi-path, un sistema con longitud de símbolo mas grande, es mejor.

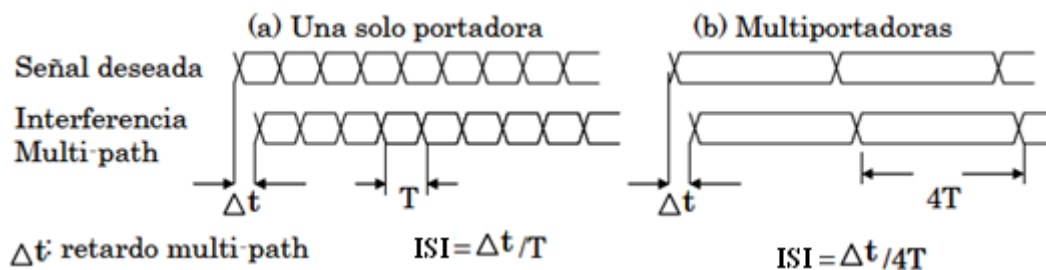


FIGURA 34. Relación de retardo multi path e ISI

En adición a lo anterior, en el sistema ISDB-T, se agrega un Intervalo de Guarda a cada símbolo. Como resultado, la robustez en contra de la interferencia multi-path es mejorado hasta en una relación de 0dB D/U (*Desired to Undesired ratio* – Relación entre Deseado y No deseado) durante el período de longitud del Intervalo de Guarda.

Como se muestra en la FIGURA 35, El sistema ISDB-T muestra la robustez durante el +/- la longitud del Intervalo de Guarda. DVB-T también tiene características similares por que adoptó el sistema OFDM, por otro lado el sistema ATSC es débil, por que en este sistema de transmisión se utiliza una sola portadora. ATSC adopto la tecnología del filtro adaptativo para mejorar la robustez, pero, el funcionamiento no es muy bueno comparado con el sistema ISDB-T.

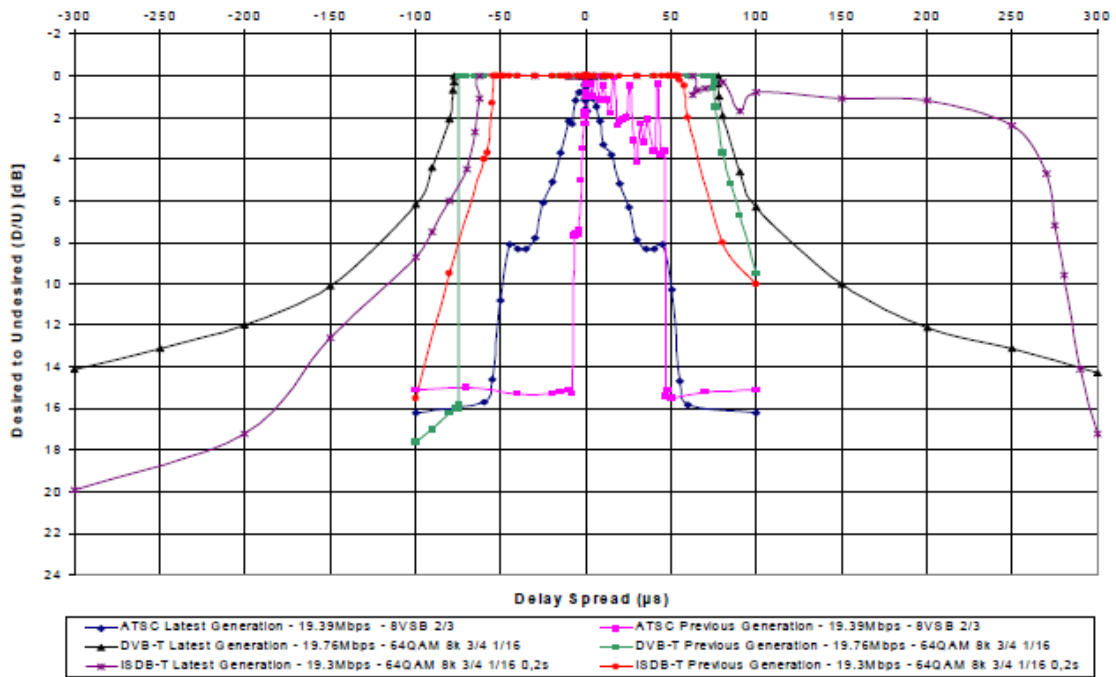


FIGURA 35. Robustez en contra de la interferencia estática multi-path (3 sistemas DTTB)

La robustez en contra del multi-path es muy importante para la transmisión terrestre debido a las siguientes razones:

1. En la banda VHF/UHF, el multi-path siempre existe. La interferencia multi-path ocurre debido a las montañas, edificios y otros accidentes, así que este efecto no solo existe en las zonas con montañas, si no también en la zona urbana. El ISDB-T muestra un excelente funcionamiento en la recepción, aun con las condiciones antes mencionadas.
2. Debido a la construcción de la robustez en contra de la interferencia multi-path, redes isofrecuencia se pueden fácilmente construir (SFN, *Single Frequency Network*). Esto permite las siguientes ventajas; (a) Ahorro en el espectro de frecuencia, (b) No hay necesidad de cambiar de canal en los servicios de recepción móvil/portátil, (c) amplia cobertura de área, aún con sombras ocasionadas por montañas o los edificios, usando pequeños repetidores.

- **Time interleave (Robustez en contra del ruido urbano, Movilidad y Portabilidad)**

En un sistema de transmisión digital, generalmente se adoptan sistemas de corrección de errores para reducir la degradación causada por diferentes tipos de interferencias (Incluyendo ruido térmico).

Los 3 sistemas de DTTB adoptaron sistemas de corrección, llamados corrección de errores concatenados (cadena de codificación convolucional/decodificación Viterbi + codificación/decodificación Reed Solomon - RS)

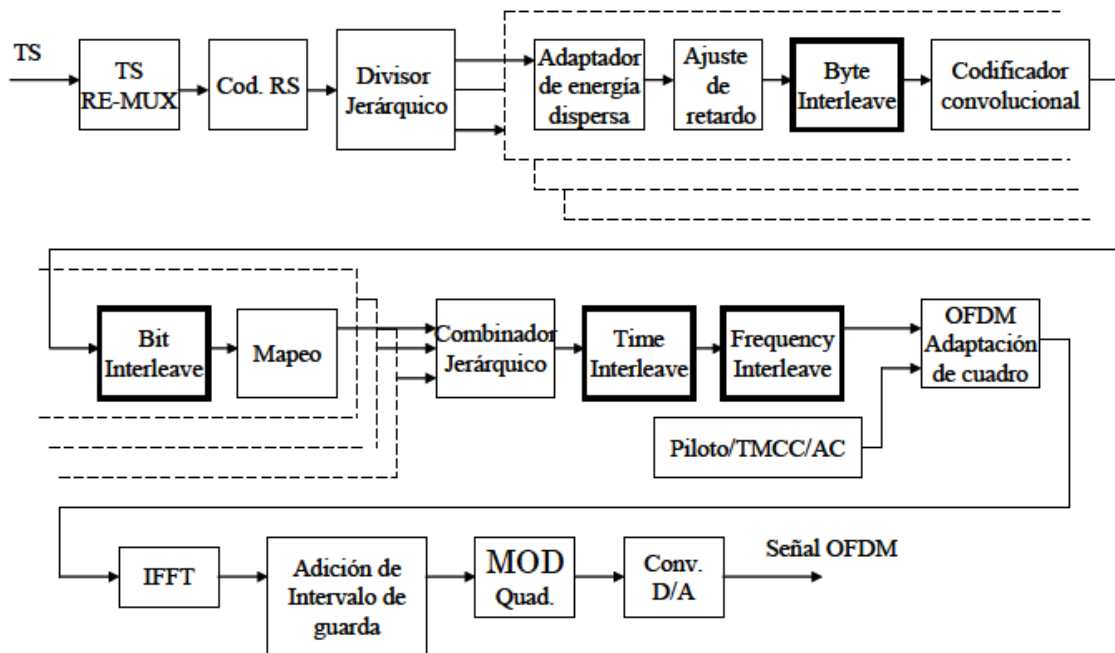


FIGURA 36. Diagrama de bloques funcional del ISDB-T

Los sistemas de error de corrección, generalmente, tienen un mejor funcionamiento en contra de los errores aleatorios tales como el ruido térmico, pero no trabajan bien en contra de los errores de *burst* (error concatenado). Por lo tanto, se adopta una tecnología para la aleatorización del error, a través de un sistema de corrección de errores, a esta tecnología se le llame tecnología “*Interleave*”.

Por ejemplo, se muestra en la siguiente página el diagrama a bloques funcional del sistema ISDB-T en la FIGURA 36, donde podemos observar que ISDB-T tiene 4 tipos de Interleave. Estos son: *Byte Interleave*, *Bit Interleave*, *Time interleave*, *Frequency interleave*.

Los efectos de estas funciones de *Interleave* se describen en la FIGURA 37.

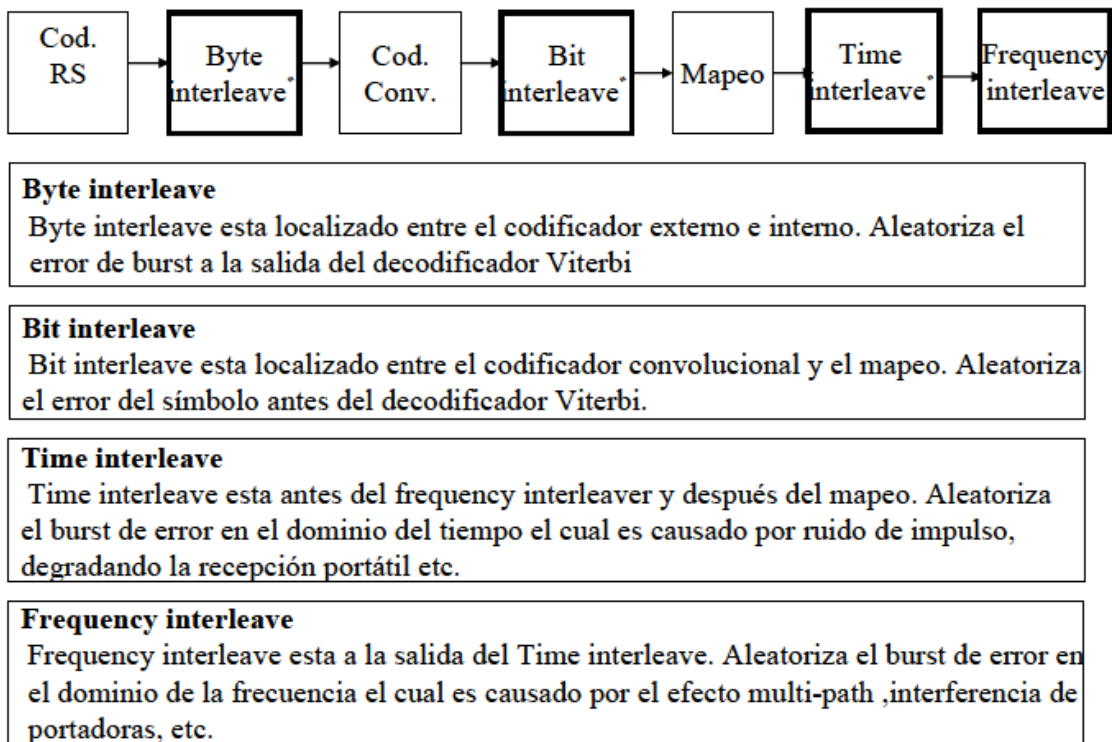


FIGURA 37. Posición de los circuitos Interleave y su efecto.

Como se muestra en la FIGURA 37, “*Time interleave*” es verdaderamente efectivo para mejorar la robustez en contra del ruido de impulso y funciona mejor para recepciones móvil/portable.

El ruido de impulso es dominante en el factor de degradación en un área urbana, los cuales son causados desde el motor de un auto, el arranque de equipo eléctrico, son llamados “ruidos hechos por el hombre”.

El sistema ISDB-T es el único que tiene la función de “*Time Interleave*”. Los sistemas ATSC y DVB-T no tienen esta función. Como resultado tenemos que el sistema ISDB-T tiene un gran desempeño de recepción en áreas urbanas y desempeño en la recepción móvil/portable.

- Transmisión segmentada OFDM (Servicios portables en el mismo canal)**
 La transmisión segmentada OFDM, es el único sistema de transmisión, que es capaz de transmitir diferentes parámetros de señal en el mismo ancho de banda. A este sistema de transmisión se le llama “transmisión en modo jerárquico”. La FIGURA 38, nos muestra una imagen de la “transmisión en modo jerárquico”

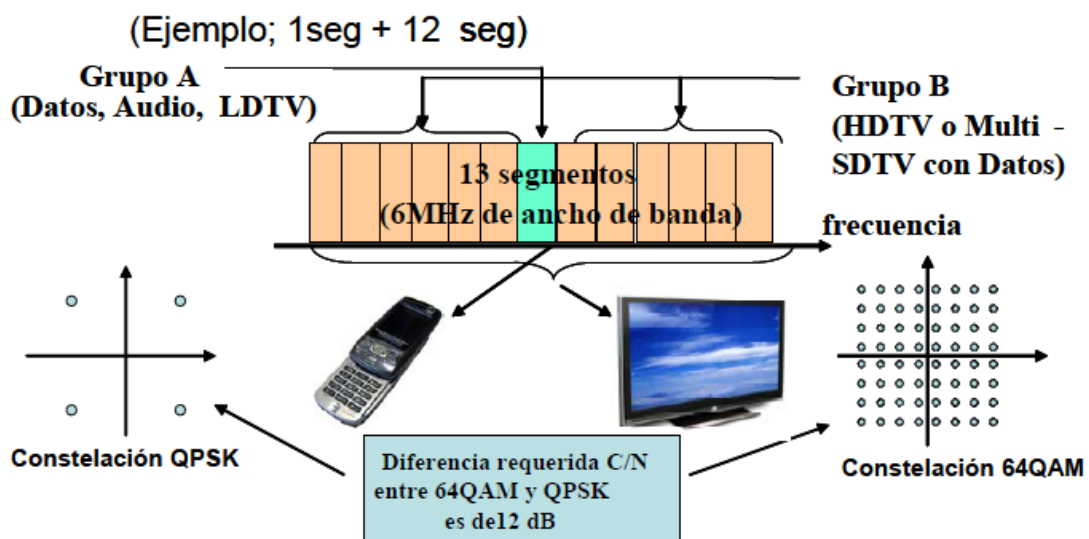


FIGURA 38. Imagen del “Sistema de transmisión en modo jerárquico” (caso de 2 grupos)

La FIGURA 38, muestra, el caso de transmisión en 2 grupos. Se usa 1 grupo en el centro del ancho de banda para el servicio de recepción portátil, y los otros 12 grupos se usan para el servicio de recepción fija de HDTV.

Para la transmisión de 1 grupo, las condiciones de recepción, tales como bajo nivel de la altura de la antena, ganancia baja de la antena, fluctuación del

nivel de la señal, son necesarios parámetros de transmisión más fuertes, y para esto se usa QPSK. Por otro lado, para 12 grupos, que se usa para recepción fija, si se considera una gran y alta ganancia de la antena, es deseable una más alta velocidad de transferencia en la transmisión, por lo que se usa 64QAM

Como se mencionó anteriormente, en el modo de transmisión jerárquico, es posible seleccionar el adecuado parámetro de transmisión, de acuerdo al estilo de recepción en el mismo canal. Con este sistema tenemos las siguientes ventajas;

1. Mejor aprovechamiento del espectro de frecuencia; en un canal son posibles múltiples servicios, y no se necesita un canal adicional.
2. Ahorro en la infraestructura de transmisión; un solo transmisor es utilizado para los servicios fijos/móviles/servicios portables.

El sistema ISDB-T es el único que ha adoptado este tipo de transmisión, de los 3 sistemas de DTTB.

Tabla 8. Ejemplo de parámetros de transmisión (HD + One-seg, en Japón)

Descripción	Grupo A (nota 1)	Grupo B (nota 2)	Nota
Tipo de servicio	Recepción portátil	Recepción fija	
No. de segmentos	1	12	Total 13
Modo	3		Común para ambos grupos
Intervalo de guarda	1/8 de la longitud del símbolo		
Modulación	QPSK	64QAM	(nota 3)
Relación de código	2/3	3/4	
Velocidad de transferencia	416 Kbps	16.85 Mbps	(nota 2)
Contenido de servicios	LDTV+datos	HDTV+datos	ejemplo

El servicio de “One-seg” que únicamente lo tiene el sistema ISDB-T, puede ser habilitado usando la tecnología de “transmisión jerárquica”. En la Tabla 8, como ejemplo, se muestran los parámetros de transmisión para HDTV Fija (nota)+ el servicio portátil “One-seg” en un mismo canal

(nota): Usando la diversidad tecnológica de recepción, es posible la recepción “HDTV móvil en un auto”

- En el sistemas de transmisión jerárquica, el grupo mas fuerte es llamado “A”, el siguiente es el “B”.
- En Japón, considerando la operación de SFN redes de isofrecuencia, se usa 1/8 de la longitud del intervalo de guarda, pero en otros casos también es posible 1/16 de la longitud del intervalo de guarda. En este caso, la máxima velocidad de transferencia se incrementa alrededor de 7% (Grupo A: hasta 440 kbps, Grupo B; hasta 17.84 Mbps)
- La asignación del parámetro de cada grupo se puede elegir independientemente.

2.4.7 Compatibilidad

La estructura principal tiene compatibilidad con ISDB-S (*Digital satellite broadcasting*) transmisión digital satelital, ISDB-C (*Digital cable broadcasting*) transmisión digital por cable, y ISDB-Tsb (*Digital Terrestrial sound broadcasting*) transmisión digital de audio.

Especialmente con el sistema ISDB-Tsb tiene compatibilidad no solo para la codificación/decodificación si no que también para el sistema de transmisión.

Dos tipos de sistemas de transmisión, 1 segmento y 3 segmentos son especificados en el estándar ISDB-Tsb. La construcción de segmentos es la misma que en ISDB-T.

En la FIGURA 39, se muestra la relación entre ISDB-T y ISDB-Tsb.

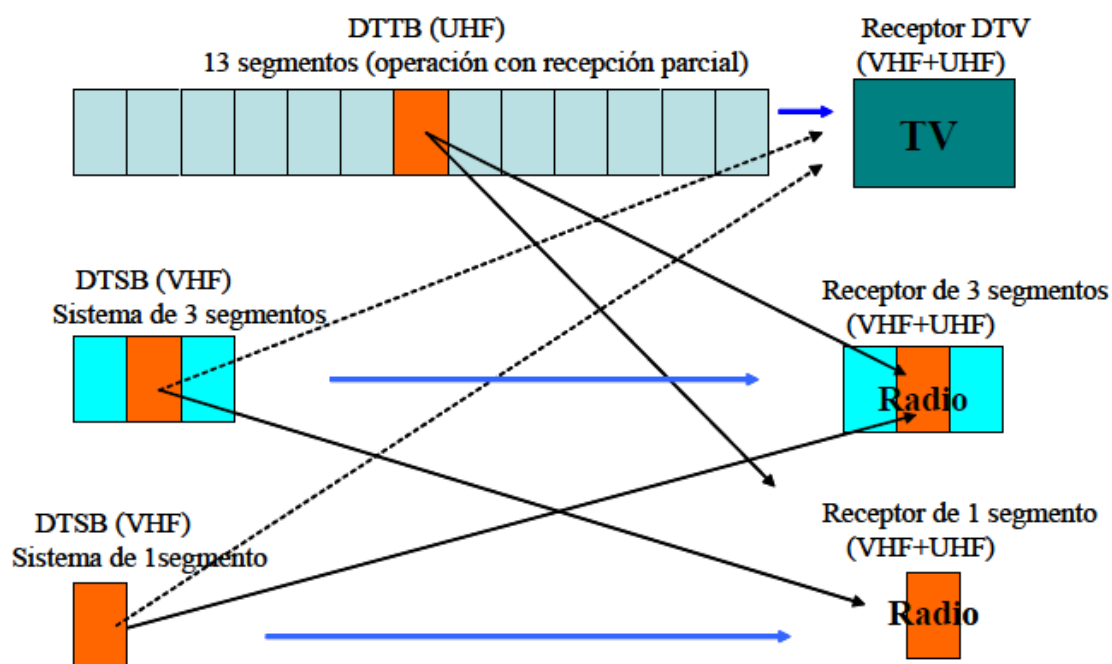


FIGURA 39. Relación entre ISDB-T y ISDB-Tsb

Como se muestra en la FIGURA 39, un segmento en la estructura de DTTB es la misma estructura para un segmento en radio digital. Aunque, un receptor de un segmento puede recibir cualquier otro servicio de un segmento de DTTB, segmento central de 3 segmentos de radio y un segmento de radio.

Receptores comunes de un segmento para TV digital y radio han sido desarrollados y ahora este en el mercado.

2.4.8 SERVICIO ONE-SEG EN UN MISMO CANAL

- **Reducción de consumo de energía en el receptor portable**

Como se describe anteriormente, el servicio One-seg se basa en la tecnología de “Transmisión segmentada OFDM”.

Adicionalmente a lo anterior, en el servicio One-seg se adopta una tecnología única, llamada recepción parcial, para reducir el consumo de energía del receptor.

El factor más importante para reducir el consumo de energía, es disminuir la velocidad de procesamiento en el receptor.

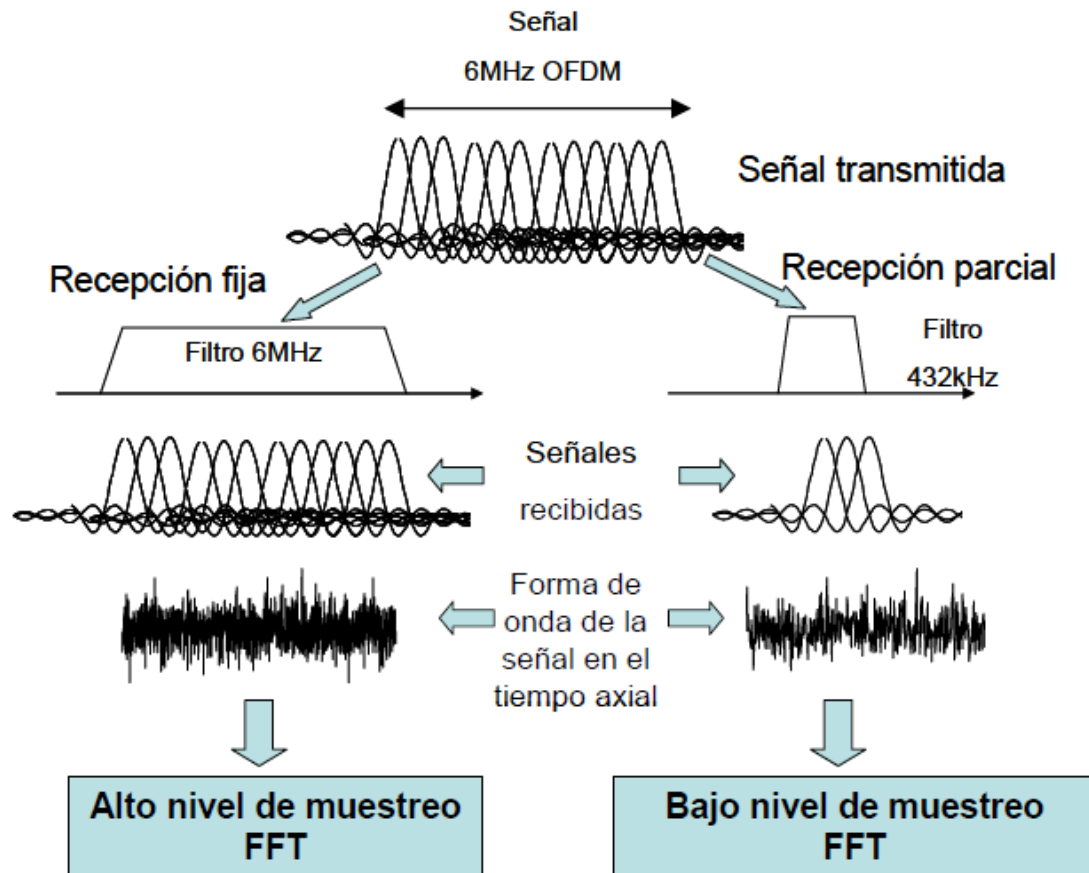


FIGURA 40. Procesamiento de la señal en la recepción de banda ancha y recepción parcial

Como se muestra en la FIGURA 40, en el caso de recepción parcial (figura derecha), el segmento central de la señal OFDM de 6MHz, se filtra por un filtro pasabanda estrecho, cuyo paso de banda es de 432KHz. La señal filtrada en banda estrecha, se demodula por un rango de muestra baja FFT (*Fast Fourier Transform*) Transformada Rápida de Fourier. El rango de la muestra es de 1/8 del rango de la muestra alta del FFT, que es el que se usa para la demodulación de la banda completa.

Como resultado, la velocidad del proceso de la señal del bloque a demodular se reduce a 1/8.

- **Selección adaptativa en recepción móvil.**

La FIGURA 41, muestra el flujo de transporte (TS) correspondiente a la transmisión y a la recepción, en el caso de transmisión de dos grupos.

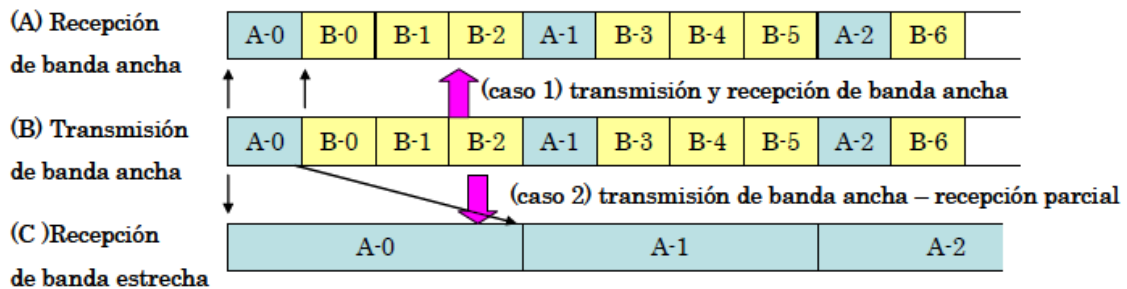


FIGURA 41. Flujo de transporte (TS) para transmisión y recepción

La FIGURA 41, nos ilustra los siguientes casos:

CASO 1: La transmisión y recepción en banda ancha. El receptor de banda ancha se usa para los receptores fijos y los receptores móviles.

CASO 2: La transmisión en banda ancha y la recepción parcial. La recepción parcial es utilizada para los receptores portables.

Como se muestra en la FIGURA 41, la transmisión del flujo de transporte (TS) incluye los dos grupos, estos son el grupo A y el grupo B, como resultado, los receptores de banda ancha reciben ambos paquetes del grupo A y del grupo B.

Si los programas del grupo A y del grupo B son los mismos (simultáneos para el grupo A y el grupo B), el receptor móvil puede mostrar cualquier programa del grupo A o del grupo B. Como ejemplo; si las condiciones de recepción para la recepción móvil en HD (grupo B) no son buenas debido al bajo nivel de intensidad de campo entonces se cambiara automáticamente al grupo A. De otro modo, cuando las condiciones de recepción son buenas, entonces se desplegara el grupo B que se esta transmitiendo en calidad HD.

Durante el proceso de intercambio de selección de datos del grupo A o del grupo B, el receptor móvil continúa con el servicio.

Esta técnica la incluyen los receptores móviles en Japón, lo cual hace que la gente siempre disfrute de la TV.

CAPÍTULO III

COMPRESIÓN DIGITAL

3.1 ANTECEDENTES GENERALES

Al digitalizar la señal de televisión se obtiene una gran cantidad de bits que no hacen viable su transporte y almacenamiento sin un consumo excesivo de recursos, que ninguno de los sistemas comunes de transmisión de vídeo están en la capacidad de proporcionar.

Ejemplos de la cantidad de bits que genera la digitalización de 3 diferentes formatos de TV:

- En formato convencional (4:3) una imagen digital de TV está formada por 720x576 puntos (píxeles). Almacenar una imagen requiere: 1 MByte, Transmitir un segundo de imágenes continuas, requiere una velocidad de transmisión de 170 Mbits/s
- En formato panorámico (16:9) una imagen digital de TV está formada por 960x 576 puntos (píxeles) requiere un 30% más de capacidad que el formato 4:3
- En formato alta definición la imagen digital de TV consiste en 1920 x1080 puntos (píxeles). Almacenar una imagen requiere más de 4Mbyte por imagen. Transmitir un segundo de imágenes continuas, requiere una velocidad de transmisión de 1Gbit/s

Afortunadamente, las señales de TV tienen más información de la que el ojo humano necesita para percibir correctamente una imagen. Es decir, tienen una redundancia considerable. Esta redundancia es explotada por las técnicas de compresión digital, para reducir la cantidad de bits generados en la digitalización hasta unos niveles adecuados que permiten su transporte con una gran calidad y economía de recursos.

Las técnicas de compresión digital actúan en dos sentidos:

- Compresión espacial
- Compresión temporal

La **compresión espacial** reduce la cantidad de bits de una imagen digitalizada. Se usan técnicas similares a las empleadas para comprimir archivos informáticos (programas como ZIP) [26].

La **compresión temporal** aprovecha la similitud entre las imágenes consecutivas que forman una secuencia de vídeo. Las imágenes consecutivas suelen tener muchas partes comunes. Las técnicas de compresión temporal se encargan de identificar esas partes comunes para no repetir su digitalización, ahorrando la cantidad de bits que deben transmitirse [26].

Estas y otras técnicas han sido los factores que han impulsado definitivamente el desarrollo de la TV Digital, permitiendo el almacenamiento y transporte de la señal de TV digital con un mínimo uso de recursos.

ITU-R²¹ recomienda la misma técnica de compresión para las señales de video y las señales de audio, denominada MPEG-2. Las recientes técnicas de compresión

²¹ **ITU-R** (*Internacional Telecommunication Union - Radiocommunication*), es uno de los tres sectores de la **ITU**, gestiona los recursos internacionales del espectro de radiofrecuencias y la órbita de los satélites.

ITU (*Internacional Telecommunication Union*), la Unión Internacional de Telecomunicaciones, es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las tecnologías de la información y la comunicación. Abarca tres sectores: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo.

de imagen MPEG-2 han alcanzado tasas de compresión de 1/20 para televisores estándar y 1/60 para HDTV. La investigación sobre MPEG-2 continúa con la esperanza de una mejora de compresión manteniendo el nivel apropiado de calidad de imagen.

3.2 MPEG-2

MPEG-2 es un estándar genérico definido por el comité MPEG (*Moving Picture Experts Group*/Grupo de Expertos en Imágenes Móviles). Sus especificaciones no están orientadas a ninguna aplicación concreta, pues incluye un conjunto de herramientas que permiten su uso en un gran nombre de aplicaciones. Esta flexibilidad provoca que sea un estándar muy complejo, pero muy útil para un gran número de aplicaciones digitales.

MPEG-2 especifica los formatos para representar la data de entrada al decodificador y el conjunto de reglas para interpretar dicha data.

Sus principales aplicaciones son:

- TV: Radiodifusión terrestre, satélite y cable.
- HDTV: Radiodifusión terrestre, satélite y cable.
- Vídeo en sistemas de almacenamiento digital.
- Vídeo bajo demanda (VoD).
- Videocomunicación: vídeo multipunto y múltiples calidades.
- Vídeo sobre diferentes redes: ATM, Ethernet, LAN, ...
- Edición no lineal, post producción.

Inicialmente MPEG-2 se dividía en diez partes, pero la parte 8 (bit video), finalmente se canceló. Con lo cual actualmente hay 9 partes en el estándar MPEG-2 cada una de ellas dedicadas a un ámbito:

1. **Systems:** Especifica como combinar o multiplexar diferentes tipos de información multimedia en un solo stream para que puede ser transmitido o almacenado.
2. **Vídeo:** Especifica la codificación de la señal de vídeo.
3. **Audio:** Especifica la codificación de la señal de audio.
4. **Conformance:** Especifica como se tienen que diseñar los tests para la verificación del bit stream y de los decodificadores.
5. **Software:** Especifica software de simulación correspondiente a las partes: Systems, Vídeo y Audio.
6. **Digital Storage Media – Command and Control (DSM-CC):** Especifica protocolos para gobernar la interacción de los usuarios con *bitstreams* de MPEG-1 y MPEG-2 almacenados en DSM.
7. **Non Backward Compatible (NBC) Audio:** Especifica la codificación de la señal de audio en un formato no compatible con el sistema MPEG-1.
8. **Real Time Interface (RTI):** Especifica un interfaz en tiempo real entre el adaptador al canal de transmisión y el descodificador de *transport stream* de *MPEG-2 Systems*.
9. **DSM-CC Conformance:** Especifica métodos para verificar si una implementación DSM-CC cumple la parte 6 de MPEG-2 DSM-CC.

Es importante mencionar que el estándar ISO que define a MPEG-2 es esencialmente idéntico a la recomendación H.262 de la ITU-T.

3.2.1 MPEG-2 Vídeo

El flujo necesario para poder transmitir determinados formatos de vídeo digital puede llegar a ser de 270 Mbps. Por tanto, se hace necesaria la existencia de un formato estándar de vídeo comprimido que reduzca estos “bit rates²²” tan elevados.

²² **BIT RATE**, es la relación de bits por segundo que consume un fichero de audio, o de vídeo.

La especificación de MPEG-2 parte de una señal de vídeo 4:2:2 (270 Mbps) o 4:2:0 (162 Mbps) y reduce estas velocidades binarias tan elevadas gracias a la compresión de vídeo. Esta compresión está basada en la incapacidad del ojo humano para discernir variaciones de alta frecuencia en la señal de color. Para ello, se aplican tres tipos de compresión. El objetivo es reducir al mínimo la presencia de la señal de redundancia espacial, temporal y estadística:

- ✓ Redundancia espacial: En una imagen, un píxel y sus vecinos guardan mucha similitud entre ellos.
- ✓ Redundancia estadística: En una secuencia de bits, existen valores de bits que se repiten.
- ✓ Redundancia temporal: En una secuencia de imágenes, un mismo píxel tiene tendencia a repetirse temporalmente. Es la redundancia que más fácilmente se puede eliminar, provocando así un mayor factor de compresión.

3.2.2 MPEG-2 Audio

Las técnicas de compresión permiten reducir el “bit rate” que requieren dos canales de audio de calidad CD de 1,4 Mbps hasta 200 Kbps. La compresión de la señal de audio aprovecha las características psicoacústicas del oído humano, y el hecho de que los tonos de alta potencia tienden a enmascarar los tonos de potencia inferior adyacentes.

El proceso de compresión parte de la señal de audio de 0 Hz a 22 KHz. Esta señal está dividida en 32 sub-bandas frecuenciales. Cada sub-banda se filtra, se cuantifica y se codifica según las características del oído humano.

MPEG-2 audio no aporta mejoras a nivel de compresión respecto a MPEG-1 sino que abre posibilidades, como por ejemplo enviar 5 canales de audio para sonido envolvente y hasta 7 canales monofónicos para diferentes idiomas.

3.2.3 MPEG-2 Systems

De los procesos de codificación de audio y vídeo se obtienen las tramas elementales (*Elementary Streams* - ES). Dichas tramas son un flujo continuo de datos que contienen información de una única fuente de audio o vídeo. Para construir programas, hace falta un sistema de asociaciones entre ellos, que aporte además sincronización de los diferentes flujos. MPEG-2 da solución a estos que multiplexan los diferentes ES, que provienen de las etapas anteriores de codificación, para obtener un *Transport Stream* (TS). El TS será el único flujo de información que se enviará por el canal y, por tanto, a parte de contener diferentes *Elementary Streams* multiplexados, también llevará información que permita localizar estos ES y desmultiplexarlos de manera sincronizada. En la FIGURA 42 podemos verlo de una forma gráfica.

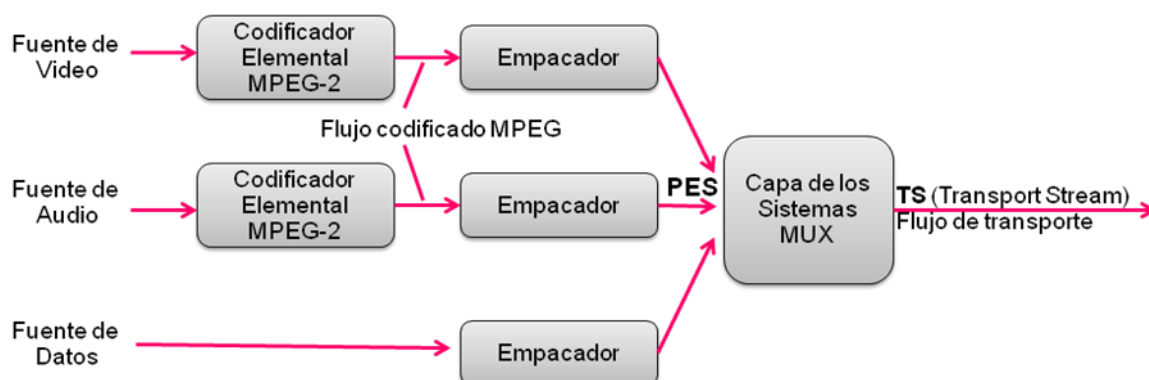


FIGURA 42. Esquema de elementos que conforman un *Transport Stream*

El proceso para obtener un TS a partir de un ES, pasa por adaptar estos ES a paquetes del tipo *Packetised Elementary Streams* (PES). Para ello se divide cada ES en trozos. Cada trozo es llamado PES. Un PES consiste en una cabecera y un "payload". El "payload" consiste en los datos cogidos secuencialmente del ES. Los paquetes PES pueden ser de longitud variable hasta un máximo de 64 KBytes. Dicha longitud dependerá del "bit rate" que tengan los ES en el momento de empaquetarlos en paquetes PES. Para que el multiplexor pueda trabajar con

paquetes de longitud constante se convierten los paquetes PES en paquetes de 188 bytes llamados paquetes TS. Estos paquetes TS han de poder ser transmitidos a través de canales muy ruidosos y propensos a introducir errores como en las redes de cable o satélite. Es por ello que tienen una longitud tan reducida [28].

El último paso para tener un único TS, es multiplexar los paquetes TS en un único TS. La única restricción para multiplexar los diferentes paquetes es mantener el orden secuencial entre los paquetes de un mismo ES. Al otro lado de la cadena, en el receptor, el primer paso es extraer la información de sistema para poder identificar los datos recibidos y regenerar los ES. Para que un TS pueda ser decodificado por el receptor es necesaria la transmisión de estructuras auxiliares. Estas estructuras auxiliares o datos de sistema son un conjunto de tablas. Las conocidas como PSI/SI. Su funcionamiento se explicará en el punto 3. Una vez regenerados los ES, son decodificados, y las unidades de presentación resultante de este proceso son almacenados en buffer para ser presentados en el momento indicado.

Para sincronizar el codificador y el decodificador se utilizan los timestamps y las referencias de reloj son muestras o valores que intervienen en el proceso de codificación y multiplexación de cada programa. Cada programa tiene asignado un reloj, *System Time Clock* (STC), que se toma como la base de tiempos.

3.3 MPEG-4

MPEG-4 al igual que MPEG-1 y MPEG-2, es un estándar de codificación de audio y video introducido en 1999, con el fin de establecer mecanismo de codificación con una velocidad de transmisión muy baja y ofrecer acceso universal e interactividad basada en contenidos. Existe un MPEG-4 versión 2 que se introdujo en el año 2000, el cual contiene funciones adicionales como el códec de señales de video AVC (*Advanced Video Coding*).

MPEG-4 posee varias características de MPEG-1, MPEG-2 y de otros estándares de codificación, tales como soporte de VRML²³, codificación para objetos audiovisuales y soporte para la gestión de varios tipos de interactividad. Estas características hacen de MPEG-4 un estándar que es apto para el campo de la televisión digital, las aplicaciones gráficas interactivas y la interactividad multimedia.

La codificación se realiza de una manera muy similar a la codificación MPEG-1 y MPEG-2, pero la diferencia primordial que lo caracteriza de los otros estándares es el hecho de codificar objetos dentro de una figura arbitraria que forme parte de una escena, en lugar de codificar todo el cuadro completo como se hacía en MPEG-1 y MPEG-2.

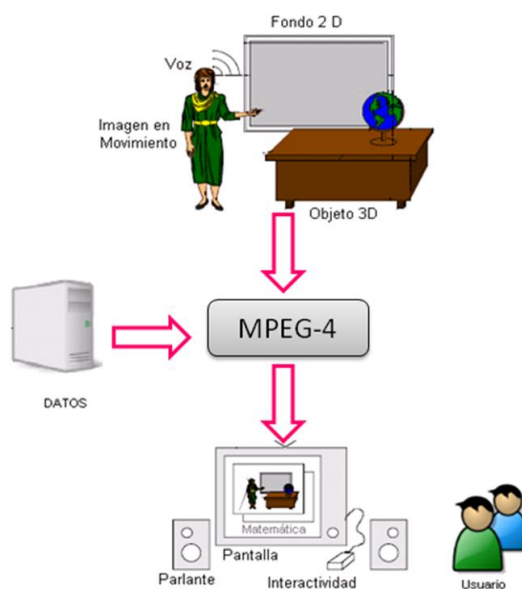


FIGURA 36. Escena MPEG-4

MPEG-4 permite representar unidades de audio, video y audiovisuales, los cuales reciben el nombre de objetos audiovisuales, con el fin de formar escenas audiovisuales. Estos objetos audiovisuales pueden ser naturales, es decir imágenes estáticas, objetos de video como personas moviéndose u objetos de

²³ **VRML** (*Virtual Reality Modeling Language*), es un formato de archivo normalizado que tiene como objetivo la representación de gráficos interactivos tridimensionales; diseñado particularmente para su empleo en la web.

audio como una persona hablando; o también pueden ser sintéticos, es decir texto, gráficos o sonido hechos en computadora. Además se puede multiplexar y sincronizar datos que estén asociados con estos objetos audiovisuales, ofreciendo la capacidad de interactuar con la escena audiovisual generada en el receptor final, como se muestra en la **FIG. 36**.

CAPÍTULO IV

LABORATORIO DE TELEVISIÓN INTERACTIVA

4.1 INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital Interactiva (TVDi) es la nueva televisión que se ve y se verá en todos los hogares, se trata de una red de televisión que tiene más ventajas sobre la televisión analógica tradicional, principalmente aquella que trata de la interacción del usuario final o televidente. Precisamente esta capacidad de interactividad la hace potencialmente más atractiva para la creación de nuevos servicios construidos sobre esta red.

Con la interactividad en la televisión aparecen nuevos servicios y nuevas formas de negocio que pueden ser accedidos a través de la TVDi como *T-commerce*²⁴, *T-government*²⁵, *T-learning*²⁶, votaciones, noticias interactivas, deporte interactivo entre otros. Para estos servicios se requiere de un modelo técnico y en algunos casos de negocio, que los hagan implementables en el largo plazo; sobre ello se viene trabajando en el campo de la TVDi.

²⁴ **T-Commerce**, T-Comercio, se define como el conjunto de procedimientos técnicos y operativos que permiten a un telespectador enviar una orden de compra de productos o servicios publicitados a través de la pantalla del televisor, usando para ello el mando a distancia.

²⁵ **T-Government**, T-Gobierno o gobierno televisivo consiste en el uso de esta tecnología de la información y el conocimiento en los procesos internos de gobierno y en la entrega de los productos y servicios del Estado tanto a los ciudadanos como a la industria.

²⁶ **T-Learning**, T-Aprendizaje, es un sistema de educación televisiva o a distancia en el que se integra el uso de las tecnologías de la información y otros elementos pedagógicos (didácticos) para la formación, capacitación y enseñanza de los televidentes.

Teniendo en cuenta las potencialidades de la TVDi en el ambiente académico de las Universidades es loable, trabajar en la construcción de un escenario propicio para la construcción de servicios sobre la red de TVDi, específicamente se cree que servirá como una alternativa eficiente e innovadora para complementar la formación de estudiantes a distancia.

Es en este contexto donde ha surgido la necesidad de realizar un estudio de los requerimientos para la implementación de un laboratorio experimental de TVDi que permita construir y experimentar los nuevos servicios que se podrán desplegar sobre esta nueva televisión.

4.2 INTERACTIVIDAD

Una gran ventaja que aporta la TVDi es la posibilidad de incluir aplicaciones interactivas, que pueden ofrecer diversos servicios. Se considera que se necesita un mínimo de 2 Mbps por el tipo de aplicaciones interactivas que se pueden ofrecer en la actualidad (teletexto mejorado, canales de información diversa, chat, etc) [29].

4.2.1 Servicios Interactivos

4.2.1.1 Servicios de información

Son servicios que se transmiten únicamente por difusión, siendo la información que se transmite la misma para todos los telespectadores. No hay necesidad de canal de retorno.

Ejemplos de este tipo de servicios son:

- Noticias, eventos
- Información del tiempo, información de tráfico

- Servicios de entretenimiento: juegos, servicios educativos, etc.
- Notificaciones de ayuntamientos, avisos urgentes, etc.
- Agendas culturales, etc.

4.2.1.2 Servicios personalizados.

El telespectador puede interactuar con la fuente de emisión del servicio (por ejemplo, el organismo público que lo provee) y obtener información personalizada a través del canal de retorno.

Ejemplos de este tipo de servicios son:

- Para solicitar formularios de empleo, sanitarios, de impuestos, ...
- Para votar, rellenar encuestas, realizar apuestas, jugar a un juego, .
- Para enviar SMS-s a amigos a través de la televisión...
- Para enviar contenidos personalizados: expedientes, citas,...
- Etc.

4.2.1.3 Servicios transaccionales

De carácter más complejo, se caracterizan por integrar los sistemas de certificado y firma digital en la transmisión del canal de retorno, permitiendo así que la gente pueda realizar transacciones financieras desde sus televisores o pueda disponer de un canal de retorno seguro para aquellos servicios que contengan datos de más privacidad. Permiten:

- Comprar por impulso a través de la TV.
- Realizar cualquier tipo de transacción bancaria o confidencial.
- Incorporar servicios de pago por visión y video bajo demanda.
- Etc.

4.2.2 Aplicaciones interactivas

La interactividad es una herramienta de comunicación, bidireccional y transaccional, que permite que se entreguen servicios personalizados y acomodados a las necesidades específicas de cada usuario.

Todo esto habilita, en el entorno geográfico de difusión del canal de televisión, toda una nueva fuente potencial de actividad económica alrededor de la emisión y provisión de servicios interactivos.

Por ejemplo, mediante esta tecnología diferentes organismos como Administraciones públicas, ayuntamientos, agencias de publicidad, centros de información, etc... tienen una vía muy eficaz para poder interactuar con su público objetivo, ofreciéndoles:

- Mejor calidad de servicios.
- Mayores oportunidades para que los ciudadanos puedan responder y participar en aquellos asuntos que les preocupen.
- Una vía para que la gran mayoría de la población pueda acceder a los servicios tecnológicos.
- Un canal común para buscar todo tipo de noticias, información y servicios interactivos en cualquier lugar y a cualquier hora.

4.2.2.1 Oferta de aplicaciones interactivas

La TDT permite ofrecer una amplia oferta de aplicaciones interactivas, con las siguientes características generales.

- Actualización dinámica. La información mostrada en las aplicaciones no es estática, sino que puede actualizarse dinámicamente, con la periodicidad que se decida.

- Interoperabilidad. Esta representado por la plataforma interactiva escogida por cada estándar de televisión digital para la provisión de aplicaciones interactivas.
- Disponibilidad inmediata de todas las aplicaciones.

4.2.3 Vista de los componentes mínimos de la TVDi

En la FIGURA 43 podemos observar los cuatro elementos que se encuentran en toda cadena extremo-extremo para la TVDi:

1. El proveedor de contenidos y servicios.
2. El broadcaster.
3. El operador de red.
4. El usuario final.

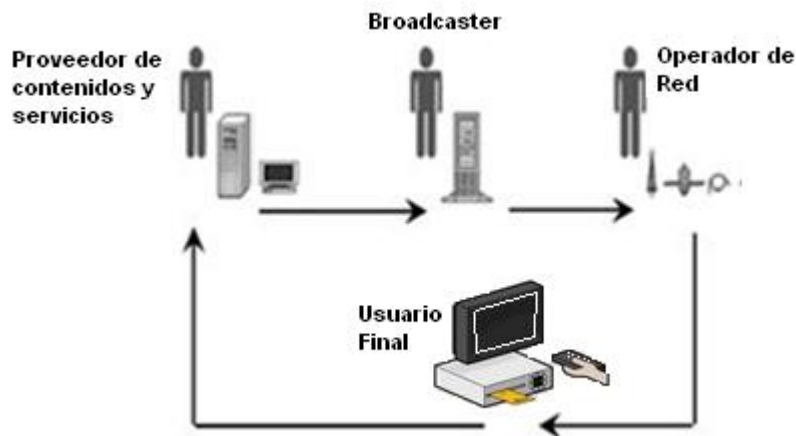


FIGURA 43. Cadena extremo extremo de la TVDi

El proveedor de contenidos y servicios se encarga de la producción de contenidos de audio/video digitales basado en el estándar MPEG-2 (*Moving Pictures Expert Group-2*) [30]. Estos contenidos son almacenados en sistemas tipo CMS (*Content Management System*) para su gestión. Además existen proveedores de

servicios que desarrollan y mantienen aplicaciones interactivas desarrolladas bajo estándares como MHP (*Multimedia Home Platform*), GINGA, OPEN TV, etc.

Los contenidos de audio y video son adaptados y multiplexados en un flujo de transporte MPEG-2 por el *broadcaster*, así mismo este se encarga de generar e inyectar en el flujo MPEG-2 el carrusel de objetos que transporta las aplicaciones interactivas. El *broadcaster* se encarga de enriquecer el flujo MPEG-2 con un conjunto de tablas de datos que permitirán la correcta selección de servicios y aplicaciones por parte del usuario [30].

El flujo de transporte es entonces adaptado y difundido a través de una red de televisión digital ya sea satelital, terrestre o de cable, siguiendo las especificaciones del respectivo estándar de televisión digital.

Por último el usuario final a través de un equipo terminal (televisor y/o set-top box) recibe y controla los contenidos y servicios. Además puede enviar y/o recibir información a través de un canal de retorno de vuelta hacia el proveedor de contenidos y servicios interactuando remotamente con este.

4.3 INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO DE TVDi

Previamente se definirán los requerimientos para la implementación del Laboratorio TVDi, los mismos dependerán de las funcionalidades que tendrá el laboratorio TVDi. Junto con los requerimientos vamos a definir que tecnologías deben ser estudiadas para poder implementar el sistema.

Se propone una solución de Laboratorio TVDi que deberá cumplir con las siguientes funcionalidades:

- Soporte de contenidos de Televisión Digital: debe soportar el despliegue de contenidos audiovisuales.
- Debe permitir al proveedor de servicios desarrollar aplicaciones interactivas.

- Debe soportar la ejecución de las aplicaciones interactivas tanto del lado del usuario final como del proveedor de servicios
- Despliegue real: Los componentes deben permitir validar los servicios construidos en un ambiente real pero a menor escala.
- Capacidad de verificación: Es necesario contar con algunos componentes que permitan verificar las aplicaciones y contenidos en su desarrollo y ejecución. Estos componentes pueden ser simulados/emulados o reales.
- Componentes abiertos: Para poder realizar experimentación, los componentes en lo posible deben estar sujetos a modificación o mejora para lograr y crear nuevas funcionalidades.
- Estandarización: Para lograr la interoperabilidad entre los diferentes actores que participan en la cadena extremo-extremo para TVDi y acelerar los tiempos de desarrollo, es necesario seguir un conjunto de estándares.
- Interactividad: Es necesaria una interacción con los usuarios finales tanto local (aplicaciones en los terminales) como remota (servicios a través de la red de datos).
- Representación de actores: Deben existir componentes adecuados para la mayoría de actores en la cadena de TVDi involucrados en el manejo de contenidos y aplicaciones.

4.3.1 Criterios para elección de Componentes

A continuación se presentan los criterios para la elección de los componentes que hacen parte del laboratorio de TVDi.:

- El costo, es un factor que afecta la configuración de un laboratorio de TVDi ya que algunos equipos por su complejidad resultan costosos y quedan fuera del alcance de muchos laboratorios de experimentación. Sin embargo, es posible configurar un laboratorio con los componentes mínimos manteniendo las funcionalidades que permitan la emulación y pruebas de la TVDi.

- Los componentes deben ser simples sin opciones complejas pero sin sacrificar la funcionalidad, permitiendo que su aprendizaje y uso sea rápido.
- Laboratorio de TVDi orientado a la parte de aplicaciones y no a la prueba de señales. Teniendo en cuenta que este laboratorio esta orientado a la prueba de aplicaciones para TV Digital Interactiva, los componentes HW se eligen para lograr este alcance. Un escenario para prueba de señales requiere de los respectivos equipos de transmisión y recepción que están fuera de los objetivos que persigue este laboratorio.
- En lo posible el uso de equipos de desarrollo en lugar de comerciales. Aunque un equipo comercial puede resultar más económico y permite realizar pruebas de usuario final, lo cierto es que son equipos hechos para el mercado donde se colocan las mínimas funcionalidades requeridas. En su lugar los equipos de desarrollo, han sido creados para modificarse o adaptarse permitiendo además de las funcionalidades mínimas, instalar un SW que permite comunicarse con ellos para hacer análisis, pruebas y monitoreo de los mismos, resultando ser más útiles para un laboratorio de experimentación de TVDi. Por ejemplo, la tarjeta moduladora DTA115 permite conectar el SW StreamXpress [33] para permitir análisis y monitoreo de la misma, lo que no permite un modulador comercial que simplemente es una caja negra con entradas y salidas.
- Se deberá tener en cuenta la escalabilidad que permita el crecimiento del sistema cuando se incrementen el número de peticiones o carga de trabajo.
- Uso de SW de Fuente Abierta (*Open Source*)²⁷. A pesar de que la TVDi es un campo nuevo donde el SW propietario parece dominar, lo cierto es que el SW libre ha venido ganando terreno especialmente en esta área de la televisión digital, permitiendo que los componentes adicionales pueden desarrollarse a

²⁷ **Fuente Abierta (*Open Source*)**, significa "código abierto" es decir que se puede mirar el código fuente, puede o no ser gratuito.

partir de la reutilización o modificación de componentes ya creados, un claro ejemplo de ello es el emulador de contenidos para TVDi xleTView

- Uso de componentes SW que emulan el HW. Existen componentes HW que para efectos de desarrollo y pruebas podrían reemplazarse por un SW equivalente.

4.4 INFRAESTRUCTURA DE HARDWARE

Un diagrama de despliegue de la infraestructura hardware del laboratorio de TVDi se muestra en la FIGURA 44, donde además se esquematiza los componentes software en los componentes hardware, los cuales serán explicados mas adelante.

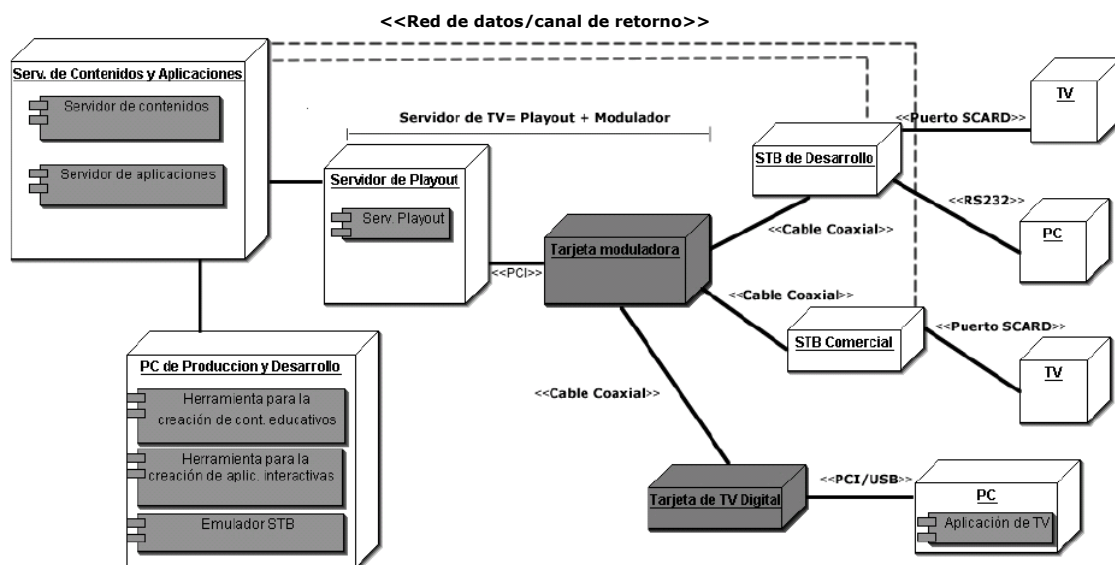


FIGURA 44. Diagrama de despliegue – Laboratorio TVDi

A continuación se describe cada uno de los componentes hardware fundamentales en el laboratorio de TVDi:

4.4.1 PC de producción y desarrollo

El equipo de producción y desarrollo se comunica con el servidor de aplicaciones y contenidos, se encarga de la elaboración, edición y producción de los contenidos digitales para la TVDi, por ejemplo, se puede crear contenidos con información meteorológica. Además, permite el diseño, programación y desarrollo de las aplicaciones que darán servicios interactivos, como: menús, guías electrónicas de programación, servicios de información, etc. Otra funcionalidad que tiene es la de permitir ejecutar pruebas de simulación para visualizar como quedaría desplegada la aplicación. Su característica de procesamiento y memoria debe ser alta pero su capacidad de almacenamiento puede ser media.

Para la producción de los contenidos audiovisuales se debe conocer cual es la plataforma sobre la cual está implementado el sistema, ya que se deben tener en cuenta las particularidades de cada formato, pues no es lo mismo producir contenidos para una u otra plataforma.

4.4.2 Servidor de Contenidos y Aplicaciones

Este equipo se comunica con el servidor de televisión, con los equipos de producción/desarrollo y con los equipos terminales a través de una conexión de red Ethernet. Este equipo se encarga del almacenamiento y adecuación de los contenidos y aplicaciones, para su posterior transporte por el servidor de televisión. Sus características de procesamiento y memoria pueden ser medias, pero su capacidad de almacenamiento debe ser alta.

4.4.3 Servidor de Televisión

Este componente se encuentra representado por un computador servidor con características de procesamiento, memoria, interfaz, autonomía y

almacenamiento especiales para dar soporte a los servicios de *Playout*²⁸ y modulación²⁹. Dentro de este servidor se lleva a cabo la generación del flujo de transporte MPEG-2 a través de la multiplexación de datos de diferentes fuentes como son: los flujos de audio/video, la información de programa/servicio y el sistema de archivos del carrusel de objetos³⁰, tareas que demandan gran cantidad de procesamiento y un funcionamiento continuo. El servidor presenta una o varias interfaces de red para la comunicación con el servidor de contenidos y aplicaciones; así como una interfaz de cable que lleva el flujo de transporte modulado hacia los equipos terminales.

4.4.4 Sistema de Codificación y Modulación

El modulador realiza la adaptación de los flujos de televisión a una señal adecuada para la transmisión bajo un estándar. La industria ofrece varios equipos de codificación y modulación, integrados o independientes, tanto internos como externos, los externos son más costosos. Para la escogencia del codificador y modulador interno es necesario revisar las características del servidor de playout, si es capaz de entregar directamente el flujo MPEG al modulador o si entrega el flujo a un codificador. Si el servidor *playout* cumple con ambas posibilidades se escogerá un modulador interno para computador que cumpla con la norma que refiere a la codificación y modulación del estándar sobre el cual se va a implementar el sistema. Para la selección del modulador es importante resaltar

²⁸ **Playout**, significa reproducir. Es un término utilizado para la transmitir la programación radio o canales de televisión desde el interior de la estación emisora hacia las redes que entregan la programación a la audiencia

²⁹ **Modulación**, consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

³⁰ **Carrusel de Objetos**, es un flujo de datos (formado por las aplicaciones interactivas junto con las señales de video y audio asociadas), que viaja como *Transport Stream* de MPEG y que se repite una y otra vez para que cualquier receptor las obtenga en el momento de sintonizarse un programa.

que se debe tener en cuenta, tanto el estándar de televisión digital a utilizar como el tipo de plataforma de TV (Satelital, Terrestre, Móvil o Cable).

4.4.5 Set Top Box (STB)

Para que el nuevo sistema de televisión digital sea compatible con los sistemas anteriores de televisión analógica, se necesita de un dispositivo que permita capturar la señal y realizar el tratamiento necesario sobre ésta, para entregar una señal adecuada al receptor de TV convencional. Este dispositivo es un Decodificador Receptor Integrado (IRD) conocido comercialmente como Set Top Box (STB).



FIGURA 45. (a) Set Top Box vista frontal, (b) STB y conexiones periféricas

Este componente se encarga de la recepción de una señal digital de televisión y de su decodificación para ser presentada en un televisor diseñado para la representación de señales analógicas o a un PC. Estos equipos están dotados de un middleware, como por ejemplo MHP, OCAP, que le permite soportar características de interactividad mejorando de esta forma la experiencia del televidente. Sin embargo existen algunos que no soportan la interactividad y se los llama “zappers”.

Actualmente algunos de los STB se han convertido en prácticos ordenadores, es decir un conjunto de hardware y software, que recibe y procesa los eventos generados por la estación con el fin de definir y condicionar la apariencia de los

programas que el usuario observa. En cuanto a funcionalidades, permiten manejar flujo de información de retorno y transmitirla por un canal definido para tal efecto, adicionalmente algunos STB pueden ser utilizados como grabadores de video ya que tienen tarjetas inteligentes y/o disco duro o se pueden sincronizar con dispositivos externos como videocámaras, impresoras, etc.

Al tener un Set Top Box algunas de las características de un ordenador, se consigue darle a la televisión un valor añadido denominado “Interactividad” que no es más que el acceso del telespectador a nuevos servicios como por ejemplo servicios de compras, reservas, trámites, solicitudes, consultas a una gran fuente de información a través de un canal bidireccional que permite al espectador adoptar un papel activo interactuando con las aplicaciones que ofrezca la señal televisiva y para las cual se tenga acceso.

Hay STB de desarrollo y comerciales, los primeros son propios para equipos de desarrollo y prueba de aplicaciones mientras que los comerciales, han sido creados para disponer de las mínimas funcionalidades requeridas por el televidente.

Esquema de un Set-top Box

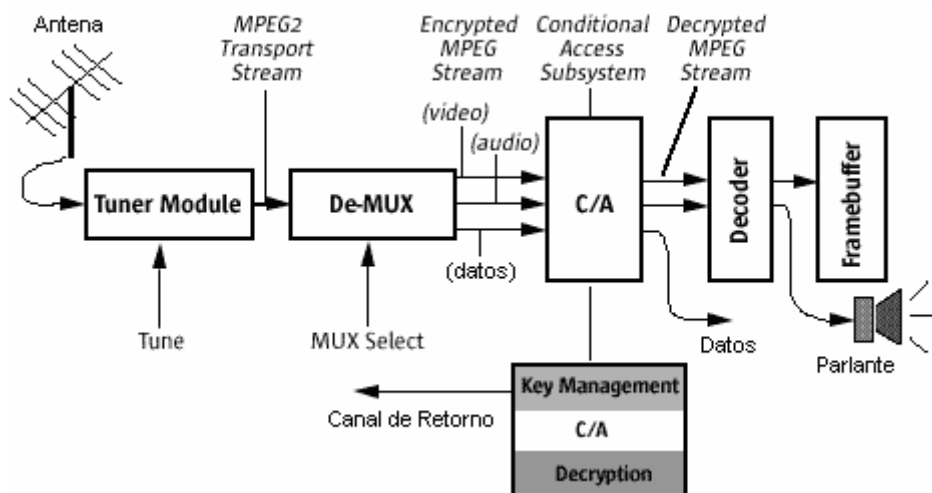


FIGURA 46. Esquema de un Set-Top Box

El Set-Top Box realiza un tratamiento a la señal de televisión digital para que aparezca en el televisor siguiendo el esquema de la FIGURA 46.

1. Primero se sintoniza la señal digital, la que estará conformada por la información de audio, vídeo (MPEG2, o MPEG4 para señales en alta definición), y los datos. Estos tres tipos de información vienen mezclados.
2. Después se separan los tres tipos de paquetes que recibimos, para tratarlos por separado.
3. A continuación, el sistema de acceso condicional decidirá cuales son los permisos que tiene el suscriptor para poder ver los contenidos que esta recibiendo y en función de eso, descifrará los paquetes.
4. Una vez descifrados, los paquetes de video y audio pasan a los dispositivos de vídeo y audio del televisor
5. Los paquetes de datos que se encuentran junto con los de video y audio y forman una aplicación, se ejecutarán en caso de ser necesarios o solicitados por el consumidor.
6. El STB puede poseer un canal de retorno por donde enviar datos a la cabecera.

4.4.6 Arquitectura de un Set-Top Box

Un STB esta compuesto de varias capas, con el fin de ejecutar los datos o programas que vienen junto con la de la señal de televisión [34]. Estos se pueden describir a continuación, en la Tabla 9.

Tabla 9. Capas de la arquitectura de un STB

CAPAS	DESCRIPCIÓN
Capa de Hardware	Son todos los componentes físicos que forman un STB; como CPU, memoria, acceso condicional, decodificador MPEG, etc.
Sistema Operativo	Al igual que en un ordenador, un STB también necesita de un sistema operativo para la ejecución de aplicaciones interactivas. Un STB necesita de un sistema operativo en tiempo real RTOS (<i>Real-Time Operative Systems</i>), ya que hay varias operaciones como la decodificación MPEG que necesitan que se realicen al instante. Algunos sistemas operativos operables son Linux, Windows CE o Psos.
Plataforma o Middleware	Es una capa intermedia entre la capa hardware y la software. Es un conjunto de módulos que permiten un desarrollo más eficiente de las aplicaciones. La plataforma proporciona un API (<i>Application Programing Interface</i>) para cada uno de los tipos de lenguajes de programación que soporta. Un STB puede soportar diferentes lenguajes de programación mediante la instalación de varias APIs.
Capa de aplicación	Aquí se encuentran las aplicaciones interactivas que una vez descargadas se pueden ejecutar. A diferencia del resto de capas, esta es la única que no necesita estar operativa permanentemente, pues simplemente se ejecutará cuando el usuario lo solicite.

4.4.7 Televisor

Desde el punto de vista de la recepción de la señal, pueden ser analógicos o digitales. Es posible realizar pruebas con cualquiera de los dos pues a ellos se conecta el STB, sin embargo es de aclarar que existen Televisores Digitales Integrados que incluyen en sus televisores un sintonizador de señales digitales que les permite recibir tanto la señal analógica como la señal digital sin necesidad de un Set Top Box, tal como se indica en la FIGURA 47. En el futuro los

televisores se fabricarán con el sintonizador digital incorporado una vez que en cada país se defina el estándar.



FIGURA 47. Alternativas de Recepción

Para un laboratorio experimental es conveniente contar con un STB externo pues permite una mayor manipulación y las actualizaciones del mismo resultan más fáciles de encontrar que para un equipo integrado.

4.4.8 Tarjeta de Televisión Digital

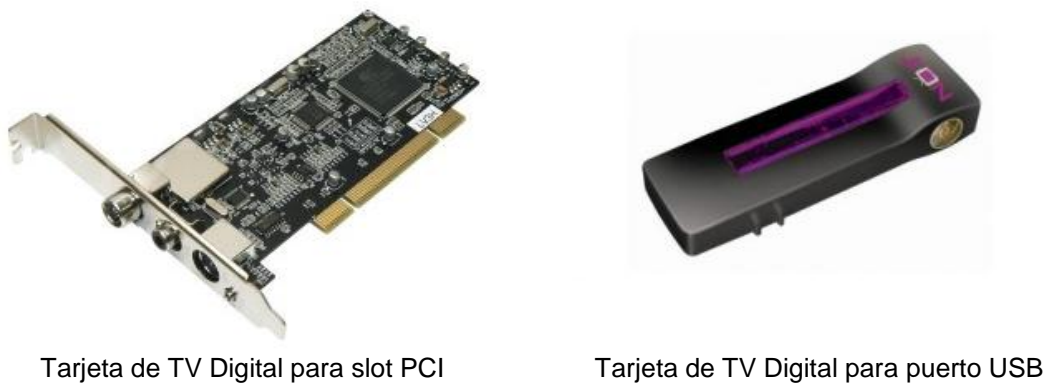


FIGURA 48. Tipos de Tarjeta de Televisión Digital

Este componente permite sintonizar los canales de televisión digital y así poder visualizarlos en el computador a través de un software cliente que viene con la respectiva tarjeta. Se requiere de un PC con procesador de al menos 800Mhz, RAM de 64 MB, tarjeta de sonido; si se desea grabar TV Digital en el PC, se requiere un disco duro en el orden de los gigas (para dar un estimado, se requiere

de 1,2G de espacio en disco duro para grabar una hora de TV). También se requiere un slot PCI en el PC, o de un puerto USB. Los requerimientos variarán dependiendo del tipo de tarjeta.

4.4.9 Red de datos

La infraestructura de comunicación usada por el laboratorio es la de una red IP. En la FIGURA 44 los módulos que corresponden a Proveedor de contenidos y Broadcaster pueden estar distribuidos sin importar su localización, sin embargo se requeriría una disponibilidad de ancho de banda considerable. La red de datos también es usada como canal de retorno en el laboratorio, practica que es habitual en los sistemas de TDT o satelital. Para el laboratorio el STB cuenta con una interfaz Ethernet que será usada como canal de retorno.

4.5 INFRAESTRUCTURA DE SOFTWARE

En base a los requerimientos anteriores se desarrolló la implementación del laboratorio de TVDi. Un diagrama de despliegue de la infraestructura hardware del laboratorio de TVDi se muestra en la FIGURA 44, donde además se hace el mapeo de los componentes software en los componentes hardware, los cuales serán explicados más adelante. A continuación se describe cada uno de los componentes software que se deberán utilizar en el laboratorio de TVDi.

4.5.1 Servidor de Aplicaciones y Contenidos

Servidor de Aplicaciones

El concepto de servidor de aplicaciones está relacionado con el concepto de sistema distribuido³¹. Un sistema distribuido permite mejorar tres aspectos

³¹ **Sistema distribuido**, se define como una colección de equipos computacionales autónomos conectados por una red, y con el software distribuido adecuado para que el sistema sea visto por los usuarios como una única entidad. Son seis las características principales responsables de la utilidad de los sistemas distribuidos. Se trata de compartición recursos, concurrencia, escalabilidad, tolerancia a fallos y transparencia.

fundamentales en una aplicación: la alta disponibilidad, la escalabilidad y el mantenimiento.

- La **alta disponibilidad** es una característica importante que debe tener un sistema de televisión interactiva y hace referencia a que un sistema debe estar funcionando las 24 horas del día los 365 días al año. Para poder alcanzar esta característica es necesario el uso de técnicas de balanceo de carga y de recuperación ante fallos (*failover*).
- La **escalabilidad** es la capacidad de hacer crecer un sistema cuando se incrementa la carga de trabajo (el número de peticiones). Si, por ejemplo, tenemos una alta demanda del servicio de TVi, debemos poder ser capaces de incorporar nuevos equipos para dar servicio. Esta característica le da fiabilidad y seguridad al sistema.
- El **mantenimiento** tiene que ver con la versatilidad a la hora de actualizar, depurar fallos y mantener un sistema. La solución al mantenimiento es la construcción de la lógica de negocio en unidades reusables y modulares.

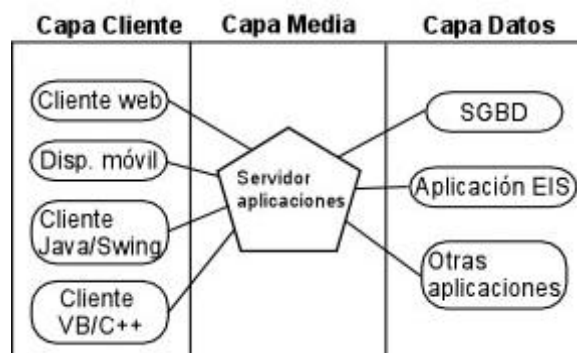


FIGURA 49. Arquitectura en capas utilizando el Servidor de Aplicaciones

El servidor de aplicaciones ejecuta los programas de negocio en lugar del cliente o de los sistemas finales [33]. Se sitúa en el medio entre la capa cliente y la capa de datos como se puede apreciar en la FIGURA 49. Físicamente separa la lógica del negocio del cliente y los datos dentro de una arquitectura conocida como multi-capas. Los servidores de aplicaciones permiten desarrollar y desplegar aplicaciones rápida y fácilmente e incrementan la cantidad de sus usuarios sin reprogramación.

Los servidores de aplicaciones se desarrollan desde la necesidad de tener aplicaciones de misión crítica constantemente disponibles para un número creciente de clientes. Adicionalmente estas aplicaciones necesitan ser seguras y fiables sin importar el número de personas que acceden al sistema o a la fuente de datos, el servidor de aplicaciones siempre estará activo y ejecutándose.

Los servidores de aplicaciones son parte de una arquitectura multi-capas. Esta es una arquitectura donde hay una separación física entre el cliente que solicita la información, los programas que la procesan y los datos sobre los que operan. Entonces la arquitectura de tres-capas separó la lógica de presentación de la lógica de negocio. Esta separación permite que el código de negocio sea independiente de cómo y donde se presentaba. La capa de la lógica de negocio, ahora en la capa central, no necesita saber que tipo de cliente muestra los datos. Las tres-capas son más portables, trabajaban en diferentes tipos de plataformas y permiten el balance de las solicitudes del cliente entre varios servidores.

Ventajas de los servidores de aplicaciones:

- Centralización y la disminución de la complejidad del desarrollo de aplicaciones: dado que las aplicaciones no necesitan ser programadas; en su lugar, estas son ensambladas desde bloques provistos por el servidor de aplicación.
- Integridad de datos y códigos: al estar centralizada en una o un pequeño número de máquinas servidoras, las actualizaciones están garantizadas para todos sus usuarios. No hay riesgos de versiones viejas.
- Configuración centralizada: los cambios en la configuración de la aplicación, como mover el servidor de base de datos o la configuración del sistema, pueden ser hechos centralmente.
- Seguridad: se consideran más seguras.
- Performance: limitando el tráfico de la red solamente al tráfico de la capa de presentación, es percibido como un modelo cliente/servidor que mejora la performance de grandes aplicaciones.

Servidor de Contenidos

El servidor de contenidos forma parte de la arquitectura de tres niveles, su misión es la de proporcionar al servidor de aplicaciones los datos que este requiere ó que a su vez son solicitados por el cliente, es decir puede ofrecer datos (audio/video) en directo, de forma automática o bajo petición. Ante este enfoque, el servidor de contenidos deberá ofrecer soluciones de forma fiable, rentable y de alto rendimiento. A estas tres características, le debemos añadir una más: debe proporcionar servicios de forma global y, en la medida de lo posible, independientemente de la plataforma.

El servidor de contenidos actúa como un servidor de base de datos, este módulo es un gran proveedor de contenidos de tipo multimedia, objetos y documentos complejos, los mismos que son entregados en forma de flujo continuo (*streaming*).

Su función consiste en gestionar, almacenar y proteger la información, para ello debe tener las herramientas de administración completas (que simplifiquen la tarea de la configuración, seguridad, creación y gestión de bases de datos al tiempo que proporcionan mecanismos de integración con otros sistemas y políticas de copias de seguridad) y herramientas que permitan su programación (tanto a nivel de diseño como a nivel de reglas y procedimientos que encapsulen la arquitectura de la base de datos, de tal manera que, a través de conectores a datos, las aplicaciones sólo tengan que pedir la información que necesitan sin preocuparse de cómo se encuentra almacenada).

Por último, puesto que los datos deben estar por encima de la plataforma, el servidor de contenidos deberá proporcionar mecanismos de comunicación con otras plataformas que actúen también como clientes o servidores de datos.

4.5.2 Aplicación de TV

Software comercial que permite el manejo de la señal de televisión y la ejecución en computador de aplicaciones interactivas.

4.5.3 Servidor de *Playout*

El servidor de *Playout* es un componente basado en la emulación software que integra la codificación del audio y video; la generación del carrusel de objetos, datos y eventos; la generación de la información de programas, servicios y aplicaciones y la multiplexación de todos estos contribuyentes para la generación de un único flujo de transporte MPEG-2 que será modulado posteriormente para su transmisión. Dentro de este componente se realiza la programación de la emisión (programas, aplicaciones interactivas y eventos) y configuración de algunos parámetros de transmisión como la tasa de bits. Para la realización de este componente son útiles un conjunto de utilidades Open Source o de libre distribución que se pueden encontrar en un paquete llamado OpenCaster. OpenCaster es un sistema de *Playout Open Source*³² para GNU/Linux que permite la generación del flujo de transporte MPEG-2 requerido.

4.5.4 Emulador STB

Para efectos de pruebas resulta de utilidad tener un componente software que permita visualizar como quedaría desplegada una aplicación interactiva sin necesidad de tener el TV. Para tal fin en la TVDi existen los emuladores los cuales se instalan en un PC. En la literatura se encuentran algunos comerciales otros de libre distribución, estos últimos son los que podrían reutilizarse en un laboratorio experimental; dos ejemplos de ellos son XLetView y OpenMHP.

³² **OpenSource**, Software Libre, se define por la licencia que lo acompaña, que garantiza a cualquier persona el derecho de usar, modificar y redistribuir el código libremente

4.5.5 Herramienta para la creación de aplicaciones interactivas

Es una herramienta especializada en crear interfaces para TV permitiendo adicionar texto, gráficos, en algunos casos archivos multimedia, audio y video pregrabado, es decir integra datos y video. Ofrece una estructura para organizar interfaces de forma que los televidentes puedan navegar confiablemente por la aplicación. Hay herramientas comerciales y OpenSource, estas últimas en general en fase de desarrollo; un ejemplo de ellas es MHPGen.

CAPÍTULO V

HARDWARE Y SOFTWARE

De acuerdo con la infraestructura tecnológica definida, se sugiere los siguientes elementos que se utilizarían para cada componente configurando así el laboratorio experimental de Televisión Digital Interactiva. Es de resaltar que previa elección de los elementos, se tenía claro que se utilizaría el estándar europeo de TV Digital DVB.

5.1 ELEMENTOS HARDWARE

Tabla 10. Elementos de hardware

Componente HW	Elemento utilizado
Servidor de Contenidos y Aplicaciones	Servidor DELL (PowerEdge 2,2 Ghz, Disco Duro 160 Ghz, RAM 4G)
Servidor de Televisión	Servidor DELL (PowerEdge 2,4 Ghz, Disco Duro 160 Ghz, RAM 4G) Tarjeta Moduladora: Dektec DTA-115.
STB de Desarrollo	ADB Q75 DEV Soporte a MHP
STB Comercial	ADB 3800/10TW
Televisor	TV Digital
Tarjeta de TV Digital	Hauppauge WinTV-NOVA-T para slot PCI, con soporte a DVB-T

5.1.1 Tarjeta Moduladora DTA-115

La DTA-115 es una tarjeta moduladora multi-estándar con VHF y UHF *upconverter*³³ y que da soporte a los estándares basados en modulación QAM-, OFDM y VSB [35]. La DTA-115 es compatible con las siguientes especificaciones, ver la Tabla 11:

Tabla 11. Estándares de Modulación de la tarjeta DTA-115

Modulación	Estándar
ATSC VSB	ATSC A/53E
ADTB-T / DTMB	GB 20600-2006
DVB-C	EN 300 429
DVB-T / DVB-H	EN 300 744 ³⁴
DVB-T2	EN 302 755
ISDB-T	ARIB STD-B31
QAM	J.83 ³⁵ Anexo A/B/C

La tarjeta DTA-115 trabaja con la interface de software DTAPI o el *software StreamXpress*.

Más especificaciones técnicas ver Anexo 1.

³³ **Upconverter**, permite pasar la definición estándar a imágenes de alta definición independientemente de la resolución de la fuente de vídeo material. La pantalla convertirá automáticamente siempre a escala la señal de vídeo a su resolución para no ver distorsionada la imagen.

³⁴ **ETSI EN 300 744 DVB**, *Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*, Estructura de trama, codificación de canal y modulación para televisión digital terrestre.

³⁵ **UIT-T J.83**, *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution* - Sistemas digitales multiprogramas para servicios de televisión, sonido y datos de distribución por cable

5.1.2 Set Top Box De Desarrollo ADB-Q75 Soporte a MHP

El Set Top Box de desarrollo ADB-Q75, es un receptor adecuado para el uso de servicios interactivos [36]. El receptor tiene las siguientes características:

- CPU: STi5517 166MHz
- Sintonizador: DVB-C
- Memoria Flash: 16 MB
- Memoria RAM: 72 MB
- Entrada de RF
- Salidas 2xRCA ³⁶(Stereo Audio), 2xSCART³⁷, S/PDIF³⁸.
- Canal de retorno: Ethernet 10BaseT, PSTN modem v.92.
- Puerto de datos: Puerto serial RS-232
- Slot DVB-C
- Slot para *Smart Card*³⁹
- Middleware/API: MHP v1.0.2
- Cargador de aplicaciones a través de RS 232

³⁶ **Conector RCA** “*Radio Corporation of America*”, es un tipo de conector eléctrico que se utiliza para enviar señales de video y audio. El conector macho tiene un polo en el centro (+), rodeado de un pequeño anillo metálico (-), que sobresale. El conector hembra tiene como polo central un agujero cubierto por otro aro de metal, más pequeño que el del macho para que éste se sujete sin problemas. Ambos conectores (macho y hembra) tienen una parte intermedia de plástico, que hace de aislante eléctrico.

³⁷ **Conector SCART**, (*Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs, Radio and Television Receiver Manufacturers' Association*, del francés Asociación de fabricantes de aparatos de radio y televisión) se utiliza para enviar señales de video y audio analógico (en estéreo) a través de un cable de múltiples hilos.

³⁸ **S/PDIF** (*Sony/Philips Digital Interface Format*, Formato de Interfaz digital Sony/Philips) es un formato digital de transferencia de datos de audio. Es un estándar internacional conocido como "IEC-958 tipo II", que define tanto las especificaciones del hardware (características de las conexiones físicas) como el protocolo de transferencia de datos (codificación de 16 a 24 bits).

³⁹ **Smart Card**, Tarjeta Inteligente, es una tarjeta con circuito integrado (TCI), es cualquier tarjeta del tamaño de un bolsillo con circuitos integrados que permiten la ejecución de cierta lógica programada.

5.1.3 Set Top Box 3800/10TW

El ADB-3800/10TW es un set-top-box interactivo. Es compatible con transmisiones de definición alta y estándar [36]. Este STB tiene las siguientes características principales:

- Entrada RF para canales locales abiertos;
- Entradas y salidas interconectadas (*loop through output*) con modulador opcional;
- Puertos de modem;
- Salida Digital S/PDIF;
- Dolby Surround;
- Interface Ethernet;
- Puerto de Comunicación de alta velocidad USB 2.0.
- Sintonizador de TV para DVB-T/S/C, ATSC
- Versión MHP 1.1.X

Más especificaciones técnicas ver Anexo 2.

5.1.4 Televisor

Cualquier televisor q cumpla con las siguientes características:

- Sintonizador de TDT estándar DVB-T
- Sintonizador de televisión analógica estándar NTSC.
- Bandas de operación (para sistemas analógico y digital) en VHF y UHF.
- Video: El equipo debe tener la capacidad de recibir las señales con las diferentes resoluciones emitidas por los operadores de televisión
- Audio: Capacidad de decodificar MPEG-1 y/o MPEG-2.
- Soportar Guía Electrónica de Programación.
- Función de Subtitulación.

5.1.5 Tarjeta De Televisión Digital Wintv-NOVA-T PCI

La tarjeta WinTV-NOVA-T PCI permite ver la televisión digital distribuida de forma gratuita con una excelente calidad de imagen y audio.

WinTV-NOVA-T PCI se puede usar en un PC para decodificar la imagen de TV en formato DVB [37]. Es posible mirar la televisión digital en un PC mientras se ejecuta otras aplicaciones de PC's. Otra importante funcionalidad es que brinda la posibilidad de grabar video de alta calidad MPEG-2 con el software WinTV-Scheduler que viene incluido.

Más especificaciones técnicas ver Anexo 3.

5.2 ELEMENTOS DE SOFTWARE

Tabla 12. Elementos de software

Componente SW	Elemento utilizado
Servidor de Contenidos y Aplicaciones	Mapache
Servidor de Playout	OpenCaster
Emulador STB	XLetView
Herramienta para la creación de aplicaciones interactivas	MHPGen
Aplicación de TV	WinTV200: Para ver TV, pausar y grabar WinTVScheduler: Para programar la grabación de programas de TV

5.2.1 MAPACHE

Mapache Server es un servidor de aplicaciones MHP, que integra la gestión de contenidos para su posterior publicación en la red de difusión de Televisión Digital Terrestre utilizando el protocolo MHP (*Multimedia Home Platform*) [38].

5.2.1.1 Objetivos de Mapache Server

Entre otros pretende cubrir los siguientes objetivos principales:

- Proveer de mecanismos de consolidación e integración de fuentes de datos y contenidos externos. Será necesario establecer el formato adecuado de la información interactiva que posteriormente se incorporará al flujo de señal digital de forma que en recepción sea posible, siempre que se cuente con el equipo receptor adecuado, la ejecución de las aplicaciones interactivas asociadas al flujo digital en cada momento.

- Creación de una base de datos común de aplicaciones interactivas. Se hace necesario la creación de un repositorio que permita albergar, mantener, y gestionar las aplicaciones interactivas así como los datos que estos necesitan para que trabajen de manera correcta.
- Creación de un programador de aplicaciones. En base a las aplicaciones interactivas almacenadas en el repositorio será necesario establecer la franja horaria, clasificación, categorías y frecuencia de emisión con respecto a cada canal, en función de la información proporcionada por el proveedor de servicios.
- Creación de un interfaz de entrada salida. Será el responsable de atender las peticiones de comunicación tanto de los usuarios finales, los STB, como de los operadores del sistema encargados de mantener el sistema funcionando de una manera correcta y óptima.
- Gestión interactiva con el canal de retorno para la modificación de datos. Para la comunicación entre el usuario y el sistema se necesita una vía de comunicación bidireccional que permita el intercambio de información. Se debe de determinar e implementar la manera de gestionar esta vía de comunicación (conocida como 'canal de retorno').

5.2.2 OpenCaster

Es un software libre de Playout para el sistema GNU/Linux⁴⁰. Permite gestionar los flujos de transporte MPEG-2, la inserción de aplicaciones en el generador de carrusel de objetos, la generación de las tablas de programa/servicio y el control de los parámetros de transmisión hacia el modulador [39].

Características, ver Tabla 13:

⁴⁰ **GNU/Linux**, es uno de los términos empleados para referirse al sistema operativo libre similar a Unix que utiliza el núcleo Linux y herramientas de sistema GNU.

Tabla 13. Características principales del Servidor de Televisión Open Caster

Interfaz gráfica de usuario	No
Configuración de archivos	Si
API Java ⁴¹	No
Multiplexación en tiempo real	Si
Múltiples carruseles por servicio	Si
Mecanismos de redundancia	No
Sistema Operativo	
Windows	No
Linux	Si
Gestión	
Ancho de banda	Si
Flujo de transporte	Si
Entrada	
Información basada en archivos	Si
Archivos de flujo de transporte	Si
ASI-Stream ⁴²	No
Salida	
ASI-Stream	Si
Archivos de flujos de transporte	Si

⁴¹ **API Java**, es una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API: por sus siglas en inglés) provista por los creadores del lenguaje Java, y que da a los programadores los medios para desarrollar aplicaciones Java.

⁴² **ASI Stream**, es un formato que contiene uno o más *streams* de audio y/o audio y vídeo los cuales generalmente necesitan alcanzar Set-Top-Boxes (STB) como destino final.

5.2.3 Emulador de Set Top Box XLETVIEW

Este emulador de STB es utilizado para probar *xlets*⁴³ en el computador. El lenguaje de programación utilizado por el emulador es Java. Aunque *XletView* tiene una serie de ventajas, no es un sustituto de una verdadera plataforma de alto nivel MHP. Debido a que solo es una aplicación parcial. Por ser una aplicación parcial no todos los *xlets* que funcionan en el *XletView*, funcionan en set top box reales [40]. El *XletView* se comporta como un TV normal, en el cual dispone de un control remoto como medio de interacción entre el usuario y la aplicación MHP; este emulador puede administrar uno o varios *xlets* como lo hace un STB real. Esta herramienta esta bien para empezar pero al poco hay que pasar a un entorno de desarrollo mas cercano al entorno de ejecución en real. Para lo cual se trabaja con un *developer set top box*-STB de desarrollo.

5.2.4 MHPGen

MHPGen es una herramienta de software libre, compatible con Windows, Linux y Mac que permite crear aplicaciones según el estándar europeo DVB compatibles con la televisión digital [41].

La plataforma permite de forma intuitiva, a partir de una descripción de la arquitectura de contenidos con sus relaciones, generar la aplicación MHP completa, lista para distribuirse.

⁴³ **XLet**, son aplicaciones en Java para entornos de televisión, varias aplicaciones pueden estar ejecutándose a la vez y no tienen por qué iniciarse a través de línea de comandos.

MHGPGen es una herramienta *entry-level* o de iniciación, que permite a cualquier persona sin conocimientos técnicos de programación, ni del estándar MHP, pueda generar una aplicación MHP lista para emitir.

Características del sistema:

- **Simulador MHP**, para comprobar en todo momento la interactividad y el funcionamiento de la aplicación, sin necesidad de grandes inversiones, como si actuases con un mando a distancia.
- **Ventana de vídeo** escalado de la emisión en directo.
- **Sistema de plantillas** para minimizar el tiempo de generación, facilitar la reusabilidad y mantener un mismo estilo.
- **Importación de contenidos** de forma dinámica desde bases de datos.
- **100% Java**, lo que permite ejecutar la aplicación en sistemas Windows, Mac y Linux.

MHPGen permite crear todo tipo de aplicaciones unidireccionales, es decir, aquellas que no requieren de un canal de retorno. Por ejemplo:

- **El Tiempo**: predicciones meteorológicas de los próximos días en las localidades escogidas.
- **Titulares**: principales noticias con presentación en forma de tickers o por categorías.
- **Farmacias**: encontrar la farmacia de guardia más próxima.
- **Directorio de empresas**: las “páginas amarillas” de la localidad.
- **Callejero**: buscar calles y establecimientos en la localidad.
- **Deportes**: todos los resultados y clasificaciones deportivas.
- **Horóscopo**
- **Cartelera**: completa información sobre la cartelera (películas, cines, críticas, etc.)
- **Eventos**: agenda de eventos para no perderse nada (ferias, conciertos, charlas, etc.)

- **Biblioteca:** publicación digital sobre libros (novedades, críticas, por autor, etc.)
- **Transportes:** información de autobuses, trenes, taxis, etc. con horarios y lugares.
- **Empleo:** ofertas de empleo de la localidad.
- **Clasificados:** publicación de anuncios de compra / venta.

MHPGen será una aplicación libre bajo licencia GPL.⁴⁴

5.2.5 WinTV2000

WinTV2000 es desarrollado por *Hauppauge Computer Works*. Las versiones más populares de este producto son: 3.7, 3.9, 4.0, 4.3, 4.4, 4.6, 4.7 y 5.2. Los nombres del programa ejecutable son: Ddcheck.exe, Ir.exe, Primary.exe, wintv.exe, WinTV2K.EXE, WinTV32.exe y WinTV7.exe [37].

El software WinTV2000 viene incluido en el CDROM de la tarjeta de televisión la cual permite ver y capturar las imágenes fijas o en movimiento de los canales de sintonía. Es un software bastante bueno y estable.

El programa WinTV2000 permite las siguientes funciones:

- pausa,
- grabación y
- captura de imágenes.

⁴⁴ **GLP**, es la Licencia Pública General de GNU, creada por la Free Software Foundation a mediados de los 80, y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. La televisión digital es la televisión del futuro que se verá en los hogares y posee varias ventajas sobre la televisión analógica principalmente la optimización del espectro electromagnético y la posibilidad de interactuar con el usuario final creando nuevos servicios y formas de negocio.
2. El sistema americano ATSC es la evolución del sistema de televisión analógico NTSC cuyas principales características son su sistema de codificación de audio AC-3 y su sistema de modulación 8-VSB que están patentados.
3. El sistema europeo DVB, es un estándar abierto, está basado en la norma de codificación de MPEG-2 y por el momento está dominando a nivel mundial debido a que está presente en más de 120 países en los cinco continentes. Entre las principales características de este sistema están su versatilidad para difundirse en anchos de banda 6 MHz, 7 MHz y 8 MHz y su robustez frente al multitrayecto.
4. El sistema japonés ISDB es el único que cuenta con la tecnología "One Seg" que emite televisión digital abierta y gratuita para dispositivos portátiles o de mano. Esta emisión se hace en el mismo ancho de banda y sin necesidad de tener un transmisor adicional, utilizando la transmisión segmentada OFDM.

5. Las tres normas para televisión digital abierta de mayor cobertura actual, son la europea DVB, la americana ATSC y la japonesa ISDB. Las tres normas usan el mismo principio teórico de comunicaciones digitales, teniendo por lo tanto muchas similitudes, sin embargo no son compatibles entre ellas, por tener codificaciones distintas en algunas etapas, especialmente en la modulación y codificación de canal, donde está la diferencia más significativa.
6. Para el diseño de un sistema de transmisión digital, se debe considerar los temas de servicio de configuración para el servicio de transmisión (ejemplo: recepción fija, móvil y recepción portable), se decide también la estructura tecnológica para el sistema de transmisión.
7. Un sistema de televisión digital interactiva debe adoptar e integrar un conjunto de diferentes tecnologías de hardware y software para implementar sus funcionalidades.
8. De todas las opciones disponibles, la creación de un laboratorio de pruebas mediante herramientas hardware resulta muy costosa. Siendo la alternativa mixtas de hardware y software una solución que permite la simulación de todos los parámetros del flujo de transporte reales de forma fiable y óptima además es más económica.
9. Se propone un modelo de referencia básico para la generación, soporte y distribución de contenidos y aplicaciones en el contexto de la TVDi.

RECOMENDACIONES:

1. Después de analizar los modelos de televisión digital sus ventajas y desventajas, se recomienda la implementación del sistema de televisión por cable para un laboratorio de televisión digital ya que este sistema tiene canal de retorno fiable, además, es el sistema más adecuado para este propósito si consideramos que no requiere de un amplio despliegue de su red de distribución.
2. A pesar de que la TVDi está diseñada para prestar nuevos servicios y formas de negocio asociadas con la interactividad, no se debe perder el objetivo principal de la televisión, que es el de informar y proveer al televidente de contenidos; por tanto, es importante analizar el tipo de servicio interactivo que se ofrece por este medio.
3. Es importante considerar algunas especificaciones al momento de seleccionar los equipos del laboratorio de televisión digital como que soporten una misma versión de middleware en el caso de MHP la última versión que existe es la 1.1.x, otra consideración es que el modulador sea adecuado para el estándar y para el sistema de distribución del sistema que se desea implementar y que el STB tenga a su salida una señal compatible con el estándar de televisión analógico que está implementado, en nuestro país es sistema NTSC.
4. Los emuladores como el XletView son herramientas de software de gran utilidad para probar aplicaciones DVB, pero estos emuladores no son completamente fiables, ya que algunas aplicaciones funcionan bien en ellos, pero en STB reales no. Por lo cual es de esperarse, que el carrusel de objetos, video broadcast, funcionen a medias. Por lo tanto es recomendable un set top box de desarrollo para probar las aplicaciones interactivas en un entorno real.

ANEXOS

- A1: DTA-115 Multi-Standard Modulator with VHF/UHF Upconverter**
- A2: ADB-3800/10TW Set Top Box**
- A3: WinTV-NOVA-T Digital Terrestrial TV**

A1: DTA-115

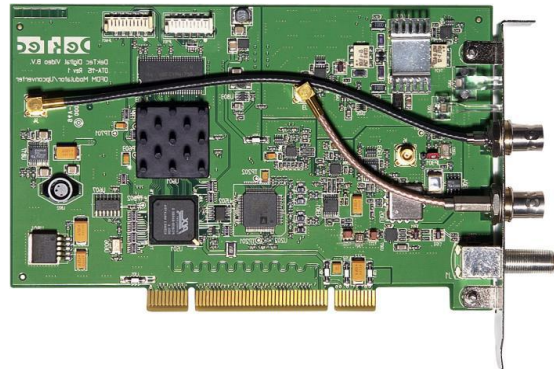
DTA-115

Multi-Standard Modulator with VHF/UHF Upconverter

- ✓ Supports many modulation standards
- ✓ Programmable output level
- ✓ Bi-directional DVB-ASI port

FEATURES

- Multi-standard modulator with support for most QAM-, OFDM- and VSB-based modulation standards
- Supports all constellations and modulation modes for each supported standard
- All-channel upconverter 47 .. 862MHz covering full VHF and UHF band
- Direct 12-bit I/Q sample payout
- Output amplifier with programmable 0 .. 31.5dB attenuator in 0.5dB steps
- Use DTA-Plus to extend the output-level range to -110 .. +10dBm
- Independent bi-directional DVB-ASI port
- API is fully compatible with other DekTec digital-video output adapters



APPLICATIONS

- Multi-standard test generator
- Modulator replacement
- RF output for your (OEM) application

KEY ATTRIBUTES

Parameter	Value	
Frequency range	47 .. 862MHz ±1ppm	
Bandwidth	5.0 .. 8.0MHz	
MER (OFDM)	≈40dB	
Main output	Connector	50-Ω BNC
Return loss	15dB (47 .. 862MHz)	
Level (QAM)	-31.5 .. 0dBm ±2dB	
Level (OFDM)	-34.5 .. -3dBm ±2dB	
Phase noise	<-90dBc @ 10kHz	
Spectral purity	>50dB (47 .. 862MHz)	
Monitor output	Connector	75-Ω F
Return loss	15dB (47 .. 862MHz)	
Level (QAM)	-27.5dBm ±3dB	
Level (OFDM)	-30.5dBm ±3dB	
ASI	Connector	75-Ω BNC
Return loss	15dB (5 .. 270MHz)	
PCI compliancy	r2.2, 32-bit, 33/66MHz	

MODULATION STANDARDS

Modulation	Standard
ATSC VSB	ATSC A/53E
ADTB-T / DTMB	GB 20600-2006
DVB-C	EN 300 429
DVB-T / DVB-H	EN 300 744
DVB-T2	EN 302 755
IQ	Direct I/Q sample payout
ISDB-T	ARIB STD-B31
QAM	J.83 Annex A/B/C

A2: ADB-3800/10TW

ADB-3800/10TW

Advanced, high definition
IPTV set-top box with home
networking capabilities



TECHNICAL ESPECIFICATIONS

TV Reception

- IPTV
- Optional DVB front end (DVB-T/S/C, ATSC)
- RF pass-thru for analogue channels

System Resources

- FLASH memory: Up to 64MB
- RAM memory: Up to 256MB (DDR)

Software

- Linux , Mozilla Browser
- ADB JavaScript API for IPTV and DVB
- DVB MHP 1.1.x, and/or
- Selection of IPTV middleware
- Compatible with MS Windows CE 5.0 BSP
- Advanced Graphical User Interface
- UPnP Media Player
- Video Telephony
- Automatic channel installation via scanning
- Electronic Program Guide
- Picture in Picture functionality

- Games
- Loader for software upgrade

Security

- Selection of embedded DRM & Conditional Access
- Macrovision™ on SD output
- HDCP on HDMI™ output
- Secure Video Processor (SVP)
- Advanced security in the CPU

IP Protocols & Standards

- IGMP2 [RFC 2236]
- IGMP3 [RFC 3376]
- RTSP [RFC 2326]
- RTP [RFC 3550]
- PPPoE [RFC 2516]
- SIP [RFC2543]
- NTP [RFC 1305]
- SSL 3.0
- TLS 1.0 [RFC 2246]
- HTTP 1.1
- HTTPS
- HTTP Authentication [RFC 2617]
- DHCP [RFC 2131]
- HTML 4.01
- Dynamic HTML

- XHTML 1.0
- JavaScript 1.5
- DOM level 2
- CSS level 2
- TR-069/TR-111

Return channel

- IEEE 802.3 10/100 Ethernet interface
- Optional PSTN V.92 modem

Video

- MPEG-1 (SD)
- MPEG-2 MP@ML (SD) and MP@HL (HD)
- MPEG-4 p.10 (H.264) MP@L3 (SD) and
- MP@L4.1 (HD)
- H.263 decoding and encoding for video telephony
- SMPTE VC-1 SP@LL, MP@LL, MP@ML,
- MP@HL, AP@L1-3
- Video format: 4:3, 16:9 with Pan Scan, Letterbox
- Up-scaling of SD video on HD output
- Downscaling HD video on SD output
- Supported resolutions: 1080i, 720p, 480/576p, 480/576i
- 32-bit color for OSD graphics and external applications

Audio

- MPEG-1 Layers I, II, III (MP3)
- MPEG-2 Layer 2
- MPEG-2 & MPEG-4 AAC
- WMA-9
- G.7xx for VoIP
- Echo cancellation for VoIP
- Mono, Dual Mono, Stereo, Joint Stereo
- Dolby Digital pass-through to external decoder

- Dolby Digital Down-mix

Front Panel

- Optional two Smartcard slot
- 8 navigation keys
- Front panel display
- STB status LED indicators
- Optional USB 2.0

Back Panel Connectors

- RF input
- Loop-thru output with optional modulator
- TV & VCR SCART output, or
- Two sets of 3 x RCA video and stereo audio output, and YPbPr component high definition output
- Optional S-Video output
- 2 x RCA audio stereo output
- HDMI™ with HDCP
- Digital S/PDIF audio output
- USB 2.0
- Ethernet port
- Modem port
- Power input

Accessories

- Universal remote control
- Audio/Video cables
- Ethernet cable
- Batteries
- Power cord with PSU
- Getting Started user manual

General Data

- Operating temperature range +5 to +40(°C)
- AC input voltage: 90 - 264 V, 50/60 Hz
- Weight: 1.4 kg
- Dimensions (WxDxH): 290 x 55 x 220 mm
- EU norms compliance, CE marking, or FCC,
- UL & CSA compliance

A3: WinTV-NOVA-T



Ver y grabar televisión TDT en su PC!

- Televisión digital DVB-T le ofrece imágenes nítidas
- Programe sus grabaciones de tv formato de grabación de alta calidad MPEG-2
- Incluye el mando a distancia IR Hauppauge para un fácil control de WinTV o Microsoft Media Center (en algunos modelos).

Características de la WinTV-NOVA-T PCI

- Mira la televisión digital, pause y grabe en su PC de escritorio, en una ventana o pantalla completa..
- Grabar programas de televisión digital a su PC usando compresión de alta calidad MPEG-2 al disco duro. Reproduce de nuevo en la pantalla de su PC en cualquier momento.
- Escuche radio digital* en su PC .
- Incluye el mando a distancia IR Hauppauge para un fácil control de WinTV o Microsoft Media Center (en algunos modelos).

Requisitos del sistema

- Procesador mínimo 1.5 GHz Intel® o equivalente.
- Microsoft Windows Vista (32 & 64bit) o XP (32bit solo) con Service Pack 2.
- Tarjeta gráfica 64M .
- Tarjeta de sonido o integrada en la placa base
- Un slot PCI libre.
- Lector de CD-ROM (para la instalación del programa).

Contenido de la caja:

- La tarjeta WinTV-NOVA-T PCI con receptor DVB-T.
- IR Mando a distancia con pilas.
- Cable receptor de IR mando a distancia.
- Software en CD-ROM.
- Guía de instalación rápida.

BIBLIOGRAFÍA

TELEVISIÓN DIGITAL

- [1] Universidad de Vigo, Loreto Abalde Lima, DVB (Digital Video Broadcasting),
<http://www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso9900/dvb/tvdig.htm>

MODELOS DE LA TELEVISION DIGITAL

- [2] TDT/ TVCable/ <http://www.televisiondigital.es/Cable/>
- [3] Ing. Nelson Asanza/ Sistemas de Telecomunicaciones con Tecnología HCF/ <http://www.cconstruccion.net/revista/articulo2.pdf>
- [4] ASENMAC.COM/ Juan Beteta, David Fernández, Jaime Ladrón, Óscar Macías/ La Televisión Digital Terrenal,
<http://www.asenmac.com/tvdigital/aspectos.htm#1.4>
- [5] Jon Goñi Amatriain/ IPTV. Protocolos empleados y QoS/
https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/trabajos/resumenes/gr16-QoSEnIPTV.pdf
- [6] Medios de transmisión de la televisión Digital/
<http://www.canalaudiovisual.com/ezine/books/jirtdt/12transmite%20tvdigital.htm>

ESTÁNDARES DE TRANSMISION DE LA TELEVISION DIGITAL

- [7] ATSC FORUM/ Robert Grave/ ATSC: Estado Actual de la TV Digital/
http://www.andicom.org.co/memorias/tv_digital/robert_k_graves.pdf
- [8] ATSC/ <http://www.slideshare.net/hocikn/caractersticas-atsc-69200>
- [9] SERVISYSTEM/ Nociones sobre ATSC/
<http://www.servisystem.com.ar/ATSC/dtv3.html>

- [10] ChileTVD/ Normas en juego: ATSC, DVB e ISDBT/
<http://www.chiletelevisiondigital.com/normas-en-juego-atsc-dvb-e-isdbt/>
- [11] VERITE/ Ing. Antonio Limas/ ATSC ADOPTA ESTANDAR DE
CODIFICACIÓN DE VIDEO AVANZADO/ Oct 2008/
<http://www.veritedistributors.com/pdfnews/ATSC%20ADOPTA%20ESTANDAR%20%20DE%20CODIFICACION%20DE%20VIDEO%20AVANZADO.pdf>
- [12] UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA-CHILE/ Eduardo Alarcón G./ Algoritmos de Compresión de Video/
<http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo330/2s06/projects/EspinozaAlarcon/ELO-330%20Algoritmos%20de%20compresion%20de%20Video..html>
- [13] An HDTV Primer/ What exactly is ATSC/ 12-31-08/
http://www.hdtvprimer.com/ISSUES/what_is_ATSC.html
- [14] http://www.crafproducciones.com.ar/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=20
- [15] UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS DE PUEBLA-MEXICO/ Compresión de video digital/
<http://ict.pue.udlap.mx/people/raulms/avances/compresion.html>
- [16] UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO-ESPAÑA/ Jaume Escoms Mendoza, Óscar Mora Climent, Jordi Paniagua Soriano/ Métodos de Compresión/
http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo8_99.00/mpeg.html#3.MPEG-2
- [17] UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA-ESPAÑA / Procesamiento de datos multimedia/ http://www.info-ab.uclm.es/asignaturas/42609/Practicas/Guiones/P1_DCT.pdf
- [18] <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=23>
- [19] <http://user.chol.com/~dtvkorea/kdvtv8vsb.htm>
- [20] Digital Video Broadcasting Group, <http://www.dvb.org/>
- [21] ETSI / DVB; Framing structure, channel coding and modulation for modulation for digital terrestrial television /
<http://happy.emu.id.au/lab/info/digtv/files/en300744-v1-4-1.pdf>
- [22] <http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/e/e5/AnexoFG-Marcomun.pdf>
- [23] ARIB (Asociación de Industrias y Negocios Radioeléctricos) / www.arib.or.jp/english/

[24] DIBEG(Digital Broadcasting Experts Group) / www.dibeg.org/

MPEG

[25] Ignacio Cierco Lasbats / Diseño e integración de un sistema de acceso condicional para TDT /

[26] http://www.ingleslaboral.com/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=37

[27] ITU / Sector Radiocomunicaciones / <http://www.itu.int/net/about/itu-r.aspx>

[28] Atlantic Internacional University / Alejandro Neri Rendón / Sistemas de Comunicación/

<http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/Comunnicacion%20de%20Systemas.html>

LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL INTERACTIVA

[29] Proyecto Suma / Servicios Interactivos en Televisión Digital / <https://eduforge.org/docman/view.php/230/.../E2.3-2%20v0.1.pdf>

[30] Proyecto de Educación Virtual basada en Televisión Digital Interactiva para apoyar procesos educativos a distancia-EDiTV(2008,agosto). Página Web. <http://www.unicauca.edu.co/EDiTV>

[31] UNIVERSIDAD DEL CAUCA / Juan P. Amaya, Franco A. Urbano, Wilmar Y. Campo, José L. Arciniegas / PDF “Infraestructura Tecnológica para un laboratorio experimental de Televisión Digital Interactiva”

[32] SET TOP BOX/ <http://www.asenmac.com/tvdigital/marcos.htm>

[33] Introducción a los Servidores de Aplicaciones, <http://www.jtech.ua.es/j2ee/ejemplos/sa/sesion1-apuntes.htm>

[34] Set Top Box, http://wapedia.mobi/es/Set-top_box

HARDWARE Y SOFTWARE

- [35] DECTEK, DTA-115, <http://www.dektec.com/Products/PCI/DTA-115/index.asp>
- [36] ADB GLOBAL, <http://www.adbglobal.com/?q=node/118>
- [37] HOUPPAUGE, Products, WinTV-NOVA-T
http://www.hauppauge.com/site/products/data_novatpci.html
- [38] FUNDACIÓN I+D DEL SOFTWARE LIBRE, Mapache Server,
http://www.fidesol.org/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=13
- [39] OPENCASTER / The Free Digital Tv Software / <http://www.avalpa.com/the-key-values/15-free-software/33-opencaster>
- [40] UNIVERSIDAD DEL CAUCA / Darío Fernando Rojas Rosero, Erney Octavio Tulande Dulcey / www.unicauca.edu.co/EDiTV
- [41] ARANOVA / Desarrollo de Aplicaciones Informáticas / <http://www.aranova.es/proyectos/mhpgen.html>