



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Electrónica

# ESTUDIO TEÓRICO DE LA NORMA TÉCNICA EUROPEA DVB-T Y SU POSIBLE ADOPCIÓN EN CHILE

Tesis para optar al título de:  
Ingeniero Electrónico.

Profesor Patrocinante:  
Sr. Néstor Fierro Morineaud.  
Ingeniero Electrónico,  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería,  
Diplomado en Ciencias de la Ingeniería.

ALEJANDRA LORENA VIDAL LÓPEZ

VALDIVIA -CHILE

2008

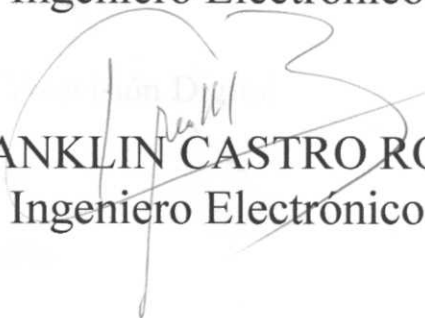
## Comisión de Titulación



Profesor Patrocinante: NÉSTOR FIERRO MORINEAUD  
Ingeniero Electrónico



Profesores Informantes: PEDRO REY CLERICUS  
Ingeniero Electrónico



FRANKLIN CASTRO ROJAS  
Ingeniero Electrónico

# INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>I. RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	<b>II</b>
<b>II. DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	
<b>CAPITULO I: "TELEVISIÓN DIGITAL"</b>	<b>1</b>
1.1 ¿Que es la televisión digital?	1
1.2 Características y ventajas de la Televisión Digital	2
1.3 Como opera la Televisión Digital	5
1.4 Mejor Calidad de Imagen y Sonido	7
1.5 Criterios para la elección de un estándar	8
1.6 Televisión de Alta definición	9
1.7 Recepción y distribución de la TDT	11
1.8 Aspectos técnicos en la implantación de la redes TDT	12
1.8.1 Instalación de transmisores	12
1.8.2 Distribución primaria	13
1.8.3 Equipos receptores de usuarios	13
1.8.4 Equipos necesarios para acceder a la TDT <sub>s</sub>	15
1.8.5 Proveedores de STB	18
1.9 MPH (Multimedia Home Platform )	19
1.10 Sincronización en Redes SFN (Redes de Frecuencia Unica)	21

1.11	Cambio de Equipos	23
1.12	"Situación Actual en Chile"	24
<b>CAPITULO II: "ESTÁNDARES MUNDIALES"</b>		<b>26</b>
2.1	Modelos de TVD y Flexibilidad	26
2.1.1	Estándar de Televisión Digital ATSC	26
2.1.2	Estándar Digital Video Broadcasting (DVB)	27
2.1.3	Estándar Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB)	29
2.1.4	Estándar Chino Digital Terrestrial Multimedia Broadcast (DTMB)	31
<b>CAPITULO III: "EL ESTÁNDAR DIGITAL DE VIDEO BROADCASTING (DVB)"</b>		<b>33</b>
3.1	Sistema D VB-T	33
3.2	Característica de la fuente	37
3.2.1	Características del video	37
3.2.2	Características del audio	37
3.3	Características del sistema de codificación y modulación	38
3.3.1	Descripción de la Codificación de canal	38
3.3.2	Modulación OFDM	41
3.3.3	Tasas de datos	44
3.3.4	Características Espectrales	46
3.4	Operación con frecuencia Única Nacional.	46

<b>CAPITULO IV: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES"</b>	<b>49</b>
4.1 Fuente de Datos	49
4.1.1. Sistema de transporte y múltiplex	49
4.1.2. Audio	50
4.1.3. Televisión de alta definición (HDTV)	50
4.2. Tasas de Datos y Cobertura	51
4.2.1. Tasas de Datos	51
4.2.2. Ruido de Impulso	53
4.2.3. Cobertura de Zonas Oscuras	53
4.3. Movilidad y mutitrayectoria	54
4.3.1. Robustez ante Propagación de Multitrayectoria	54
4.3.2. Recepción bajo Condiciones de Movilidad	58
4.4. Ancho de Banda y Eficiencia Espectral	60
4.4.1. Utilización del Espectro y Eficiencia Espectral	60
4.4.2. Factibilidad de Operar con Bandas de 8 MHz en Chile	61
4.5. Coexistencia con transmisiones Analógicas	63
4.6. Costo y disponibilidad de Equipos	65
4.6.1. Comparación Cualitativa de Costos de Equipos para TVD	65
4.7. Proyección Futura	66
4.7.1. Factibilidad de las Redes de Frecuencia Única	66
4.7.2. Cambio de Norma MPEG-2 a MPEG-4	69
4.7.3. Servicios Interactivos y Acceso Condicional	70

<b>CAPITULO V: "ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL MÓVIL"</b>	<b>71</b>
5.1 Estándar A-VSB (Advance-Vestigial Sidebance)	71
5.1.1 Codificación de Audio	74
5.1.2 Codificación de Video	74
5.1.3 Subsistema de Multiplicación y transporte	74
5.1.4 Modulación	74
5.2 Estándar DVB-H (Digital Broadcasting Handled)	75
5.3 Estándar 1-SEG	77
5.3.1 Modulación	79
5.4 Propuesta de los operadores de telefonía celular	79
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>85</b>

## **I. RESUMEN**

El presente estudio fue realizado con el propósito de evaluar la posible aplicación en Chile de la norma técnica Europea DBV-T de televisión digital.

Considerando que los aspectos técnicos y de costo de equipamiento son relevantes en la adopción del estándar de televisión digital, y que corresponde a la Subsecretaría de Telecomunicaciones estudiar y proponer las políticas regulatorias correspondientes, es que se realiza el presente estudio cuyo objetivo es señalar las características técnicas y de costo, desde el punto de vista técnico-teórico, asociados al estándar DBV-T de Televisión Digital.

Se planteó una entrega de conocimientos relacionados a la forma de operación de la televisión digital, haciendo énfasis a la situación actual en Chile.

Se presenta un análisis técnico de la norma DVB-T resaltando aspectos específicos de ella. Posteriormente se realiza un análisis comparativo detallado de los aspectos relevantes de los tres estándares de televisión digital. Finalmente se hace un estudio de los estándares de televisión digital móvil destacando sus principales características.

## II. INTRODUCCIÓN

La transmisión de televisión digital terrestre permite mejorar sustantivamente la experiencia televisiva en comparación a la televisión analógica usada en la actualidad en Chile. Ello es posible gracias al mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico que es posible con la TV Digital, lo que permite transmisiones con resoluciones de video de alta definición y audio de alta fidelidad, o bien, alternativamente, empaquetar múltiples programas con video de definición estándar sin alterar la asignación de canales y espectro existentes en la actualidad. La señal digital además puede ofrecer servicios que involucran cierto grado de interactividad con el tele-espectador. Algunos sistemas de TV Digital también permiten la recepción de TV en condiciones móviles. Finalmente, con TV Digital será posible utilizar los canales adyacentes, con lo cual se amplía la oferta de espectro para la entrada de nuevos operadores.

La televisión digital terrestre (TVDT), principal foco de atención de las políticas al respecto, afecta a todos los ámbitos del proceso televisivo, desde la producción hasta la transmisión y recepción de las señales televisivas. Lo anterior obliga a digitalizar todo el proceso, con una renovación de los equipos de producción y de transmisión (a cargo de los operadores) y de los equipos de recepción (a cargo de los usuarios).

En términos generales, la televisión digital (TVD) permite la optimización del espacio radioeléctrico para la transmisión de las señales. Si la modalidad analógica implica una frecuencia de 6 u 8 MHz para la transmisión de una sola señal, con la digitalización y compresión de los canales se abren dos grandes modalidades de servicios televisivos, una alta definición y el multicasting de señales de televisión y sistemas de información.



La tecnología digital de televisión permite ofrecer calidad de imagen y sonido superiores al actualmente disponible, calidad similar al cine y sonido con calidad digital, lo cual se ha desarrollado con el nombre de High Definition TV (HDTV) o televisión de “alta definición”.

Como se menciona anteriormente, la tecnología digital de televisión posibilita el desarrollo de multicasting, es decir, transmitir simultáneamente en el mismo ancho de banda disponible, varios programas de televisión con “definición estándar”, conocido como Standard Digital TV (SDTV). En la TVD de definición estándar, las imágenes digitales son similares en claridad y detalle a las mejores imágenes de TV analógica que están siendo recibidas y desplegadas actualmente usando el sistema de radiodifusión televisiva (NTSC analógico en el caso de Chile) y receptores de televisión actuales.

Adicionalmente, la tecnología TVD permite desarrollar datacasting, que consiste en transmitir en conjunto con la señal de televisión, grandes volúmenes de otros datos que pueden ser recepcionados en un computador o un receptor de TV. Por ejemplo, los programas de TV pueden ser difundidos con una variedad de lenguajes y subtítulos, que el espectador puede escoger, así como también puede elegir el ángulo favorito de una cámara en un programa deportivo, solicitar estadísticas del juego, resultados y otras informaciones.

El datacasting permite además, a los broadcasters, transmitir al televisor la edición completa de un diario, información deportiva, software de computador, guías telefónicas, información actualizada de la Bolsa, material educativo interactivo y cualquier otra información que pueda ser transformada en bits. En este sentido, las posibilidades de implementar servicios de información interactivos con la tecnología de TVD, dependen exclusivamente del modelo que desarrolle la industria de broadcasters, dado que tecnológicamente es factible

ofrecer servicios como e- mail, video a demanda, video juegos y compras en general.

Los procesos de transición de la TV analógica a la TV digital terrestre en los diversos países básicamente han implicado la definición por alguna de estas opciones. Sin embargo, todos coinciden en la concepción de que dicha adopción resulta una forma de proyectar el rol histórico y social desempeñado por la TV abierta, ofreciendo a los broadcasters tradicionales (canales de televisión abierta terrestre), insertarse competitivamente en el nuevo mercado de la convergencia de la industria audiovisual, la informática y las telecomunicaciones.

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **CAPÍTULO I**

#### **“TELEVISIÓN DIGITAL”**

##### **1.1 ¿Qué es la televisión digital?**

Se define la televisión digital como la tecnología de televisión que codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, lo que abre la posibilidad para crear aplicaciones interactivas.

La televisión Digital es una nueva técnica de difusión de las señales de televisión que sustituye a la analógica convencional. Hasta el momento la televisión digital existía en Chile a través del cable y del satélite, pero en poco tiempo más se sumará a este cambio la televisión de señal abierta, por eso se habla de Televisión Digital Terrestre (TVDT). En la TVDT la imagen, el sonido y los contenidos interactivos se transforman en información digital. Este tipo de televisión permite importantes ventajas como un incremento del número de canales, una mejora en la calidad de la imagen y sonido y el acceso a diversos servicios y aplicaciones interactivas a través de un canal de retorno telefónico.

La televisión digital terrestre es una plataforma que permite optimizar la transmisión de datos, dando la posibilidad de hacer pasar muchos más canales de televisión por donde antes pasaba uno. La TDT requiere un quinto menos de ancho de banda para transmitir un canal de resolución equivalente a la actual televisión analógica. Además, no es necesario dejar canales desocupados entre una y otra señal, debido a que se producen menos interferencias.

## **1.2 Características y ventajas de la Televisión Digital**

La televisión digital puede ser recibida de tres formas:

- Por antena satelital
- Por cable
- Por antena convencional terrestre hoy usada para emisiones analógicas de TV abierta (TVA). El nombre correcto de esta modalidad es televisión digital terrestre (TVDT). Es la opción más barata, pero admite menos canales que las otras dos alternativas.

La televisión digital permite:

- Mayor eficiencia
- Mejor calidad de imagen y recepción
- Facilita prestaciones adicionales uni o bidireccionales

La TDT es una nueva tecnología que permite difundir la señal de televisión con unas mejoras muy importantes respecto a la analógica. Como ésta última, emplea para su transmisión ondas hertzianas pero la señal antes de enviarla se convierte a digital (se pueden aplicar procesos de compresión y corrección de errores) de forma que lo que se transmite son sólo unos y ceros, optimizando así el uso del espectro destinado a la señal de televisión y pudiendo por lo tanto enviar más canales.

Se trata de la cuarta forma que existe ahora mismo para transmitir televisión digital, tras el satélite, el cable y el ADSL.

El empleo de la televisión digital terrestre como medio para la difusión de televisión proporciona una serie de beneficios frente a otras posibles opciones:

- Empleo de la modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) definida por el estándar europeo DVB-T, que dota a la señal de una robustez y calidad muy superiores a la tradicional televisión analógica.
- Al utilizar como medio de difusión la red terrestre nos permite una recepción en el hogar sencilla y poco costosa, ya que emplea el mismo sistema de recepción de la televisión analógica, e incluso con la antena anterior, sin merma de calidad.
- Permite la recepción portátil y en movimiento.
- Puede emplear redes de frecuencia única lo que conlleva el uso de un menor número de frecuencias.
- Requiere menor potencia de transmisión.
- Incrementa el número de programas con respecto a la televisión analógica actual, permitiendo múltiples programas y servicios multimedia en cada canal radioeléctrico.
- Mejora de la calidad de la imagen y del sonido (se evitan los efectos de nieve y de doble imagen de la televisión analógica) en la zona de cobertura, consecuencia de la robustez de la señal digital frente al ruido, las interferencias y la propagación multitrayecto.
- La elevada resolución espacial de un sistema de televisión digital permite un realismo mayor, que se puede apreciar en una pantalla más grande.
- Permite el aumento de la relación de aspecto. El formato convencional es de 4:3, mientras que con la televisión digital se permite el formato panorámico de 16:9.

- Se puede ofrecer un sonido multicanal, con calidad de disco compacto. Además la multiplicidad de canales de audio permite conseguir el efecto de sonido perimétrico empleado en las salas de cine. Aparte, estos canales podrían emplearse para transmitir diferentes idiomas con el mismo programa de video.

- Abre las puertas del hogar a la Sociedad de la Información, debido a que permite la convergencia TV-PC. El televisor pasará a convertirse en un terminal multimedia que podrá admitir datos procedentes de los servicios de telecomunicaciones, suministrando servicios de valor añadido como correo electrónico, cotizaciones de bolsa, videoteléfono, guías electrónicas de programas (EPG), video bajo demanda, pay per view, teletexto avanzado, banco en casa, tienda en casa, etc.

- Facilita los servicios de ámbito nacional, regional y local.

-Permite el desarrollo equilibrado entre servicios en abierto (Servicio Universal) y servicios de pago.

- Los televisores actuales no permiten la recepción de la nueva señal digital para obtener una imagen visualizable, por lo que caben dos soluciones:

La solución obvia es comprarse un televisor digital, pero hasta que el sistema no esté completamente introducido, los televisores digitales de pantalla grande apta para televisión digital serán caros.

La solución más económica es añadir al receptor de televisión corriente un aparato decodificador, que convierta la señal digital en una señal analógica. Aunque el espectador no percibirá la calidad propia de la televisión digital, la calidad de la

imagen superará la que tendría el mismo programa transmitido por un canal analógico.

- Servicios interactivos de valor añadido desarrollados con el estándar MHP (Multimedia Home Plattform)

El estándar MHP permite al usuario final disfrutar de un nuevo concepto de televisión. A diferencia de la TV actual meramente pasiva, la nueva TDT se convierte en un sistema bidireccional en el que el espectador puede interactuar con los programas que recibe, todo ello a través del set-top-box siempre que éste disponga a bordo del firmware MHP.

MHP es un middleware abierto que permite desarrollar y ofrecer aplicaciones interactivas dentro de los paquetes digitales terrestres, añadiendo esta información adicional a la estrictamente televisiva. Para disfrutar de la interactividad y de la bidireccionalidad de las aplicaciones, es necesario que el receptor se conecte a la toma de televisión con un cable coaxial, a la toma telefónica con un cable de dos pares y conector RJ-11, y evidentemente al televisor con un cable SCART con euroconector. Con esta conexión y a través del mando a distancia del receptor, podremos acceder a la parte interactiva que llega junto a la imagen tradicional. Entre otros servicios, es posible acceder a una guía de programación EPG evolucionada, participar desde casa con los programas de las diferentes cadenas de televisión, disfrutar de publicidad interactiva, aplicaciones de internet como e-commerce, home banking y T-government, etc. y un sinnúmero de servicios pay-per-view (Pago Por Ver) que poco a poco irán llegando a nuestros hogares.

### **1.3 ¿Cómo Opera la Televisión Digital?**

El sistema de televisión analógico, a color, utilizado en Chile, denominado NTSC (National Television System Committee), fue elegido en nuestro país a fines de los

70. Considerando que este estándar era compatible con los antiguos televisores blanco y negro, no fue necesario realizar una transición muy compleja, ya que quien compraba un televisor color veía en color mientras que el antiguo blanco y negro siguió funcionando normalmente. La selección de estándar en su momento, más que consideraciones estrictamente técnicas, buscó la opción que tuviera más proyecciones de mercado y permitiera en el futuro obtener los equipos más baratos, desechando cualquier tentación de definir un estándar propio. Este sistema analógico utiliza un ancho de banda de 6 MHz por canal, empleándose principalmente la banda VHF, canales del 2 al 13 a lo largo del país. Además, existen algunas asignaciones en la banda UHF.

El problema de la digitalización de la televisión terrestre (televisión de señal abierta), en contraste con el cambio de blanco y negro a color, radica en que los receptores analógicos son incompatibles con esta nueva tecnología, por lo que los usuarios tendrán necesariamente que comprar televisores digitales o adicionar un decodificador (Set Top Box) a sus actuales televisores. Por ello, es posible elegir un estándar de origen diferente al analógico en la medida que exista el STB que se adecue a los actuales televisores, es decir, tengan salida para televisores NTSC.

Cabe señalar que, la principal diferencia entre los estándares reside en la interfaz de aire, es decir, la etapa final de transmisión y la inicial de recepción. Por ello, la selección de estándar no involucra a la producción de programas de televisión no estando en juego la transferencia de programas entre países.

La transmisión digital de la señal televisiva, por la mayor eficiencia en el uso del canal, permitirá mejorar la calidad de las imágenes y del sonido, mediante la transmisión de un canal de televisión de alta definición (HDTV) o transmisiones



simultáneas de múltiples programas con calidad estándar y/o servicios adicionales, uni o bidireccionales para correo electrónico, comercio electrónico, u otras aplicaciones interactivas o la posibilidad de recepción móvil.

Además para las transmisiones de definición estándar mejorará la recepción de las señales al eliminarse las fallas en las transmisiones análogas conocidas como imágenes fantasma (por efecto de rebotes) y lluvia (por bajos niveles de señal).

Como se señaló anteriormente, el problema de la digitalización de la transmisión es que los receptores analógicos son incompatibles con esta nueva tecnología, por lo que los usuarios tendrán que comprar televisores digitales o adicionar equipamiento extra (Set Top Box) a sus actuales televisores.

Por tal motivo, será necesario que exista un lapso de tiempo en el cual coexistan las transmisiones analógicas y digitales, lo que se denomina Multicasting.

#### **1.4 Mejor Calidad de Imagen y sonido**

La transmisión terrestre de televisión se ve afectada por dispersión de energía, zonas de sombra y reflexiones que provocan ecos.

La imagen, sonido y datos asociados a una emisión de televisión se codifican digitalmente en formato MPEG-2.

El problema de los ecos se ha solventado en el sistema europeo aplicando la modulación COFDM. En la TDT el flujo binario resultante de codificar la imagen, el sonido y los datos del programa se transmite mediante miles de portadoras entre las que se reparte la energía de radiación. Las portadoras mantienen una ortogonalidad, en el dominio de la frecuencia, su energía se sitúa en el cruce por cero de cualquier otra, lo que facilita la modulación.

Se divide el flujo de datos binarios en miles de sub-flujos de datos a muy baja velocidad y por tanto elevada duración de bit. Se emite durante un tiempo útil seguido de una parada o tiempo de guarda. Durante el tiempo útil todos los transmisores están sincronizados y emiten en paralelo una parte de bits del flujo binario. De esta manera, en entornos urbanos, las interferencias no degradan sino que mejoran la potencia y relación señal–ruido de la señal recibida. Las posibles reflexiones o rebotes de la señal en obstáculos del entorno (por ejemplo edificios) hacen que las señales se superpongan sumando potencia y mejorando la relación de señal a ruido.

Además, la codificación dispone de mecanismos para la detección y corrección de errores que mejoran la tasa de error en las señales recibidas en entornos especialmente desfavorables.

La compresión MPEG-2 utilizada es una compresión con pérdidas. Esto significa que antes de la emisión la calidad del audio y el vídeo en televisión digital es inferior que en televisión analógica. Por lo tanto, lo que nos garantiza la televisión digital terrestre es una mejor calidad de la señal recibida, no del video y audio. Esto se puede comprobar en la transmisión de los encierros de San Fermín, donde debido a la gran cantidad de movimiento aleatorio y los diversos colores existentes, la compresión MPEG-2 con el ancho de banda asignado genera un video de muy mala calidad aunque, eso sí, se recibe tal y como se envió desde la cabecera.

### **1.5 Criterios para la elección de un estándar**

- El costo de implementación de la televisión digital, especialmente el correspondiente al reemplazo de los equipos de recepción.

- Potencialidades para la operación técnica y comercial de la televisión: Alta definición, Multicasting, recepción móvil, recepción portátil y servicios adicionales de datos, entre otros.
- Capacidad técnica, es decir, debe ser capaz de recibir con la mayor calidad posible la señal en las condiciones topográficas de nuestro país.
- Proyección futura y extensión, desde el punto de vista técnico, económico y de sus potencialidades.
- Desarrollo y transferencia tecnológica, un medio para ayudar a un impulso del desarrollo tecnológico del país.

### **1.6 Televisión de Alta definición (HDTV)**

Con una calidad audiovisual que supera la de un DVD tradicional, la TV de Alta Definición ofrece una claridad y calidad que hacen la experiencia de ver televisión algo mucho más placentero, aprovechando el formato de los grandes televisores de una manera justificada. En términos técnico, existe un consenso en reconocer como HDTV cuando una pantalla tiene al menos 1080 o más líneas activas (en contraste con las 480 de la TV estándar) y generalmente de forma más bien alargada, como sucede en el cine. Para ver HDTV es necesario tener un televisor que permita HDTV, las tecnologías más ampliamente usadas son plasma y LCD, que sea HD Ready o que soporte HDTV. Es importante tener claro que no todas las pantallas de Plasma y LCD permiten HDTV.

La HDTV lleva una cantidad de información entre 2 y 5 veces más detallada de lo que acostumbramos. Además, incorpora la posibilidad de llevar un canal de sonido

envolvente Dolby (las características del sonido son independiente de la calidad del video, existe opción de sonido envolvente también en TV-Digital de calidad estándar e incluso en analógico. Las capacidades del audio en la TV-Digital estándar y en TV-Digital HDTV son similares).

**HD READY:** Es una etiqueta que marca un estándar para los equipos que permiten ver TV de Alta Definición, tales como televisores, pantallas de plasma, LCD, proyectores, retropro-yectores y monitores. Para recibir transmisiones de HDTV se puede usar un sintonizador de Alta Definición, llamado Set Top Box (similar al D-BOX de VTR, pero adecuado a estas transmisiones) o también puede verse en un equipo que tenga el sintonizador integrado.

A veces se generan confusiones porque distintos proveedores interpretan de distinta forma este término. Incluso existen algunos que claman ser HD Ready soportando como máximo 720 líneas.

La pantalla HDTV utiliza una proporción de aspecto 16:9. La alta resolución de las imágenes (1920 pixels  $\times$  1080 líneas o 1280 píxeles  $\times$  720 líneas) permite mostrar mucho más detalle en comparación con la televisión analógica o de definición estándar (Standard Definition, de 720 píxeles  $\times$  576 líneas según el estándar PAL).

El códec utilizado para la compresión puede ser MPEG-2, H.264 o VC-1 (Estándar que se implementó en Windows Media Vídeo 9), aunque el MPEG-2 se está quedando desfasado actualmente por su baja eficacia de compresión comparado con los otros códecs. Las imágenes HDTV son hasta 5 veces más definidas que las de la televisión de definición normal, comparando el formato PAL con la resolución HDTV más alta.

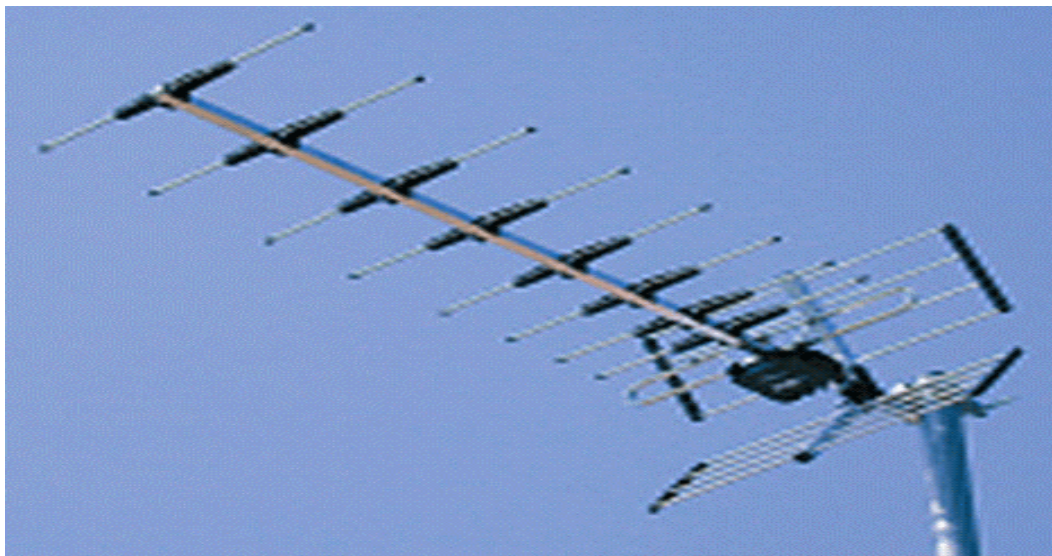
La resolución 1920x1080 suele estar en modo entrelazado, para reducir las demandas del ancho de banda. Las líneas son rastreadas alternativamente 60 veces

por segundo, de forma similar entrelazado a 60 Hz en NTSC. Este formato se denomina 1080i, o 1080i60. En las áreas donde tradicionalmente se utiliza la norma PAL a 50 Hz se utiliza 1080i50

### **1.7 Recepción y distribución de la TDT(Televisión digital terrestre)**

La televisión digital terrestre no requiere un nuevo tipo de antena para ser captada. La antena yagi tradicional en banda UHF es suficiente para recibir la TDT, que por lo general se transmite desde los mismos repetidores analógicos actuales. Sin embargo, sería aconsejable verificar los mapas de cobertura y los puntos de transmisión, para así garantizar que la antena actual se dirige hacia el punto correcto. Por lo que respecta a la central amplificadora en instalaciones de antena centralizada, ésta puede ser la misma si el amplificador instalado es un banda ancha y no hace falta añadir una antena adicional. Pero en el caso de que sí que fuese necesario utilizar una nueva para los canales digitales, la central se debería sustituir por una que dispusiera de una entrada para la nueva antena.

La figura N<sup>a</sup>1 muestra la antena Yagi tradicional:



**Figura 1.** Antena Yagi.

Asimismo si la central de amplificación existente se compone de filtros para los canales analógicos, será necesario añadir tantos nuevos módulos como paquetes de señal digital recibamos una señal digital es un paquete que puede transportar hasta 6 canales televisivos. Para ello es de fundamental importancia que un instalador antenista controle la instalación para realizar las adaptaciones oportunas.

Ya dentro de casa, no será posible acceder a la programación si no se dispone de un receptor para la TDT. Los televisores de los que disponemos representan únicamente la imagen si ésta llega en formato analógico, por lo que al igual que para el satélite debemos instalar un descodificador conectado al televisor, se necesita un receptor que pueda convertir la señal digital a un formato audio y vídeo que un televisor PAL pueda interpretar. Por lo tanto, el set-top-box TDT se conectará por una parte a la toma de televisión mediante un cable coaxial, y por otra al televisor utilizando un cable con euroconector (SCART) o bien un cable RCA audio-vídeo.

## **1.8 Aspectos técnicos en la implantación de la redes TDT**

### **1.8.1 Instalación de transmisores**

En principio, los transmisores de televisión digital utilizarían los emplazamientos actuales de transmisores de televisión analógica, con lo cual podría ser reutilizada gran parte de la infraestructura disponible actualmente. En algunas situaciones se requeriría una nueva antena; si la antena disponible fuera a ser empleada, habría de tenerse en cuenta que las señales digitales tendrían que ser combinadas en alta potencia con las señales analógicas actuales (al menos durante la transición analógico->digital), o bien el conjunto debería pasarse por un amplificador multicanal, lo cual conllevaría problemas de filtrado y de no linealidades.

### **1.8.2 Distribución Primaria**

Se requiere una red de distribución primaria para transportar los paquetes MPEG-2 desde los estudios de televisión hasta los centros re-multiplexores (variaciones autonómicas en la programación) y hasta los centros transmisores.

Se consideran varias posibilidades, 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 las posibilidades comentadas.

### **1.8.3 Equipos receptores de usuarios**

Probablemente uno de los requisitos más críticos para la adopción de un nuevo estándar sea la disponibilidad de equipos que lo soporten. En efecto, un factor clave en el éxito de la implantación de un sistema de TDT es lo atractivo que sea el sistema y los nuevos servicios y ventajas que ofrezca respecto de los anteriores sistemas analógicos, lo cual viene en buena parte marcado por la posibilidad de disponer de receptores sencillos por un lado, y versátiles y que ofrezcan gran variedad de servicios por otra.

Entre las ventajas destacamos:

- ❖ Mejor aprovechamiento del ancho de banda, 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.
- ❖ Mejor calidad tanto de imagen como de audio.

- ❖ Posibilidad de dedicar parte del espectro a transmisión de datos o imágenes, lo que permite al usuario el acceso a otras informaciones (como por ejemplo las estadísticas de un jugador en un evento deportivo).

Respecto al tema, cabe comentar el ingente trabajo adicional de especificación que se ha realizado en Inglaterra (como país pionero y probablemente referencia) con objeto de maximizar la interoperabilidad manteniéndose la compatibilidad con DVB. Gran parte de ese trabajo estaba destinado a la especificación del API (Application Programming Interface) para servicios interactivos. Principalmente hay dos opciones:

La primera, adoptada en el Reino Unido, es la ISO/IEC 13522-5 (MHEG-5), la cual soporta un nivel básico de servicios interactivos, y proporciona amplios mecanismos de extensión hacia servicios más avanzados.

La segunda, en desarrollo por DVB, y denominada DVB-MHP (Multimedia Home Platform).

De todas formas, y como conclusión se afirma que aunque aún prevalecen los decodificadores únicamente para operadores específicos, resulta impensable que en un futuro próximo, en el que todos los receptores de televisión serán digitales, se continúe con el desarrollo de decodificadores distintos para distintos servicios digitales. Las economías de escala, que permitirán su introducción en el mercado a precios bajos, no obstante requieren, como ya se ha comentado, de la estandarización de los equipos, tal y como ha sucedido y sucede con la telefonía móvil.



#### 1.8.4 Equipos necesarios para acceder a la TDT

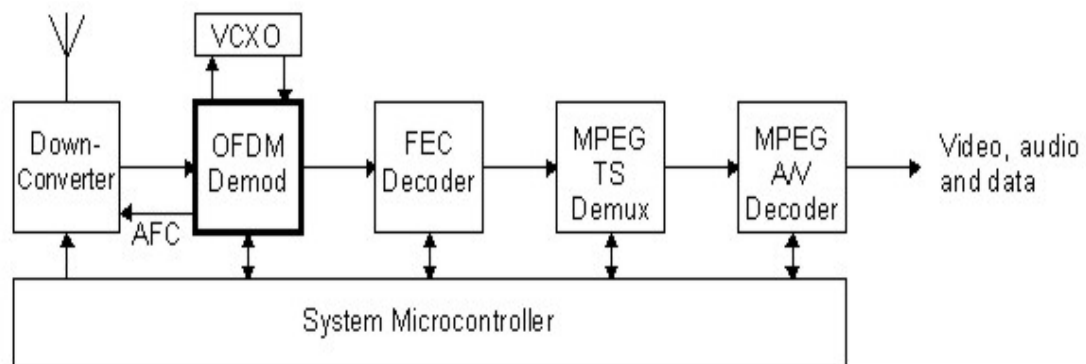
Para acceder a la señal de TDT se necesita un receptor adecuado. Este puede ser de dos tipos:

- **Receptor externo o Set-Top Box (STB)**, el cual se conecta a tu televisor analógico convencional.
- **Televisor Digital Integrado**, que incorpora el receptor digital dentro del chasis del televisor y permite, por tanto, recibir la TDT además de la TV analógica convencional.

Los receptores de TDT están disponibles en los establecimientos comerciales de Electrónica de Consumo (grandes almacenes, hipermercados, tiendas de electrodomésticos, etc) y también son comercializados por las empresas instaladoras de telecomunicaciones especializadas en Tv Digital.

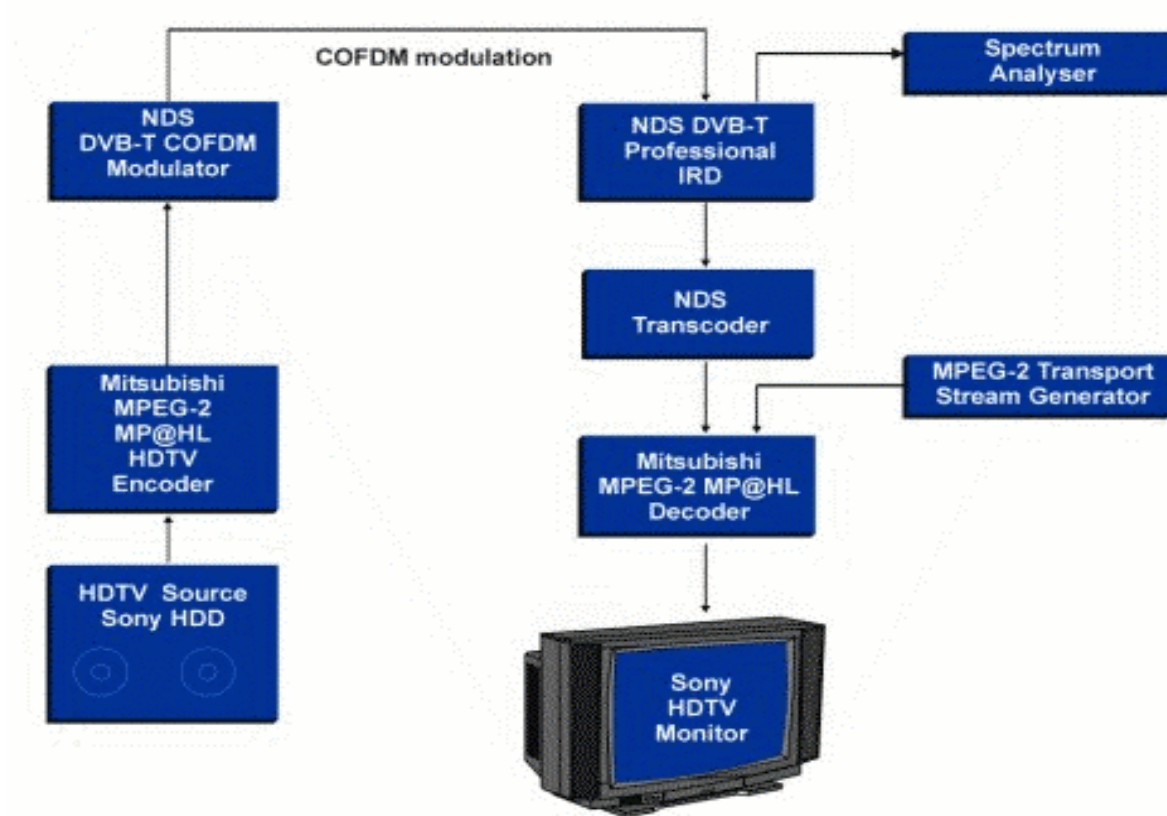
Hay receptores, ya sean STB o TV Digitales Integrados, que soportan servicios interactivos, y otros que no lo hacen. Los primeros utilizan para ello la tecnología MHP (Multimedia Home Platform o Plataforma Multimedia del Hogar).

A continuación se indican los elementos que forman el equipo receptor o STB:



**Figura 2.** Equipo receptor

A continuación se muestra un esquema de bloques para la recepción de televisión digital terrenal de alta definición:



**Figura 3.** Ejemplo de difusión de TV de alta definición

Los STB para TDT se conectan al televisor analógico normalmente a través de un cable Euroconector, aunque pueden hacerlo también a través de una conexión de antena convencional. Asimismo, podrás conectar también el STB (si tiene salida analógica) a tu vídeo actual, lo cual te permitirá grabar los programas digitales.

Algunos modelos disponen de salida de audio digital que permite conectarlos con un sistema de Home Cinema y disfrutar así de la calidad de sonido multicanal Dolby Digital.



**Figura 4.** Esquema de conexión de un STB a un televisor analógico.

### **Televisor digital integrado:**

El Televisor Digital Integrado permite recibir señales de TV analógica y señales de Televisión Digital Terrestre sin necesidad de adaptador externo, ya que incorpora el receptor digital dentro del televisor.

Los Televisores Digitales Integrados son normalmente de formato panorámico y soportan reproducción de sonido de alta calidad. Algunos modelos pueden también conectarse a un equipo de Home Cinema y disfrutar así de sonido multicanal Dolby Digital.

También podrás conectar a un Televisor Digital integrado tu decodificador de satélite o cable si estás abonado a alguno de estos servicios, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 5.** Esquema de conexión de un decodificador a un televisor digital integrado.

### 1.8.5 Proveedores de STB

- ❖ General Instrument
- ❖ LG Electronics
- ❖ Microsoft
- ❖ Panasonic
- ❖ Samsung
- ❖ Philips
- ❖ Scientific-Atlanta
- ❖ Thomson Consumer Electronics
- ❖ Zenith Electronics

Los diseños de STB continúan agregando nuevas funcionalidades y encontrando maneras de reducir costes. Uno de los logros es el desarrollo de una plataforma avanzada que permite la difusión de video a la carta (DVD) y otras aplicaciones, mediante DVB terrestre, y representa un avance en la convergencia de los receptores de los hogares. El desarrollo de STB avanzados, permite soluciones de bajo costo y fácil uso de DVD, televisión digital interactiva (con funciones de

teletexto más avanzadas), y aplicaciones MPEG-2 tales como PPV (Pay Per View o pago por visión) y video bajo demanda, proporcionando nuevos niveles de interacción.

### **1.9 MPH (Multimedia Home Plataform)**

MHP se define como una interface genérica entre las aplicaciones digitales interactivas y los terminales en que estas aplicaciones se ejecutan. Esta interface desacopla las diferentes aplicaciones de los proveedores desde el específico hardware a los detalles que el software de los diferentes terminales MHP. Permite suministrar la dirección de todos los terminales. Además integra a la televisión digital y a los PC multimedia. El MHP se establece por normas DVB sobre emisión y los servicios interactivos en todas las redes de transmisión incluyendo la transmisión satélite, el cable, redes terrestres y sistemas de microondas.

MHP soporta muchos tipos de aplicaciones en los que se incluyen:

- Las guías de programas electrónicos (EPG).
- Servicios de información (teletexto, teletipos de noticias).
- Aplicaciones sincronizadas para contenidos de TV.

La arquitectura del MHP es definida en tres términos que a su vez se subdividen en diversos campos: recursos, sistema de software y aplicaciones. Los recursos del MHP son el tratamiento de MPEG, los dispositivos I/O, CPU, memoria y sistema de gráficos. El sistema de software usa recursos disponibles en orden a suministrar una vista resumida de las aplicaciones de la plataforma. Las implementaciones

incluyen una aplicación de administración (también conocida como "navegador") para el control del MGP y las aplicaciones que se ejecutan.

### **El sistema central**

El centro del MHP esta basado en una plataforma conocida como DVB-J. Esta incluye una máquina virtual que es definida como Java Virtual Machine, y que es una especificación dada por Sun Microsystems.

Las aplicaciones de MHP acceden a la plataforma solo por las especificaciones de las APIs. Las implementaciones MHP son requeridas para realizar un trazado entre estas especificaciones APIs, los recursos y los sistemas de software.

Los primeros elementos de la primera edición del MHP son:

- La arquitectura MHP.
- Definición detallada de mejora de difusión e interactividad de las reseñas
- Formato de contenido incluyendo PNG, JPEG, MPEG-2 Vídeo/Audio, subtítulos, y descargas.
- Transporte obligatorio de protocolos incluyendo DSM-CC.  
Modelo de Aplicación DVB-J y señalización
- Plataforma DVB-J con DVB definida APIs y seleccionando partes desde la existencia de Java APIs, JavaTV, HAVi (interface de usuario) y DAVIC APIs.
- Seguridad en la parte central de la aplicación de emisión o datos de autenticación (firmas y certificados) y canal de encriptación (TLS).

-Modelo de referencia de graficos.

-Anexos con DSM-CC, presentación de texto, capacidades mínimas de la plataforma, varios APIs.

La especificación MHP provee un conjunto consistente de características y funciones que requieren para realzar la difusión y la difusión interactiva de los archivos.

Entre otras de sus características se puede mencionar:

El MHP (Multimedia Home Platform) se pone en común API que es completamente independiente de la plataforma del hardware que se ejecuta. Realzar la emisión, la emisión interactiva y el contenido de los diferentes proveedores que pueden accederse a través de un simple servicio. Esto permite un mercado horizontal en el contenido, aplicaciones y unas condiciones a los servicios sobre la múltiple entrega de mecanismos (cable, satélite, terrestre, etc).

### **1.10 Sincronización en Redes SFN (Redes de Frecuencia Única)**

Las redes de frecuencia única o SFN ofrecen ventajas significativas en la difusión de televisión digital terrenal. La principal ventaja es que la eficiencia espectral que se puede obtener, ya que un servicio compuesto por 4 ó 5 programas de televisión puede ser difundido en un área extensa o incluso a nivel nacional usando tan sólo un único canal RF. Sin embargo, el modo de operación SFN requiere una perfecta técnica de sincronización de red. Es necesario definir métodos de sincronización de frecuencia, de tiempo, de bit, y de dispersión de energía.

- ❖ La sincronización de frecuencia es especialmente crítica en la televisión digital terrenal debido al esquema de modulación multiportadora empleado.

La modulación COFDM emplea portadoras  $2K/8K$  que se deben difundir a la misma frecuencia RF por todos los transmisores que pertenecen a la red SFN. Cada portadora debe ser transmitida a una frecuencia igual a  $f_k \pm (Df / 100)$ , donde  $f_k$  es la posición ideal de la portadora k-ésima e  $Df$  es el espaciado de las portadoras (1116 Hz en el sistema 8K).

- ❖ La sincronización temporal también es necesaria para poder aprovechar la robustez frente al efecto de propagación multitrayecto que ofrece la modulación COFDM (cuando la duración del eco es menor que el intervalo de guarda). Pero esto sólo es posible cuando el sistema de sincronización temporal hace que el mismo símbolo se difunda en el mismo instante por todos los transmisores. En realidad se puede aceptar una precisión temporal de  $T_n \pm 1\text{ms}$ , donde  $T_n$  es el instante de muestreo ideal para el símbolo n-ésimo que se emite, para que el sistema funcione correctamente.
- ❖ La sincronización de bit implica emitir el mismo símbolo al tiempo de modo que todas las portadoras estén moduladas igual. Por tanto los mismos bits modulan la misma portadora adecuada.
- ❖ La sincronización de dispersión de energía es necesaria para asegurar que las transiciones binarias de los datos del MPEG-2 transport stream son aleatorizados tan pronto como entran en el codificador de canal.



## 1.11 Cambio de Equipos

### **Bajo costo: DECO**

Televisor análogo

+

Decodificador

(Set Top Box)



### **Alto costo: TV digital**

Televisor Digital  
Integrado



## 1.12 Situación actual en Chile

### “SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE”

Hoy tenemos una televisión abierta que es análoga con 5 o 6 canales en cada una de las regiones del país, que son los canales del 2 al 13 que todos conocemos.

Desde el año 1978, Chile posee un sistema analógico de televisión denominado NTSC (National Television System Comitee), el cual es un sistema de codificación y transmisión análogas de televisión a color desarrollado en Estados Unidos, alrededor de 1940, y que se emplea en la actualidad en la mayor parte de América, y utiliza 6 MHz de ancho de banda. A pesar de su desarrollo tecnológico, las deficiencias de la televisión analógica se hacen evidentes en los televisores de tecnología avanzada y pantalla grande. Algunas de estas deficiencias son la baja resolución (nitidez), rango de sonido limitado, baja fidelidad del color, entre otras. La televisión digital permite una mayor eficiencia en el uso del espectro. Además permite la interactividad de los usuarios con la información en pantalla.

Se tiene también una oferta de televisión satelital y también televisión por cable. Algunas de estas formas de televisión, particularmente de pago ya han ido migrando hacia la digitalización y eso significa que en algunos casos se transmite digitalmente hasta el televisor. Para esto se necesita un decodificador en el cual se recibe la señal digital y este la incorpora en un televisor tradicional.

El gobierno actualmente está en la tarea N° 1 que es la definición del estándar. Significa elegir entre uno de los tres estándares que existen en el mundo para la transmisión digital a través del aire, es decir a través de las señales de libre recepción.

Se han estudiado los tres estándares, se han hecho seminarios técnicos, visitas a algunos países para que Chile tome la mejor decisión en este campo.

Existe el estándar norteamericano (ATSC), el japonés (ISDB) y el europeo (DVB). Actualmente se incorpora un cuarto estándar que es el estándar Chino (DTMB), que se ha ido desarrollando recientemente.

Se debe elegir el que permita mayores beneficios para el país.

Se debe definir cuantos canales se van a tener, existe la posibilidad de ampliar en forma muy significativa la oferta.

Se deben hacer ajustes legislativos para permitir lo que se conoce como transición en simulcasting. Esto significa que se transmita al mismo tiempo en forma análoga y en forma digital y eso requiere una pequeña modificación legal, y sin esta posibilidad es imposible que se pueda hacer este periodo de transición.

En países más desarrollados el periodo de transición ha sido entre 6 a 12 años. Lo importante es que el costo de esta transición sea lo más bajo posible para todos, y por ello uno de los principales atributos o características con las cuales se debe definir el estándar es que tenga la disponibilidad de tener unos decodificadores que son de bajo costo y que cada uno lo pueda ver en sus casas, es decir, seguir viendo en el televisor convencional la señal digital.

Varios países de Sudamérica estudian la posibilidad de optar por una señal en conjunto. Es por eso además la demora en la elección de un estándar.

Se ve la posibilidad de coordinar con otros países que están en este mismo proceso y para analizar con ellos si es posible optar a un estándar en común. Esto permitiría tener menores precios de equipamiento, que la transición sea más fácil y que los habitantes puedan gozar de una tecnología compartida.

## CAPITULO II

### “ESTÁNDARES MUNDIALES”

#### **2.1 Modelos de TVD y flexibilidad**

Respecto a los objetivos de servicios que debe privilegiar la TVD, es posible distinguir tres aproximaciones diferentes: el modelo estadounidense (ATSC) que privilegia la alta definición; el modelo europeo (DVB), que favorece el multicasting; y el modelo japonés (ISDB) que se plantea como una combinación de los anteriores.

##### **2.1.1 Estándar de Televisión Digital ATSC**

El modelo estadounidense ATSC (Advanced Televisión Systems Comité), es impulsado por un comité formado por 140 empresas del área de la radiodifusión y distribuidores de equipamientos electrónicos. Estableció los servicios de alta resolución espectral como foco de desarrollo para la TVD.

En 1987, la Federal Communications Comisión de los Estados Unidos de Norteamérica (FCC), estableció el Advisory Committee on Advanced Televisión Service (ACATS). Este comité trabajó en estrecha relación con el Advanced Televisión Systems Committee (ATSC), organización privada creada en 1982 para coordinar el desarrollo y definir el estándar de televisión digital que adoptaría Estados Unidos. El estándar fue desarrollado por un consorcio de empresas que lleva el nombre de Grand Alliance, y fue adoptado por ATSC el 16 de Septiembre de 1995 bajo la sigla A/53. El nuevo estándar fue ratificado por el ACATS el 28 de noviembre de 1995. Hasta el momento existen 1584 estaciones de televisión digital ATSC operando en los Estados Unidos.

El estándar ATSC describe un sistema para transmisión de video, audio y datos que transporta datos a una tasa neta de 19,4 Mbps a través de un canal convencional de 6 MHz de ancho de banda.

Una transmisión ATSC puede portar ya sea una señal única de televisión de alta definición (HDTV), o varios programas diferentes con definición normal (SDTV). Asimismo, es posible incluir datos adicionales en la transmisión, como canales adicionales de audio, servicios especiales para personas con discapacidades visuales o auditivas, o canales de comentarios.

### **2.1.2 Estándar Digital Video Broadcasting (DVB)**

El estándar de televisión digital europeo, Digital Video Broadcasting (DVB), fue establecido por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones, es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. Fue establecido durante los años 1990 y consiste de un conjunto de aproximadamente 30 especificaciones y documentos técnicos que cubren la vasta gama de tópicos relacionados con la distribución digital de video.

El modelo europeo DVB (Digital Video Broadcasting), impulsado por un consorcio de aproximadamente 270 empresas de radiodifusión y distribuidores de equipamiento europeos (tales como Nokia, Siemens y BBC, entre otros), plantea la promoción del uso de la capacidad adicional para proveer más contenidos televisivos y nuevos servicios de información. El multicasting, entendido como la transmisión de múltiples señales de información multiplexados en un mismo canal, se sustenta en la posibilidad de proveer TV multicanal a una fracción importante

de usuarios y ha sido visualizada como un vehículo efectivo para el acceso a la informatización de hogares. De hecho, el proyecto de TVD europeo apunta al desarrollo de un aparato de recepción multimedial de servicios integrados.

El estándar para la transmisión de TVD por diversos medios (terrestre, satelital, cable) desarrollado es el DVB, Digital Video Broadcasting.

Actualmente, desde este modelo se están impulsando también las pruebas tecnológicas para la transmisión móvil a través de aparatos celulares. El sistema demandaría la utilización de una estructura aparte para las transmisiones destinadas a receptores móviles, garantizando la participación de las empresas que ofrecen este tipo de servicios.

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.

DVB contiene especificaciones para distribución de video digital por diversos medios, incluyendo satélite (DVB-S), cable (DVB-C), terrestre (DVB-T) y microondas (DVB-MS y DVB-MC). 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:

- Provisión de servicios interactivos mediante canales de retorno sobre varios 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 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.

DVB-MS especifica el sistema de distribución de DVB por microondas para frecuencias superiores a 10 GHz. Puesto que está fuertemente basado en el estándar para distribución satelital (DVB-S), ha recibido el acrónimo DVB-MS. Similarmente, DVB-MC es la especificación para distribución de DVB por microondas en frecuencias inferiores a 10 GHz, y esta basado en la norma de televisión por cable, DVB-C.

### **2.1.3 Estándar Integrated Services Digital Broadcasting (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). La investigación y desarrollo para ISDB comenzó en los años 1980 y el estándar propiamente tal fue forjado en los años 1990. 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. 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), los documentos ISDB también especifican aspectos como:

- Provisión de servicios interactivos sobre diversos canales de retorno (líneas telefónicas fijas, teléfonos móviles, redes de área local cableadas e inalámbricas, etc.)
- Acceso condicional y protección de copia
- Transmisión de señales mediante red de frecuencia única
- Distribución de datos genéricos, no restringidos a audio y video, aunque posibilitando por ejemplo flujos de video alternativos como MPEG-4.

Por último, el modelo japonés ISDB (Integrated Service Digital Broadcasting), es defendido por las grandes redes de ese país. Es una combinación entre los dos modelos anteriores, pues atendería a los requisitos de la alta definición, pero también ofrecería la posibilidad de transmitir con una definición estándar, con calidad inferior, para permitir una programación múltiple.

La diferencia en los enfoques para el desarrollo de la televisión digital encuentra su raíz en los distintos niveles de desarrollo de la TV multicanal (TV cable o TV satelital) e Internet en Estados Unidos y Europa. La penetración de ambos servicios es significativamente inferior en la mayoría de los países de la Comunidad Europea que en EEUU, donde más del 70% de la población está suscrita a algún operador de TV pagada y cerca del 40% de la población accede a Internet. Además de las condiciones de mercado, existen diferencias de carácter cultural, político y social que permiten explicar las diferentes aproximaciones a la TVD en distintas regiones del mundo.

Ahora bien, estas opciones no son contradictorias, pues en el escenario de la convergencia tecnológica, la flexibilidad es un atributo básico que debe contemplarse. En consecuencia, no existe realmente una dicotomía entre la modalidad de alta definición y la opción por el multicasting; entre la oferta de



programación televisiva de máxima resolución espacial, y la oferta de múltiples programas de definición estándar y/o nuevos servicios de información.

#### **2.1.4 Estándar chino de televisión digital terrestre DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast)**

DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast), sistema, recientemente reconocido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y que ahora entra a competir con las tecnologías japonesa y europea, para determinar cuál será el estándar de la televisión abierta del futuro.

La expectativa y la atención fueron inmensas en el momento que los chinos, a través de Yang Zhixing, padre de la norma hablara. ¿Por qué? Tanto los japoneses como los europeos tuvieron en Caracas el primer encuentro con el monstruo que, apalancado por la industria china, compite con tecnología y precios bajos.

Una de las bondades de la norma China, según Zhixing es su capacidad para la televisión interactiva, la transmisión de señal en alta definición o de definición estándar, en ambientes fijos y móviles, así como otros servicios multimedia; todo, según sus promotores con bajo consumo de energía y sin pérdida de calidad de la señal, incluso, advierte garantizarla a velocidades superiores a los 350 Km por hora, para los trenes de alta velocidad del gigante asiático.

Si bien, factores como la economía de escala, el costo total de implementación, el precio de los decodificadores necesarios potencialmente en la fase de migración, pero poco relevantes para el futuro mismo de la televisión digital son factores a considerar, será la transferencia tecnológica, el verdadero tema fuerte que inclinará la balanza hacia algunos de los competidores.

Pensar que las negociaciones y los acuerdos comenzarán a hacerse a partir de esta fecha, sería tan iluso como considerar que el factor político es poco importante

para las mismas decisiones que se tomen a futuro. El juego comenzó hace tiempo y ahora arranca una etapa de evaluación que pinta más como un show para constatar lo evidente, todas las tecnologías, algunas más que otras, ofrecen lo mismo. Show que tampoco es necesariamente malo, pues, el hecho de que el Estado venezolano asuma la decisión en el marco del Alba, hace mucho más importante para las naciones que compiten, hacer una oferta más genuflexa a los intereses del país.

Pero, sin dudas, el hecho de que todo el trabajo realizado por los técnicos de Conatel el año pasado para probar las tecnologías japonesa y europea se haya echado a la basura, sólo porque los cubanos promovieron la tecnología China, genera, por lo menos comezón a la hora de medir el equilibrio que los altos dirigentes del Ministerio de Poder Popular para las Telecomunicaciones tendrán a la hora de decidirse.

La norma china fue definida en 2006 y recibió la aprobación final de la República Popular China en Agosto 2007, comenzando transmisiones en Hong Kong el 31 de Diciembre 2007, desde ese momento este territorio dejó de utilizar la norma europea DVB-T/H.

Todos los participantes ofrecen transferencia tecnológica, capacitación y formación de recurso humano. Japoneses y chinos han asegurado que técnicos venezolanos serían capacitados e instruidos en el conocimiento de las tecnologías.

La norma china era conocida como DMB-T/H, pero la confusión con la norma coreana DMB hizo que finalmente optaran en China por el nombre DTMB. En Corea usan la norma norteamericana ATSC para la transmisión de TDT, pero también tienen su propia norma para dispositivos móviles conocida como DMB (con sus variantes T-DMB y H-DMB). Aunque las siglas de esa norma coreana sean prácticamente las mismas de la norma china, estas dos no tienen nada que ver.

## CAPÍTULO III

### “EL ESTÁNDAR DIGITAL DE VIDEO BROADCASTING (DVB)”

#### 3.1 Sistema DVB-T

El DVB es el estándar:

1. más usado en el mundo (más de 100 países)
2. más abierto (270 organizaciones de 35 países)
3. más versátil (soporta todos los modelos de negocio de TVDT)

El DVB ofrece además:

1. Interactividad (servicios de interés social y de valor añadido)
2. Movilidad (con DVB-H en sinergia con GSM)
4. DVB es el estándar que produce más desarrollo (industria local)
5. DVB proporciona una mayor inclusión social y menores costos asegurando economías de escala.

A continuación se describe brevemente los aspectos técnicos más relevantes del DVB-T, en su aplicación a los sistemas de difusión de Televisión Digital Terrestre.

Como se recoge en la propia norma, el proyecto DVB (Digital Video Broadcast) es un consorcio de organizaciones tanto públicas como privadas, con objeto de establecer el marco para la introducción de servicios de televisión digital basados en MPEG-2. Esto es, se propone abordar las necesidades reales en este campo teniendo presente la situación y estado de los mercados, así como las circunstancias económicas, tanto de la electrónica de consumo, como de la

industria de difusión de televisión. En el sistema se definen los esquemas de modulación y codificación de canal para difusión de servicios terrestres de LDTV (Limited Definition Television), SDTV (Standard Definition Television), EDTV (Enhanced Definition Television) y HDTV (High Definition Television).

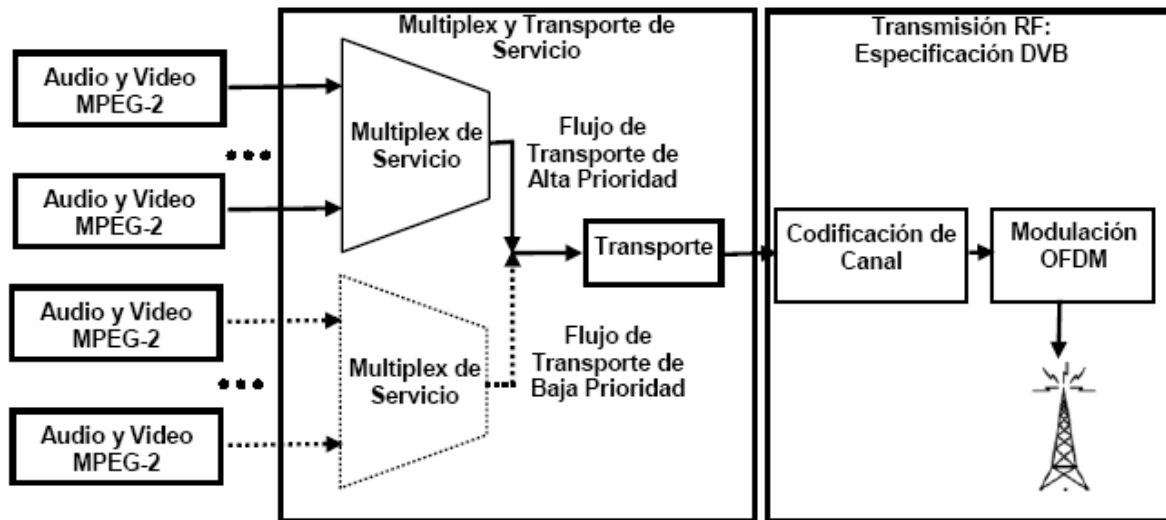
El desarrollo del DVB-T se basó en un conjunto de requisitos de usuario producido por el Módulo Comercial (Commercial Module) del proyecto DVB. Los miembros del DVB contribuyeron al desarrollo técnico del DVB-T a través del DTTV-SA (Digital Terrestrial Television-System Aspects), grupo de trabajo del Módulo Técnico (Technical Module).

Proyectos europeos como SPECTRE, STERNE, HD-DIVINE, HDTV-T, DTTD, y otras organizaciones desarrollaron hardware de sistema y resultados, que eran comunicados al DTTV-SA.

Una de las principales características del DVB-T es el empleo de paquetes MPEG-2, lo cual implica que es transportable cualquier información que sea digitalizable (vídeo, audio, datos multimedia, etc). Además, se incluyen en las especificaciones un conjunto de canales de retorno para los usuarios con objeto de interactuar con los servicios digitales recibidos.

La norma DVB-T especifica las propiedades de la capa física para la transmisión terrestre de video y audio digital.

El sistema se conforma muy similarmente al ATSC, como se describe a continuación (ver Figura 6).



**Figura 6.** Diagrama general del sistema DVB-T.

En primer lugar, las señales de video y audio son comprimidas y codificadas según la norma MPEG-2, con una sintaxis especializada por ETSI para DVB.

Dicha especialización asegura que el sistema DVB sea compatible con medios de almacenamiento de contenido existentes y futuros, como DVD, DVC, D-VHS, etc. Ello requiere que los flujos de datos de DVB satisfagan ciertas condiciones, por ejemplo, tasas de datos máximas para señales de audio y video.

Varios programas (video audio y datos) codificados y comprimidos con MPEG-2 pueden ser multiplexados en un único flujo de transporte MPEG-2, permitiendo así 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). En todo caso, el estándar DVB también permite la operación con formatos AC-3 o DTS para sonido envolvente.

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 5. 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.

El sistema de Transmisión RF es el que caracteriza al sistema DVB (Figura 6). En el bloque de Codificación de Canal, se aplica a la señal un conjunto de procesos cuyo objetivo es proteger los flujos de transporte de los efectos de las diversas fuentes de ruido e interferencias que degradan las transmisiones. Las normas DVB-S y DVB-C y DVB-T utilizan el mismo sistema de codificación, lo que permite aprovechar economías de escala en el desarrollo de equipos, y así llegar al consumidor con productos de costos más convenientes.

El módulo de Modulación OFDM genera las señales de radiofrecuencia que son transmitidas por radio a partir de los datos digitales entregados por el codificador de canal.

### 3.2 Características de la fuente

#### 3.2.1 Características del video

El sistema DVB soporta diferentes resoluciones de pantalla y tasas de trama. Los formatos se indican a continuación en la Tabla I 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.

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, 640, 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)

**Tabla I.** Resoluciones de Pantalla.

#### 3.2.2 Características del Audio

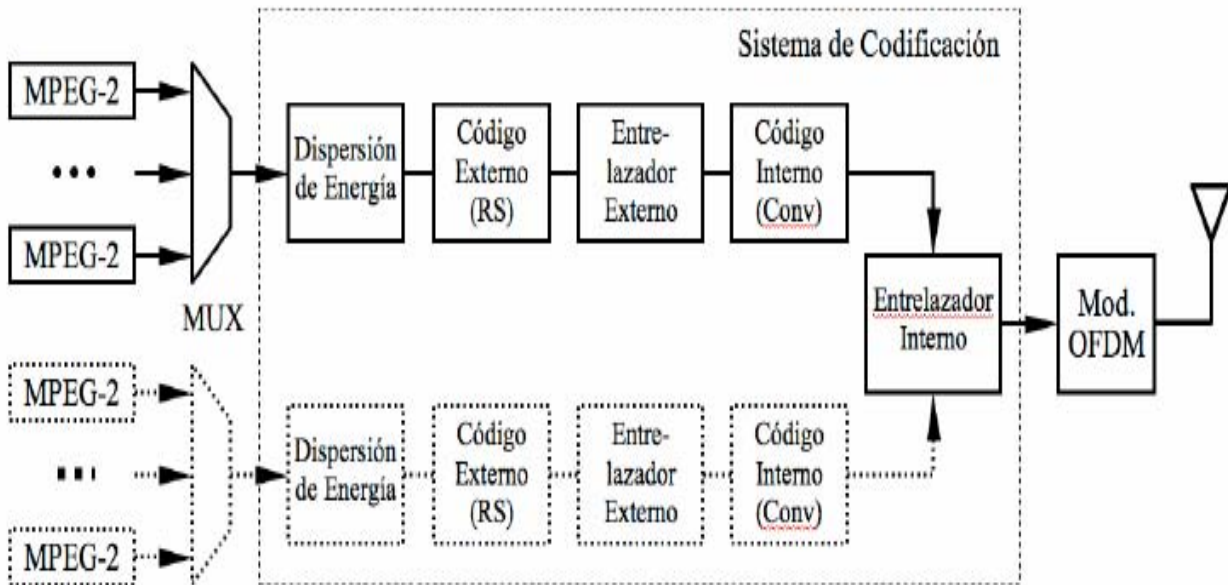
Como se ha mencionado, el sistema de audio usa el estándar MPEG-2. Sin embargo, es posible utilizar formatos AC-3 o DTS. El sistema permite transportar hasta seis señales de audio, es decir, sonido envolvente (surround sound), a tasas de hasta 384 kbps.

### 3.3 Características del sistema de codificación y modulación

#### 3.3.1 Descripción de la codificación de canal

El sistema de codificación de DVB-T fue diseñado en gran medida para manejar la Interferencia Dentro del Canal (IDC) e Interferencia de Canal Adyacente (ICA) 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 según se describe a continuación (Figura 6)



**Figura 7.** Sistema de codificación de canal de DVB-T.

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

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



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.

**Dispersión de Energía:** Los datos son aleatorizados mediante multiplicación por una secuencia binaria pseudo aleatoria de orden 15 (PRBS-15). El propósito de esta operación es eliminar todo sesgo estadístico que la secuencia de datos de la fuente pueda tener. Por ejemplo, varios cuadros sucesivos de una imagen negra podrían, según como haya sido hecha la codificación MPEG-2, generar un flujo de transporte en el que una gran mayoría de bits consecutivos sean ya sea ceros o unos. Puesto que el resto de la cadena de codificación y modulación es determinística, ello finalmente se traduciría en una transmisión con características espectrales desbalanceadas, aumentando la interferencia de canal adyacente.

**Código Externo (Reed-Solomon):** En segundo lugar se agrega capacidad de corrección de errores mediante un código Reed-Solomon acortado (204, 188,  $t = 8$ ). El código se aplica por bloques a grupos de 188 bytes, compuestos por 1 byte de sincronización

MPEG-2 y 187 bytes de cada paquete MPEG-2, resultando palabras codificadas de 204 bytes. Este código es capaz de corregir hasta 8 bytes erróneos ocurridos en cada grupo de 204.

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

**Código Interno (Convolucional):** A continuación se utiliza un segundo código de corrección de errores, el que emplea un código convolucional punzado. El código

es de restricción  $K=6$  (64 estados) y 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:** En transmisiones no jerárquicas, solamente existe el flujo de transporte superior (Figura 6, bloques con líneas sólidas). En tal caso, los bits del flujo de transporte son agrupados en símbolos de 2, 4 o 6 bits/símbolo (según el tamaño de la constelación QAM usada en la modulación OFDM, 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM).

El entrelazado es realizado entre bits correlativos de 126 símbolos consecutivos. Luego los símbolos resultantes son entrelazados entre ellos para dispersar su ubicación en las sub-portadoras del modulador OFDM.

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).

Puesto que el receptor puede escoger libremente entre los flujos AP y BP, basta que éste cuente con un solo juego de decodificadores interno/externo y entrelazados interno/externo para decodificar la señal deseada (a diferencia del transmisor, que requiere de ambos flujos para combinar las señales jerárquicamente). La desventaja de contar con esta economía de componentes en el receptor es que cambiar de un flujo al otro requiere congelar la señal de video por aproximadamente 0,5 segundos, y la de audio por aproximadamente 0,2 segundos, mientras se re-inicializa la cadena de codificación.

### **3.3.2 Modulación OFDM**

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 utilizado no tiene incidencia sobre la tasa de datos. En efecto, dado el ancho de banda de la transmisión (por ejemplo, 6 MHz u 8 MHz), la duración de los símbolos OFDM en el modo 8k es el doble que los símbolos en el modo 4k, los que a su vez duran el doble que en el modo 2k. Así, cuatro símbolos OFDM en el modo 2k requieren del mismo tiempo de transmisión y portan igual cantidad de información que un símbolo 8k.

No obstante lo anterior, el modo 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, a fin de definir claramente aspectos como tasas de datos y máscaras de radiación fuera de banda. Así, para canales de 8 Mhz el periodo de clock especificado es  $7/64 \mu\text{s}$ , y de  $7/48 \mu\text{s}$  para canales de 6 MHz. Ello se traduce en una separación de 7,61 MHz entre

las sub-portadoras extremas para bandas de 8 MHz, y 5,71 MHz para bandas de 6 MHz.

Circuitos integrados diseñados para realizar el procesamiento de banda base (codificación de canal y modulación OFDM) para un ancho de banda de 8 MHz, no debieran tener inconveniente alguno para operar en bandas de 6 MHz (no viceversa).

El radio de celda máximo que un determinado modo de sub-portadora (2k, 4k u 8k) puede soportar es 33% mayor (factor 8/6) en transmisiones de 6 MHz de ancho de banda que en 8MHz. Las áreas de cobertura correspondientes difieren en 77%. La ventaja en el caso de 6 MHz resulta de la menor separación entre las sub-portadoras, lo que permite operar en canales con mayor selectividad en frecuencia. La desventaja de lograra mayor cobertura de esta forma es una reducción de 33% de la tasa de datos.

**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  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$  y  $\frac{1}{32}$  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 ( $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{8}$ ) que en las llanuras. En el caso más extremo (intervalo de  $\frac{1}{4}$ ), 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.

### 3.3.3 Tasa de datos

Las tasas de datos posibles en DVB-T dependen de los siguientes parámetros de codificación y modulación:

- Tasa de codificación del código interno (convolucional)
- Ancho de banda de la transmisión
- Tamaño de la modulación QAM
- Tamaño del intervalo de guarda.

La tasa de datos en cambio no depende de los siguientes parámetros:

- Número de sub-portadoras (2k, 4k u 8k)
- Transmisión jerarquizada o no

Dado un ancho de banda de la transmisión y transmisión no jerarquizada (flujo de transporte único), todas las combinaciones de los demás parámetros permiten lograr en total

60 tasas de datos distintas. Para bandas de 6 MHz, las tasas de datos netas para transmisión de contenido están el rango entre 3,73 Mbits/s y 23,75 Mbits/s. Para bandas de 8 MHz, las

60 tasas posibles son un 33% mayores (factor 8/6), estando por lo tanto en el rango entre 4,98 Mbits/s y 31,67 Mbits/s.

Lograr transmisiones casi libre de errores (CLE) a una tasa de datos determinada requiere una razón señal a ruido (SNR) mínima en los receptores. Esta SNR mínima es mayor cuanto mayor sea la tasa de datos deseada; depende de las condiciones de propagación y no del ancho de banda (ni del prefijo cíclico). En general, la SNR es menor cuanto más alejado esté un receptor del transmisor, por lo que tasas de datos mayores (mayor SNR mínima requerida) encogen el área de cobertura en la que se obtiene transmisión CLE.

**QEF:** Quasi Error-Free transmission: significa menos de un error por hora en la entrada del demultiplexador MPEG-2 del receptor (salida del decodificador externo Reed- Solomon). Ello es equivalente a una tasa de error de  $2 \times 10^{-4}$  a la salida del decodificador Viterbi del código convolucional interno.

La menor tasa de datos posible (3,73 Mbits/s o 4,98 Mbits/s), requiere entre 3,1 dB y 5,4 dB de SNR, y la mayor tasa posible (23,75 Mbits/s o 31,67 Mbits/s) requiere entre 20,1 dB y 27,9 dB según las condiciones del canal. Esto implica que si en un ambiente urbano como el de Santiago la mayor tasa es lograda a distancias no mayores que x kilómetros, con la misma potencia de transmisión se podría lograr la menor tasa a una distancia en el orden de 5x a 6x. Así, el área que se puede cubrir transmitiendo a la menor tasa es aproximadamente 30 veces mayor que con la mayor tasa.

Desde luego, la tasa de datos está estrechamente ligada con la resolución de video de la transmisión, y al número de señales MPEG-2 que se multiplexan en cada flujo de transporte (de los dos posibles, AP y BP). En este sentido, el estándar DVB-T no especifica el formato de los contenidos, dejando estos aspectos en manos de los operadores y de sus planes de negocio.

### **3.3.4 Características Espectrales**

Las características espectrales de una transmisión OFDM dependen principalmente del número de sub-portadoras y de la duración del intervalo de guarda. La radiación fuera de banda de OFDM disminuye con el cuadrado de la frecuencia, y puede ser reducida más aún utilizando filtros apropiados. La norma DVB-T especifica las máscaras espectrales de dichos filtros para evitar interferir con transmisiones de televisión analógica de varias normas (PAL, SECAM, etc.) realizadas desde el mismo sitio y en canales adyacentes

### **3.4 Operación con frecuencia Única Nacional**

En redes de frecuencia única (RFU) con el estándar DVB-T, el principio es el mismo que en el caso del estándar ATSC, en el sentido que las múltiples señales recibidas en las zonas de traslape de los transmisores deben parecerse lo más posible a un eco. El sincronismo entre estaciones debe ser logrado en tres aspectos:

- Frecuencias idénticas de las portadoras de radiofrecuencia
- Frecuencias idénticas de muestreo entre los moduladores OFDM
- Flujos de transporte idénticos y sincronizados entre estaciones

Diferencias entre las frecuencias de portadora o de muestreo causan una degradación en la señal recibida similar a una pérdida de SNR o a una Interferencia de Co-Canal.

Si el sincronismo del flujo de transporte no es logrado, con suficiente precisión, las transmisiones de celdas adyacentes tendrán un efecto equivalente al de una propagación de multi-trayectoria mucho más dispersiva que la real existente entre el transmisor local (deseado) y el receptor. Si, en cambio, dicho sincronismo no



existe, transmisiones idénticas pero desfasadas de celdas adyacentes causarán Interferencia de Co-Canal (ICC) en la celda deseada. En ambos casos la consecuencia es ya sea una pérdida de eficiencia espectral (menor tasa de datos), o degradación de la calidad de la imagen y audio recibidos.

Su funcionamiento es conceptualmente sencillo y puede ser resumido de la siguiente forma:

1. El flujo de transporte multiplexado es compuesto en los estudios de un canal de televisión.
2. Periódicamente (al menos una vez cada segundo) se inserta en el flujo de transporte un paquete de referencia, el que porta una identificación única y marca horaria de alta precisión. La señal horaria del sistema de posicionamiento global (GPS) es una alternativa viable y cumple con la condición adicional de estar disponible en todas las celdas de transmisión de la RFU.
3. El flujo de transporte adaptado en el punto anterior es distribuido geográficamente hacia los lugares de transmisión (celdas de transmisión, antenas) mediante una red de datos.
4. Cada celda remueve el paquete de referencia horaria del flujo de transporte y compara su marca horaria con la referencia local. Ello permite determinar la compensación necesaria en cada celda al retardo de propagación de la red de distribución para lograr sincronización de la RFU.
5. Cada celda codifica y modula el flujo de transporte en formato DVB-T utilizando los mismos parámetros, y efectúa la transmisión en sincronización con las demás celdas.

Es fundamental señalar que el mecanismo de sincronización puede compensar retardos de propagación en la red de distribución de a lo más un segundo. Por lo tanto, el tamaño de una RFU de DVB-T está limitado a áreas geográficas dentro de las cuales la red de distribución de datos tiene retardos menores a un segundo. Cabe mencionar que en Chile, entre Arica y Chiloé existe un sistema de transporte SDH (por fibra óptica) con bajo retardo (del orden de 10 mseg). Las localidades más al sur se conectan vía satélite con un retardo mínimo de 250 mseg, lo cual haría posible en toda la zona geográfica descrita, la implementación de una red RFU para TV digital basada en DVB-T. En todo caso, las localidades ubicadas en zonas extremas del país son normalmente aisladas, de modo que las transmisiones efectuadas allí muy probablemente no se traslapan con otras transmisiones. Ello hace que su sincronización no sea crítica.

También cabe destacar que el estándar no especifica la precisión requerida de los osciladores de portadora y banda base para asegurar la sincronización correspondiente entre estaciones. No obstante, el estándar sí considera la funcionalidad para ajustar las portadoras en pasos de 1 Hz. La sincronización de los relojes de banda base no es descrita.

Finalmente, no obstante lo anterior, se destaca que en la actualidad existen RFU operativas en transmisiones DVB-T. Destaca el caso de España, donde la empresa Abertis Telecom opera todas las redes nacionales de TV Digital terrestre abierta del país para 4 canales en las frecuencias 66 a 69, utilizando unos 150 centros emisores. A la fecha, esta es probablemente la RFU más grande a nivel mundial.

## CAPÍTULO IV

### “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS TRES ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL”

#### 4.1 Fuente de Datos

##### 4.1.1 Sistema de transporte y múltiplex

Los tres estándares de televisión digital estudiados utilizan actualmente un sistema de paquetización y múltiplex de programas que está basado en el estándar MPEG-2, con algunas restricciones y especializaciones descritas en cada uno de los estándares. Una ventaja de esta elección es que, en la actualidad, la mayor parte de los sistemas de distribución de contenidos audiovisuales emplean el estándar MPEG-2 para la codificación de éstos. Este estándar permite la codificación de contenidos audiovisuales en un rango de velocidades entre 3 y 6 Mbps para obtener “calidad estándar” y de entre 18 y 20 Mbps para obtener calidad de “alta definición”. Dada esta flexibilidad del estándar MPEG-2, es posible la transmisión de varios contenidos audiovisuales simultáneos de calidad o definición estándar (SDTV) utilizando un sólo flujo de transporte MPEG-2 (por ejemplo, cinco contenidos distintos, de 4 Mbps cada uno, con una tasa de datos total de 20 Mbps).

Esta modalidad está siendo la que se usa de preferencia en Europa.

Por otra parte, los estándares DVB e ISDB utilizan el concepto de Modulación Jerárquica.

La modulación jerárquica permite mezclar modos de transmisión distintos en una sola transmisión. El uso de cada modo es de libre decisión de cada operador. En el sistema ISDB-T es posible combinar hasta tres modos, por ejemplo, radio digital,

televisión digital con recepción fija y televisión digital móvil. En el sistema DVB-T la modulación jerárquica permite dos modos, por ejemplo, para recepción fija y móvil, o para Alta Definición y Definición Estándar. El sistema ATSC no considera el uso de modulación jerárquica.

#### **4.1.2 Audio**

ATSC utiliza el sistema de compresión de audio AC3, que es propietario de los laboratorios DOLBY y está incluido en prácticamente todos los equipos de alta fidelidad que se comercializan actualmente para uso doméstico. ISDB-T utiliza AAC (parte de la norma MPEG-2), mientras que DVB usa el estándar MPEG-2, pero puede operar también con AC3.

#### **4.1.3 Televisión de alta definición**

Tal como se ha dicho, todos los estándares son capaces de transmitir contenidos audiovisuales de definición estándar (SDTV), pudiendo ser transmitidos hasta 4 programas SDTV simultáneamente en un mismo flujo de transporte. Alternativamente, los sistemas pueden ser usados para la transmisión de un flujo HDTV.

DVB-T puede transmitir hasta 5 programas SDTV si la banda de transmisión es de 8 MHz.

En bandas de 8 MHz, DVB-T puede transmitir bajo ciertas configuraciones un flujo HDTV más otro SDTV.

El sistema ATSC fue desarrollado con el propósito de permitir transmisiones de televisión de alta definición usando una banda de 6 MHz. ISDB-T considera la transmisión de HDTV utilizando 12 de los 13 segmentos de la banda de 6 MHz (el décimo tercer segmento es reservado para recepción portátil). DVB-T, en cambio, puede usar anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz. Si bien se ha dicho que el estándar europeo no es capaz de transmitir HDTV en bandas de 6 MHz.

## 4.2 Tasas de datos y cobertura

### 4.2.1 Tasas de datos

ATSC opera con una tasa de datos única de 19,39 Mbps<sup>21</sup>. Ello resulta de usar mecanismos de codificación de canal y modulación cuyos parámetros son fijos y no pueden ser configurados por el operador. Esta rigidez paramétrica resulta en un umbral de visibilidad, definido como la razón señal a ruido bajo la cual las señales de video (flujos de transporte MPEG-2) no pueden ser decodificados satisfactoriamente. El umbral ha sido determinado teóricamente en 14,9 dB para el canal de ruido Gaussiano blanco aditivo, y corresponde a una probabilidad de error de segmento de  $1,93 \times 10^{-4}$ . Esto equivale aproximadamente a una tasa de error de bits de  $3 \times 10^{-6}$  en la salida del decodificador Reed-Solomon (código externo) del receptor, y a 2.5 errores de segmento/seg. La tasa de error de segmento (SER) en función de la razón señal a ruido está ilustrada en la Figura siguiente (Figura 8):

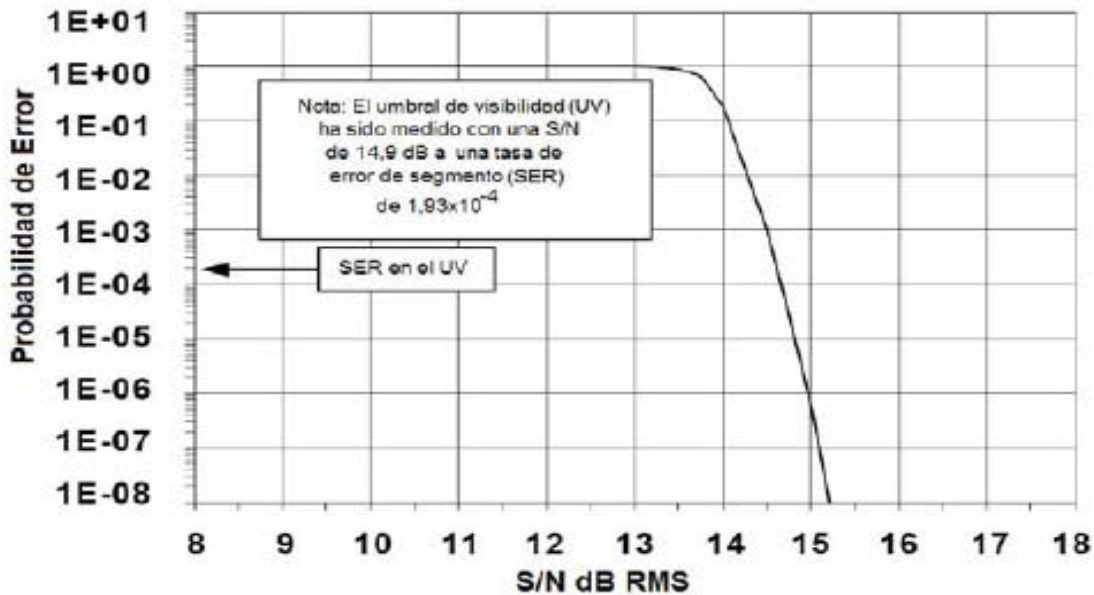


Figura 8. Umbral de visibilidad de 8-VSB en canal Gaussiano.

El umbral de visibilidad de ATSC a su vez determina un perímetro de cobertura en torno a la antena transmisora, fuera del cual la imagen recibida comienza a mostrar interrupciones y degradación de calidad. La única forma de ampliar el área de cobertura (alejar geográficamente el umbral de visibilidad) es aumentando la potencia de transmisión.

El modo de modulación 16-VSB está orientado a transmisión ATSC por cable.

Por otro lado, DVB-T e ISDB-T ofrecen una alta variedad de tasas de datos en función de los parámetros de modulación y codificación. Ello permite ajustar la tasa de datos en función de la cobertura deseada (implica razón señal a ruido requerida en el receptor).

Cabe destacar que ISDB-T, al igual que DVB-T, ofrece gran flexibilidad en el compromiso entre tasa de datos y cobertura, lo cual no está presente en ATSC. Una de las ventajas de esta flexibilidad es que permite hacer la transición desde el régimen de TV analógica con definición estándar a TV digital con alta definición en forma costo-eficiente. En un primer paso, se migra de transmisiones analógicas a digitales manteniendo las transmisiones en definición estándar. Ello no obliga a los operadores hacer grandes inversiones en equipamiento de estudio de alta definición, ni reajustar sus planes de negocios, puesto que emitirían las mismas señales SDTV únicas del modelo actual. Asimismo, este primer paso requiere esencialmente sólo instalar nuevos equipos transmisores en sitios existentes, puesto que la alta codificación posible para transmitir digitalmente programas únicos en calidad estándar asegura grandes áreas de cobertura. Similarmente, en el lado receptor, los usuarios podrían reutilizar sus televisores actuales, debiendo solamente adquirir un STB.

En un segundo paso, los operadores podrían comenzar a experimentar con el nuevo modelo de negocios basado en la flexibilidad de transmitir alta definición, o varios programas paralelos de definición estándar, invertir en infraestructura, etc. Los usuarios, por su parte, comenzarían en esta etapa a adquirir televisores HDTV en la medida que se hace disponible la programación correspondiente.

#### **4.2.2 Ruido de impulso**

Muchos artefactos electrónicos industriales y domésticos (hornos de microondas, luces fluorescentes, aspiradoras, etc.) generan radiaciones electromagnéticas espurias denominadas ruido de impulso. Este tipo de ruido tiende a tener alta energía pero corta duración, y normalmente abarca la banda VHF y la parte baja de la banda UHF.

La principal defensa en su contra se logra mediante el uso de entrelazadores. El entrelazador de 52 segmentos usado en el sistema ATSC provee mayor protección a ruido de impulso que el sistema de entrelazado de dos capas de DVB-T. ISDB-T, en cambio, además de tener dos capas de entrelazado muy similares a DVB-T, especifica dos capas de entrelazado adicionales intra-segmento e inter-segmento, logrando con ellas una muy alta robustez a ruido de impulso.

#### **4.2.3 Cobertura de zonas oscuras**

Todos los estándares permiten el uso de repetidores en la misma frecuencia para mejorar la cobertura en los bordes de una celda o para rellenar “zonas oscuras” (barrios con señal débil) dentro del área de cobertura. Los repetidores reciben la señal transmitida por la antena principal, y la amplifican y re-transmiten en la misma frecuencia, orientando la transmisión hacia la zona oscura mediante antenas direccionales. Adicionalmente, se puede usar un sistema de transmisores distribuidos o de traductores, como los descritos en el acápite de operación en

redes de frecuencia única con estándar ATSC. Finalmente, puede decirse que si se usan repetidores en la misma frecuencia para rellenar zonas oscuras, podrá haber algunos receptores que reciban señal del repetidor y también del transmisor principal.

En este caso, rigen las mismas consideraciones que se describen para la propagación por multitrayectoria y la operación en redes de frecuencia única.

La propagación por multitrayectoria y recepción en condiciones de movilidad están íntimamente ligadas a las propiedades del canal observado por el receptor. De hecho, la propagación de multitrayectoria determina las propiedades del canal en el dominio de la frecuencia (desvanecimiento en frecuencia), mientras que la recepción móvil determina las propiedades del canal a lo largo del tiempo.

### **4.3 Movilidad y Multitrayectoria**

La propagación por multitrayectoria y recepción en condiciones de movilidad están ligadas a las propiedades del canal observado en el receptor. De hecho, la propagación por multitrayectoria determina las propiedades del canal en el dominio de la frecuencia (desvanecimiento en frecuencia), mientras que la recepción móvil determina las propiedades del canal a lo largo del tiempo.

#### **4.3.1 Robustez ante Propagación de multitrayectoria**

La inmunidad contra la propagación de multitrayectoria es una propiedad intrínseca de OFDM. Mayor inmunidad se logra con un mayor número de subportadoras, al costo de un peor desempeño bajo condiciones de movilidad. No obstante, ambos estándares basados en OFDM, DVB-T e ISDB-T, ofrecen una basta flexibilidad para que los operadores configuren la modulación OFDM adecuadamente. El rango de configuración disponible permite ajustar estos



sistemas esencialmente a cualquier tipo de terreno y geografía, y todos los receptores deben tener la capacidad de decodificar todas y cualquiera de las codificaciones. En ambos estándares basados en OFDM es de responsabilidad del operador configurar los parámetros del sistema, a los cuales todos los receptores normados son capaces de ajustarse automáticamente.

De hecho este es el motivo por el cual OFDM ha sido escogido no sólo para dos de los tres estándares de TV digital, sino también para redes de área local inalámbricas (WIFI), redes inalámbricas metropolitanas (WIMAX) y es el candidato más fuerte para sistemas celulares de cuarta generación.

Cabe destacar que el formato OFDM segmentado utilizado por ISDB-T debilita la inmunidad a multitrayectoria de cada uno de los niveles jerárquicos. Esto se debe a que los segmentos abarcados por cada nivel son contiguos en frecuencia lo que los hace más sensibles a desvanecimiento selectivo en frecuencia. El sofisticado sistema de entrelazamiento usado en ISDB-T ha sido diseñado en gran medida para compensar esta debilidad.

En el caso de ATSC, la modulación 8-VSB no es robusta intrínsecamente a la propagación} por multitrayectoria, y requiere de un dispositivo llamado ecualizador en los receptores para revertir la distorsión por multitrayectoria de la señal recibida. En transmisiones de 6 MHz de ancho de banda, la dispersión de ecos de la propagación por multitrayectoria es severa a partir de pocas decenas de metros de propagación, haciendo del ecualizador un dispositivo indispensable para decodificar transmisiones ATSC. La complejidad del dispositivo crece con el radio de cobertura de una antena, llegando a una complejidad muy alta cuando las transmisiones comprenden un sector urbano de varias decenas de kilómetros.

El ecualizador debe ser entrenado individualmente en cada receptor para revertir la distorsión específica que observa el receptor en cuestión. Para ello, la señal ATSC contiene secuencias de entrenamiento insertados en el segmento de sincronismo de campo (existe un segmento de sincronismo de campo por cada 313 segmentos). Es interesante observar que el estándar no especifica como utilizar dichas secuencias para entrenar al ecualizador, ni la complejidad que debe o puede tener el dispositivo, ni la calidad con que debe revertir la degradación por multitrayectoria. Este aspecto es dejado en manos de los fabricantes de receptores, quienes deben competir por proveer mejores ecualizadores y a menor costo. Así, la responsabilidad final de disponer en el hogar de un receptor ATSC con buenas capacidades de ecualización (alta inmunidad a multitrayectoria), recae en la decisión de compra del usuario, no en cómo el operador del sistema configura su transmisión.

Lo anterior destaca una diferencia importante entre ATSC con respecto a DVB-T e ISDBT.

ATSC requiere de consumidores bien informados, quienes en general son sensibles al costo de los equipos. En un país como Chile, es de presumir que un consumidor de TV abierta basada en ATSC optará por receptores (ya sea televisores o set-top-boxes) en el rango inferior de precios, comprometiendo con ello la calidad de su experiencia televisiva.

A la luz de las ideas anteriores, cabe destacar que las condiciones topográficas de Chile son muy distintas a las condiciones que se encuentran en gran parte de los Estados Unidos, y más parecidas a algunas regiones de Europa o Japón. Particularmente, la topografía de la zona central chilena (donde reside la mayor parte de la población), está dominada por una zona montañosa con valles

transversales (desde La Serena a La Ligua) seguido luego por un valle longitudinal, encerrado entre la cordillera de los Andes y la cordillera de la costa (entre Santiago y Concepción). En este sector no existen planicies de gran extensión como las que se encuentran en gran parte de los Estados Unidos. El problema de multitrayectoria es menor en las planicies que en regiones montañosas, lo que permite ecualizadores más sencillos. Por ello, puesto que el mercado principal de ATSC es el norteamericano, es esperable que el diseño y desarrollo de ecualizadores no esté fuertemente orientado a geografías irregulares como la chilena. Esta incertidumbre no existe en los estándares basados en OFDM, los que explícitamente ofrecen modos de operación e inmunidad a multitrayectoria en topografías montañosas. Cabe destacar en este punto que los argumentos anteriores fueron decisivos en Nueva Zelanda para optar por DVB-T en vez de ATSC, y que la topografía Neozelandesa es muy similar a la chilena.

Otra situación frecuente de propagación de multitrayectoria es la recepción en ambientes interiores o en condiciones sin línea de vista al transmisor, en que reflexiones en paredes interiores y estructuras cercanas generan el llamado desvanecimiento de área local. Pruebas de campo realizadas en Baltimore, Taiwan y Brasil indican que DVB-T tiene ventajas claras sobre ATSC en esta materia. El motivo es que el sistema ATSC fue diseñado para entregar señales HDTV en un ambiente con recepción externa fija, situación en la que DVB-T y ATSC han mostrado desempeños similares. Sin embargo, la FCC reconoce que la principal debilidad de ATSC en ambientes con alta dispersión es el diseño del ecualizador, y destaca que en las pruebas de campo de Baltimore se utilizó un prototipo de primera generación. El mismo estudio sostiene que mejoras en el diseño de ecualizadores son posibles y necesarias. Es importante señalar que el argumento de la FCC tiene cierta validez. Las pruebas de campo citadas aquí fueron todas

realizadas ya varios años atrás, en momentos en que la definición de los estándares era reciente, y en que la falta de madurez del diseño de los ecualizadores de ATSC puede haber sesgado los resultados en contra de ATSC. En dicho contexto histórico existía gran expectativa por el desempeño real que cada estándar tendría, lo que motivó las campañas de medición citadas. Con ellas, la realización de costosos nuevos ensayos perdió justificación, motivo por el cual desafortunadamente no se cuenta con registros más recientes que cuantifiquen el progreso tecnológico de los ecualizadores para ATSC.

#### **4.3.2 Recepción bajo condiciones de movilidad**

La recepción de TV digital en receptores móviles puede ser de dos tipos:

**Recepción en Televisores Móviles:** Se trata de recepción de señales ATSC, DVB-T o ISDB-T con receptores tradicionales (televisores o set-top-boxes) que están en movimiento a bordo de un automóvil, bus, tren, etc.

**Recepción en Terminales Portátiles:** Se refiere a la recepción de señales de video de resolución limitada en terminales portátiles como teléfonos celulares o agendas electrónicas (PDA). Estos dispositivos típicamente utilizan baterías, lo que limita el presupuesto energético disponible para decodificar y presentar la señal de video digital.

DVB-T fue originalmente diseñado para recepción fija y móvil, pero no portátil. Según muestran pruebas de campo en Taiwan, el modo 2k permite recepción a velocidades altas, como las velocidades de crucero de trenes y vehículos en autopista. El modo 8k es menos robusto en recepción móvil, pero puede soportar velocidades altas en una variedad de condiciones. El desempeño de DVB-T bajo

movilidad está restringido en parte por las limitaciones de la cadena de entrelazado usado en el sistema DVB-T (por razones similares a la debilidad de DVB-T frente a ruido de impulso). Pruebas de campo han demostrado que aumentando la potencia de transmisión contrarresta la falta de entrelazado de tiempo, lo que contribuye a un mejor servicio móvil.

La recepción de DVB-T en terminales portátiles fue hecha posible con la norma DVB-H, la que ha sido descrita en detalle en el capítulo que describe el estándar DVB-T. Las extensiones introducidas en DVB-H resuelven las limitaciones de consumo energético que tiene la recepción móvil de DVB-T, y compensan la debilidad del entrelazado con una capa adicional de codificación de canal. Además se introdujo el modo 4k como solución de compromiso entre movilidad e inmunidad a multitrayectoria.

Pruebas de campo realizadas en Taiwan, Brasil, Singapur y Australia han demostrado que ATSC no puede ser recibido en móviles, y a la fecha no se ha propuesto una solución práctica para recepción móvil ni portátil. El sistema ATSC fue diseñado principalmente para la transmisión de programas HDTV y no para recepción móvil.

Finalmente, ISDB-T fue diseñado desde un comienzo para recepción móvil y portátil. Su robusta estrategia de entrelazado, junto a la capacidad de recepción parcial de un segmento, lo hacen muy atractivo para recepción móvil tanto en términos de calidad de la recepción como costo de los equipos de recepción parcial.

Un aspecto que cabe destacar es que la velocidad máxima a la cual es posible decodificar satisfactoriamente una transmisión dada decrece con el inverso de la frecuencia de transmisión (dispersión Doppler). Así, una transmisión en un canal en la banda VHF, o en un canal bajo en la banda UHF, puede ser decodificable sin

problemas por un móvil a 120 km/h, mientras que puede no ser decodificable si la transmisión es hecha en un canal alto de la banda UHF. Este fenómeno afecta por igual a transmisiones de los diversos estándares, y debe ser estudiado en mayor detalle en caso de otorgar nuevas concesiones de espectro, o de revisar el esquema de concesiones de canales.

Asimismo, debe notarse que de crecer fuertemente la penetración de la televisión por cable, la recepción en móviles y portátiles se convertirá un nicho de mercado importante en el modelo de negocios de televisión terrestre, por lo que las fortalezas y debilidades de cada estándar en este aspecto pueden ser importantes.

#### **4.4 Ancho de Banda y Eficiencia Espectral**

##### **4.4.1 Utilización del Espectro y Eficiencia espectral**

Los tres estándares cuentan con especificaciones para operar en bandas de 6 MHz. ATSC e ISDB-T están especificados únicamente para ese ancho de banda, mientras que DVB-T cuenta adicionalmente con las especificaciones para operar en bandas de 5 (con limitaciones), 7 y 8 MHz.

Para canales de 6 MHz, el ancho de banda activamente utilizado con DVB-T es de 5,71 MHz, mientras que ATSC tiene un ancho de banda activo de 5,38 MHz e ISDB-T ocupa 5,57 MHz. En los tres casos, sin embargo, la transmisión contiene energía fuera de estos rangos, aunque en todos los casos es despreciable fuera del rango de 6 MHz.

Debe notarse, en todo caso, que estos valores por sí solos tienen poca relevancia. Lo importante es cuánta información útil (programación para el televidente) puede ser transmitida en el ancho de banda asignado, es decir, en 6 MHz. Este aspecto es analizado a continuación.

El término eficiencia espectral se refiere a la tasa de datos neta que un sistema es capaz de transportar dentro del ancho de banda asignado y bajo condiciones dadas de razón señal a ruido en un ambiente de propagación determinado. La unidad de medida es “tasa de datos por unidad de ancho de banda”, típicamente expresado en bits/s/Hz.

Del análisis de tasas de datos), se desprende que en la práctica ATSC y DVB-T son muy similares en términos de eficiencia espectral, puesto que en anchos de banda idénticos ofrecen tasas similares y con coberturas similares. Los datos disponibles en indican que ISDB-T presenta cierta desventaja, lo cual es consistente con el menor ancho de banda efectivamente utilizado dentro de los 6 MHz disponibles.

Por otra parte, el análisis en la sección sobre propagación de multitrayectoria también destaca que en condiciones de propagación más realistas (canales no Gaussianos, como recepción en interiores, canales Rayleigh sin línea de vista), la ventaja de ATSC se pierde y la eficiencia espectral de DVB-T, e incluso la de ISDB-T, son superiores. Esto es en gran medida gracias a las fortalezas de la modulación OFDM en este tipo de condiciones de propagación.

#### **4.4.2 Factibilidad de operar con bandas de 8 Mhz en Chile**

El análisis de la operación en un ancho de banda de 8 MHz en Chile sólo tiene sentido para el caso DVB-T. Los otros dos estándares no especifican este modo de operación, lo que limita seriamente la disponibilidad de equipos de aquellos estándares para 8 MHz. Esto puesto que el atractivo comercial para fabricantes de equipos es virtualmente inexistente: el mercado chileno es demasiado pequeño

para justificar el diseño y fabricación de equipos que no conforman 100% con alguno de los estándares oficiales.

La ventaja principal de operar con bandas de 8 MHz es que el sistema gozaría de mayores tasas de datos, las que podrían alcanzar hasta 30 Mbps (ver Figura 11 y comparar con la tasa única de 19,39 Mbps de ATSC). Esto permitiría transmitir, por ejemplo, una señal de alta definición (HDTV) junto a una de definición normal (SDTV) en un mismo canal, lo que facilitaría la migración de equipamiento SDTV a HDTV tanto para operadores como tele-espectadores. Una modalidad de este tipo no es factible con ATSC.

Una visión alternativa de la ventaja de tasa de datos obtenida al usar bandas de 8 MHz es considerarla como un sacrificio de eficiencia espectral a cambio de una cobertura más amplia: lograr tasas similares que en 6 MHz a cambio de una codificación de canal más robusta y más inmune a ruido e interferencias.

Es importante señalar que lo anterior no debe ser confundido con la idea que la operación de DVB-T en bandas de 8 MHz es ineficiente espectralmente. En efecto, las configuraciones de DVB-T en 8 MHz con altas tasas de datos son espectralmente más eficientes que ATSC. Por ejemplo, la tasa de 29,03 Mbps (ver Figura 11), tiene una eficiencia espectral de 3,63 bits/s/Hz, mientras que la eficiencia espectral de ATSC es 3,23 bits/s/Hz. Esta ventaja de DVB-T es la que permitiría las transmisiones simultáneas HDTV y SDTV mencionadas con anterioridad.

El sacrificio de eficiencia espectral mencionado arriba no necesariamente es un factor fuerte en contra de optar por canales de 8 MHz, puesto que en la actualidad existe una gran cantidad de espectro no utilizado en la banda UHF. En este sentido, el inconveniente de asignar bandas de 8 MHz en vez de 6 MHz es principalmente de tipo regulatorio, específicamente:



- La migración a TV digital tendría que ser obligadamente en la banda UHF, cuya partición en canales concesiones existentes tendrían que ser revisadas, con la probable objeción de concesionarios existentes que han invertido en equipos de 6 MHz.
- Una vez llegada la fecha del shutdown analógico, la partición y concesiones de la banda VHF tendrían que ser revisadas para extender la banda al modo de 8 MHz ello, desde luego, sólo en caso que se decidiera seguir explotando la banda VHF para transmisión de TV. Las condiciones de propagación de esta banda (pérdida de potencia por distancia) son menos severas que en UHF, lo cual las hace económicamente más atractivas, puesto que permiten mayor cobertura con una misma estación transmisora.
- Asimismo, la recepción en móviles de canales con frecuencias más bajas es más benigna, debido a que una menor dispersión Doppler permite recepción en móviles a velocidades más altas. Por lo tanto, es esperable un alto nivel de resistencia por parte de concesionarios existentes a cualquier propuesta de cambios en la asignación actual. No obstante, también es importante destacar que los canales en la banda VHF sufren de mayor “interferencia urbana” producto de radiaciones espurias de electrodomésticos, maquinaria industrial, vehículos, etc., y que pruebas de campo realizadas en Taiwán muestran que la recepción móvil de DVB-T en la banda UHF (frecuencia 593 MHz) es adecuada.

#### **4.5 Coexistencia con transmisiones Analógicas**

La coexistencia entre transmisiones de TV digital con transmisiones analógicas NTSC tiene dos aristas principales: la interferencia que puede causar una

transmisión digital sobre una transmisión analógica en un canal adyacente, y viceversa. Cada caso es analizado a continuación.

**Interferencia de Transmisión Digital a Analógica:** Gran cuidado se ha puesto en la definición de los tres estándares para permitir la coexistencia de transmisiones analógicas mientras emerge el sistema digital. Así, desde un punto de vista teórico, los tres estándares consideran factible la coexistencia. En el caso de ATSC, el hecho que un filtro de Nyquist sea utilizado en la modulación 8-VSB implica que la radiación fuera de banda es teóricamente nula (aunque en la práctica ello puede no ser así). En el caso de los estándares europeo y japonés, la modulación OFDM contiene radiación fuera de banda en forma natural. Para bandas de 6 MHz, la energía de esta radiación es muy inferior al 1% de la energía total transmitida, y su potencia decae con el cuadrado de la frecuencia. Más aún, la radiación fuera de banda de OFDM puede ser atenuada mediante el uso de filtros, para los cuales ambos estándares definen máscaras espectrales adecuadas. DVB-T especifica máscaras espectrales compatibles con transmisiones analógicas PAL, SECAM, NTSC, etc. ISDB-T, por su parte, se concentra principalmente en la coexistencia con NTSC, que es el estándar analógico utilizado en Japón.

**Interferencia de Transmisión Analógica a Digital:** Este tipo de interferencia no compromete la calidad de la imagen digital, sino se manifiesta mediante una reducción del radio de cobertura (umbral de visibilidad, o perímetro de operación casi libre de errores). En efecto, al pasar por los entrelazadores de los sistemas de codificación de canal, una señal de interferencia es desmenuzada, tomando el aspecto de ruido blanco.

Este nivel adicional de ruido reduce la razón señal a ruido en la etapa de decisión del receptor.

## 4.6 Costo y Disponibilidad de Equipos

### 4.6.1 Comparación cualitativa de costo de equipos

El costo y disponibilidad de equipos para recepción de TV Digital es, desde luego, un elemento crítico en la adopción del estándar de TV Digital. En particular, los costos de los set-top-boxes (STB) para cada estándar son un punto muy importante, pues es este el tipo de dispositivo que los usuarios deberán adquirir en primera instancia para poder utilizar sus televisores analógicos actuales para ver programación transmitida en formato digital.

Un análisis cualitativo del costo de STB (y de los receptores incluidos en los televisores digitales) puede ser hecho estudiando los tres elementos principales de los receptores de TVD: el demodulador, el decodificador de canal, y el decodificador de transporte y MPEG-2

**Demoduladores OFDM y 8-VSB:** Se estima que la implementación de demoduladores OFDM para ISDB-T y DVB-T son de complejidad similar, y por ende su costo relativo depende esencialmente de los volúmenes de producción y venta. Esto otorga ventaja a DVB-T, cuyo mercado mundial es mayor (y se espera se mantenga así). El receptor 8- VSB de ATSC requiere de un ecualizador, cuya complejidad y desempeño puede variar significativamente de un fabricante a otro.

**Decodificadores de Canal:** El decodificador de canal de ISDB-T utiliza esencialmente todos los bloques principales del decodificador DVB-T, pero además incorpora dispositivos de retardo y entrelazadores adicionales. Por ello, es claro que a un mismo volumen de producción, la implementación de un decodificador ISDB-T resulta más costosa que uno para DVB-T. Ello es acentuado aún más considerando que el mercado mundial de DVB-T es mayor. En el caso de

ATSC, se estima que implementar el sistema de codificación es menos costoso que el de DVB-T, principalmente debido a la menor complejidad del decodificador Trellis de tasa única  $2/3$  versus un decodificador Viterbi para cada una de las 5 tasas posibles del codificador convolucional de DVB-T.

Los volúmenes de producción de DVB-T vs. ATSC pueden ser determinantes en compensar o revertir la ventaja de ATSC en este punto.

**Decodificadores de Transporte y MPEG-2:** Puesto que no hay diferencias sustantivas entre los sistemas de múltiplex y transporte de los tres estándares, se estima que el costo de implementación de estos sistemas es similar en los tres casos.

## 4.7 Proyección Futura

### 4.7.1 Factibilidad de la redes de frecuencia Única

La operación en una frecuencia única tiene muchas características, aparte de las estrictamente comerciales, que son atractivas desde el punto de vista técnico:

- ❖ Permite optimizar el uso del espectro, esto es, mejorar la eficiencia espectro cubriendo una extensa área con un menor número de canales (hasta cubrir, por ejemplo, todo un país o un conjunto de países).
- ❖ Transmitir distribuidamente en una misma frecuencia permite mejorar las condiciones de recepción en zonas de difícil cobertura (como es el caso de receptores con antenas interiores).
- ❖ Posibilita cubrir áreas geográficas con niveles de señal más parejos, debido al uso de múltiples transmisores de potencias más bajas.

- ❖ La transmisión distribuida requiere de una menor potencia total transmitida en la red, lo que se refleja en ahorros de energía, menor interferencia hacia otros servicios y otros operadores, menores alturas de torres transmisoras, menores riesgos para las personas, etc.
- ❖ Tanto en Europa como en los Estados Unidos, el empleo de estas redes se ve como una alternativa viable para recuperar espectro para la creciente demanda por ancho de banda para aplicaciones móviles.

Por otra parte, si se decide utilizar la banda VHF para la televisión digital terrestre, la implementación de una red SFN de gran escala puede ser problemática en el período de transición de transmisión análoga a transmisión digital, ya que la señal digital en el canal único puede generar una interferencia substancial en algunos servicios de TV analógicos, haciendo necesario desplazar a éstos en frecuencia.

Tanto el sistema DVB-T como ISDB-T utilizan modulación OFDM y están bien adaptados para operar en una configuración de frecuencia única o nacional. El modo 8k del sistema DVB-T y del sistema ISDB-T se incluyó para la operación SFN sincrónica en gran escala (regional o nacional), donde un conjunto de transmisores, alimentados desde la misma fuente, se usa para cubrir el área de servicio.

Luego de que ATSC aprobara en 2005 el estándar A/110A [29], que considera el empleo de redes de frecuencia única, todos los estándares están, teóricamente, en condiciones de trabajar en el modo de frecuencia única nacional, aunque DVB-T e ISDB-T tienen ventajas.

Específicamente, cuando se opera mediante una red de frecuencia única, los aparatos receptores ubicados en aquellas zonas en las cuales se recibe más de una transmisión, el efecto es equivalente al de las multitrayectorias. Como se ha visto

en el acápite correspondiente a robustez ante propagación de multitrayectorias y en las descripciones de las provisiones de cada estándar para la operación en redes de frecuencia única, el estándar ATSC es menos robusto, requiere de ecualizadores que no están estandarizados y cuyo desarrollo no está perfeccionado actualmente (particularmente no así para operación en RFU. Migrar desde un sistema ATSC de frecuencia múltiple a uno de frecuencia única podría requerir recambiar los set-top-boxes; esto no es necesario con DVB-T e ISDB-T).

En el caso de las redes de frecuencia única, este efecto es agravado por el hecho que las distintas transmisiones llegan con potencias similares a un número importante de aparatos receptores, condición que es especialmente negativa para las redes de estándar ATSC.

Cabe destacar finalmente que la operación de un canal de TV Digital en RFU nacional dificulta la transmisión ocasional de programación con cobertura regional, como por ejemplo noticiarios regionales. La dificultad surge cuando dos celdas de transmisión adyacentes que emiten programación (noticiarios) diferentes necesariamente se interferirán mutuamente en zonas de traslape de cobertura, donde ambas señales son recibidas con potencias similares. Una solución factible bajo operación en RFU es distribuir los programas regionales en definición estándar, multiplexados en un sólo flujo de transporte.

Esto permite hasta 4 programas regionales en bandas de 6 MHz, y hasta 5 en bandas de 8 MHz. Cada tele-espectador debería entonces seleccionar el noticiario (o programa) que desee, el que puede o no corresponder a su región de residencia. Esta alternativa requiere que todos los programas regionales primero sean transmitidos mediante una red auxiliar a un estudio central para componer el flujo de transporte único de la RFU. Esta alternativa es posible con todos los estándares, y desde luego evita todos los problemas de interferencias aludidos

anteriormente, pero involucra restricciones en la resolución de la programación regional.

#### **4.7.2 Cambio de norma MPEG-2 a MPEG-4**

En cuanto a los desarrollos futuros del sistema de transporte y múltiplex, el hito tecnológico más importante será el término del proceso de estandarización de la norma que sucederá a MPEG-2. En este sentido, existen varias posibilidades las que, además, son parecidas en lo relativo a sus prestaciones. La más importante de ellas, en términos de posicionamiento, es MPEG-4. La última versión del estándar, MPEG-4 versión 10, llamado habitualmente MPEG-4 AVC (Advance Video Coding) o H.264 constituye una verdadera ruptura tecnológica:

- Para la misma calidad de imagen, se espera que la tasa de datos necesaria se reduzca a la mitad en relación con MPEG-2, independientemente de la plataforma de distribución de contenidos. Esto último permitirá aumentar la oferta y la pluralidad de canales. Esta mejora abre también la posibilidad de distribuir contenidos audiovisuales con calidad suficiente a través de redes que por su capacidad de transmisión o naturaleza no estaban inicialmente destinadas a la provisión de este tipo de servicios.
- Contrariamente a lo que sucede en MPEG-2, el estándar MPEG-4 permite transmitir simultáneamente imágenes de definición reducida a velocidades de transmisión bajas permitiendo de ese modo la distribución de contenidos audiovisuales de reducido tamaño adaptados a las pantallas de los teléfonos móviles, PDAs o a las pantallas de los automóviles.

Comparado con MPEG-2, MPEG-4 tiene mejoras técnicas tanto en la compresión de video como en la compresión de audio, que lo hacen un excelente candidato a reemplazar a MPEG-2 en las futuras actualizaciones de todos los estándares. El

impacto que puede tener la evolución al estándar de compresión MPEG-4 en la multiplicación del número de canales disponibles, debería justificar la definición por parte de los reguladores de un plan de transición de MPEG-2 a MPEG-4. Esta evolución podría condicionar el reparto del espectro actualmente disponible.

Finalmente cabe mencionar el potencial impacto que tendría sobre la industria el desarrollo del codec Windows Media 9-HD, puesto que ya existen fabricantes de hardware que están integrando Windows Media entre los formatos nativos soportados. Este hecho, unido al sistema operativo Windows y al Windows Media Center, podría situar a Microsoft en una posición aventajada dentro del mercado.

#### **4.7.3 Servicios Interactivos y acceso condicional**

La transmisión digital de televisión permite la provisión de servicios interactivos como teletexto e interactividad con el televidente en concursos y juegos.

El acceso restringido (o pagado) a servicios permite a los operadores incluir en sus planes de negocios la provisión de programación pagada (ejemplo pay per-view). Los modelos de suscripción a servicios con acceso restringido también permiten a los operadores tener control sobre el cobro de licencias. Tanto en el sistema DVB-T como en ATSC los decodificadores (STB) son capaces de acomodar una variedad de estos sistemas. No obstante, mientras que ATSC estandariza explícitamente el formato de acceso condicional, DVB tomó tempranamente la decisión estratégica de no estandarizar dicho formato y dejarlo en manos de iniciativas privadas [50]. ISDB-T, en cambio, define una norma para acceso condicional obligatoria para todas las transmisiones de TV Digital terrestre. La decodificación en los receptores sólo es posible insertando en ellos una tarjeta (llamada tarjeta B-CAS), cuya provisión es administrada en Japón por la empresa homónima. Así, la TV Digital abierta en Japón es, en la práctica, del tipo “pay-per-view sin cobro”.



## CAPÍTULO V

### “ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL MÓVIL”

En este capítulo se hace un análisis de los estándares de televisión digital terrestre en lo que respecta a movilidad. Los tres estándares existentes son el A-VSB que es el americano, el DVB-H que es el europeo y 1-SEG que corresponde al japonés.

#### **5.1 Estándar A-VSB (Advanced- Vestigial Sideband)**

El estándar A-VSB ha sido diseñado específicamente para las emisiones en Norteamérica y como un añadido de la tecnología utilizada para la televisión digital. De esta manera, aquellas empresas que ya emitan la televisión digital podrán extender su programación a los dispositivos móviles con relativamente pocos gastos de infraestructura.

Los creadores de A-VSB indican que los usuarios podrán disponer de televisión tanto en sus teléfonos como en vehículos en movimiento. Los consumidores podrán disponer de todos los canales locales disponibles en la televisión digital convencional.

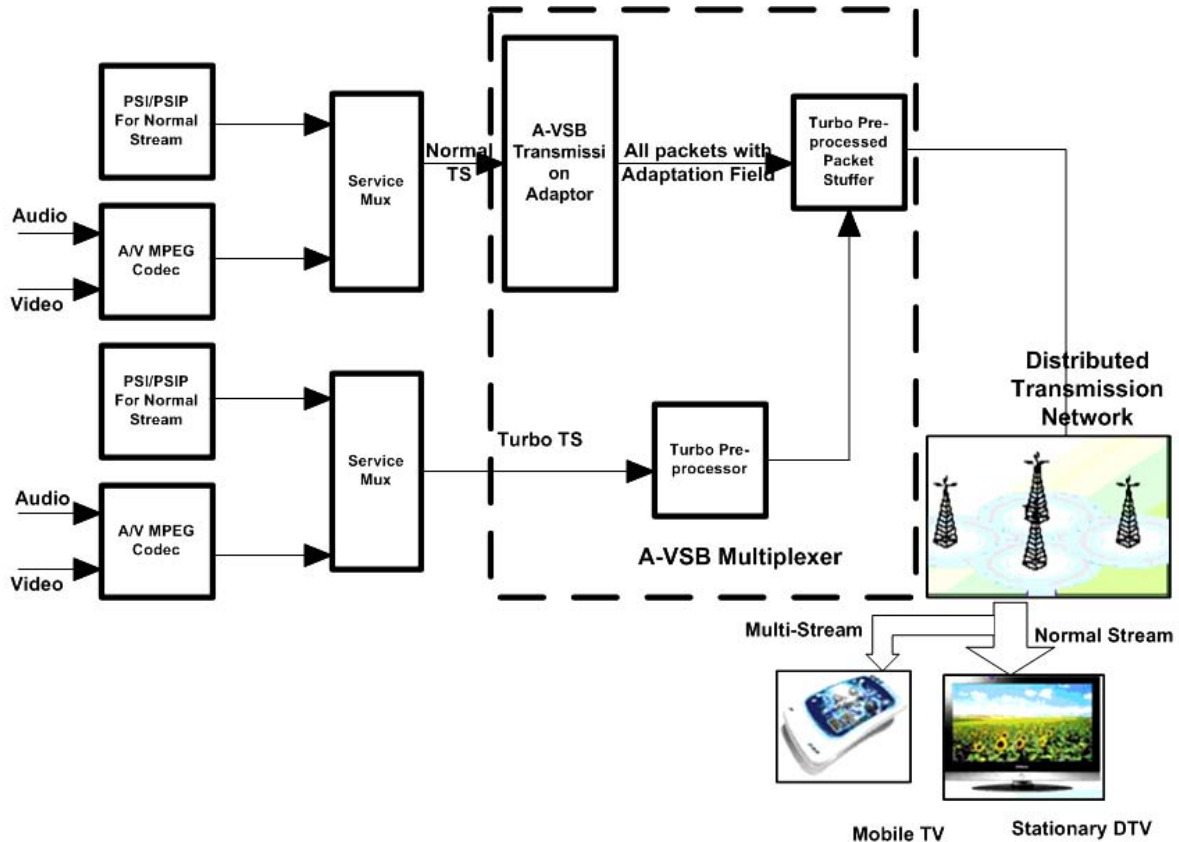
La tecnología A-VSB se rige sobre el estándar ATSC para mejorar la capacidad de los receptores de mostrar señales de televisión abierta mientras se está en movimiento, tanto en espacios tanto en espacios interiores como exteriores. También permite a los broadcaster incluir múltiples flujos turbo-coded dentro del flujo principal, lo que resulta en una señal de transmisión más fuerte y clara.

Además, A-VSB facilita la sincronización de la señal entre diferentes torres en una red de frecuencia única (SFN). Varias SFN pueden mejorar la calidad del servicio

de broadcast al proveer una señal fuerte y uniforme en un área de servicio, de forma tal que los receptores puedan recibir una señal más fuerte desde el transmisor más cercano y aprovechar la separación espacial de múltiples transmisores para mitigar obstáculos como colinas y edificios.

Para su funcionamiento, un broadcaster debe, primero, añadir una Secuencia de Referencia Complementaria (Supplementary Reference Sequence, SRS) a la señal transmitida. Los receptores A-VSB usan la SRS con el fin de mantenerse fijos a la transmisión, tanto de la señal principal como de las señales turbo extra, aun cuando una interferencia dinámica podría normalmente interrumpir una señal, como cuando la señal es reflejada al mover objetos cerca del receptor. A-VSB también facilita fijar la señal cuando el receptor mismo se mueve, como cuando un televidente está viajando con un televisor portátil. Más aún, la combinación de SRS y código turbo posibilita la recepción a altas velocidades, como en un automóvil o en un tren, y en zonas urbanas con gran cantidad de interferencia causada por edificios y objetos.

A continuación se muestra el esquema de televisión digital móvil A-VSB en conjunto con el de la televisión digital fija ATSC:



**Figura 9.** Esquema de televisión digital móvil A-VSB

La señal turbo stream utiliza el Codec de video H.264. Este sistema permite operar a bajos umbrales de visibilidad. Además esta señal turbo puede ser recibida a altas velocidades y no interfiere con los actuales receptores de televisión digital.

Los receptores A-VSB utilizan el SRS para mantenerse sincronizados con la transmisión. Esto ayuda a mantener correctamente la recepción del flujo principal y de cualquier flujo(s) turbo, aún con una señal afectada por interferencias por multitrayectos.

### **5.1.1 Codificación de Audio**

Para la compresión de audio digital se utiliza la norma de compresión digital de audio AC-3 o Digital Dolby.

### **5.1.2 Codificación de Video**

Los formatos de video corresponden a los definidos en el estándar MPEG-2. Éste introduce y define “Flujos de Transporte”, los cuales son diseñados para transportar vídeo y audio digital a través de medios impredecibles e inestables.

### **5.1.3 Subsistema de multiplexación y transporte**

El subsistema de multiplexación y transporte de servicios divide el flujo continuo de información en paquetes de datos, inserta marcas de identificación únicas a cada paquete, y multiplexa los flujos de paquetes de video, audio y datos anexos para componer un único flujo de transporte. Los datos anexos incluyen datos para el control de la transmisión, control de acceso, e información sobre la configuración de los servicios de audio y video, tales como subtítulo. El sistema de transporte de ATSC utiliza el sistema de multiplexación y transporte definido por el estándar MPEG-2.

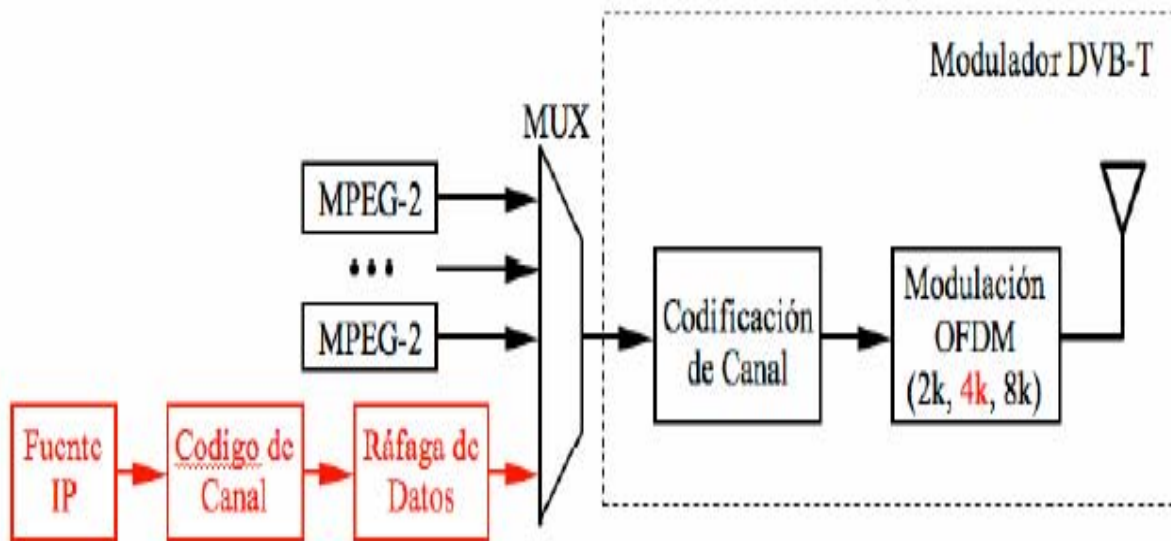
### **5.1.4 Modulación**

Se utiliza una modulación digital 8-VSB. Este sistema utiliza una única portadora con modulación de ocho niveles. Sus ventajas son una alta eficiencia espectral y baja interferencia sobre las transmisiones analógicas. Una de sus desventajas es la baja inmunidad a las interferencias por multitrayectorias.

## 5.2 Estándar DVB-H (Digital Broadcasting Handheld)

DVB-H es un estándar abierto desarrollado por DVB. Esta tecnología constituye una plataforma de difusión de datos IP orientado a terminales portátiles (teléfonos móviles, agendas electrónicas, etc.), que combina la compresión de video y el sistema de transmisión de DVB-T, estándar utilizado por la TDT, y que permite la recepción de la TV terrestre en receptores portátiles alimentados con baterías. En definitiva, DVB-H es una adaptación del DVB-T con requisitos para móviles (muy bajo consumo).

Los elementos principales que incorpora DVB-H a DVB-T son descritos a continuación:



**Figura 10.** Elementos del sistema DVB-H (en rojo) dentro del marco DVB-T

**Fuente IP:** Las señales fuente DVB-H son datagramas IP, no MPEG-2. No obstante, tal como lo muestra la Figura , las señales para terminales portátiles son

multiplexadas dentro de los mismos flujos de transporte MPEG-2 que portan las señales televisivas regulares.

Por lo tanto, el servicio a terminales portátiles no requiere de ancho de banda adicional.

**Codificación de Canal Adicional:** La señal DVB-H es protegida con una capa de codificación adicional para hacer frente a la mayor degradación que presentan señales recibidas en movilidad.

**Transmisión por Ráfagas:** La inserción de la señal DVB-H al flujo de transporte es mediante ráfagas periódicas. Durante cada ráfaga, las señales MPEG-2 regulares ceden el ancho de banda a la señal DVB-H, lo que permite a los terminales móviles DVB-H operar con la más alta eficiencia energética al no tener que recibir y decodificar la demás programación que no es de interés. Durante los períodos entre ráfagas, las señales MPEG-2 regulares recuperan el ancho de banda perdido durante la ráfaga, y los terminales móviles DVB-H pueden desactivar sus circuitos de recepción y decodificación, o bien destinarlos a descubrir nuevas celdas DVB-H en la medida que el móvil se aleja de la actual.

**Introducción del modo “4k”:** Ofrece mayor flexibilidad a los operadores para configurar y planificar el sistema bajo compromisos de movilidad (modo 2k ideal) y área de cobertura por antena (modo 8k ideal).

### **5.3 Estándar 1-SEG**

La transmisión a terminales portátiles fue considerada desde un comienzo en el estándar ISDB-T mediante el concepto de recepción parcial de un segmento “1 seg”. El servicio comenzó experimentalmente durante el año 2005, y comercialmente el 1 de abril de 2006 y ofrece la emisión de redes de televisión terrestre sin costo para el espectador.

Los teléfonos móviles no son los únicos dispositivos que se aprovechan de esta tecnología, portátiles, reproductores de música y vídeo, diccionarios electrónicos, e incluso sistemas de navegación para automóviles son capaces de funcionar como receptores 1Seg.

La tecnología ISDB-T divide el espacio radioeléctrico de los canales convencionales de televisión de 6 MHz en 13 partes iguales o segmentos. Una de estas subdivisiones es la que se utiliza para poder transmitir a dispositivos móviles, he aquí el nombre de “1-SEG”

La solución para transmisión a terminales portátiles basada en recepción parcial de un segmento es altamente eficiente ya que puede ser realizada con un receptor de un solo segmento, el cual es significativamente más sencillo y de menor costo que un receptor ISDB-T completo de 13 segmentos. Además de esta ventaja económica, un receptor 1 seg también es muy eficiente en su consumo de energía, puesto que no requiere decodificar los demás 12 segmentos para recuperar el segmento 13.

El sistema “1seg” utiliza codificación de video H.264 que es una de las formas de codificación incluidas en el estándar MPEG-4 y audio AAC (Advance Audio Coding) encapsulado en un flujo de transporte MPEG-2. La modulación del

segmento es 64-QAM, el código convolucional opera con tasa  $\frac{1}{2}$  y el intervalo de guarda para la modulación OFDM es  $\frac{1}{8}$  (los demás parámetros OFDM son impuestos por la transmisión completa de 13 segmentos). La resolución de video máxima es 320x240 pixeles, y la tasa de bits máxima del video es 128 kbps. La tasa máxima admisible para el audio AAC es 64 kbps. Los restantes 60 kbps están reservados para transmisión de datos y servicios interactivos.

Finalmente, 1seg no implementa funciones de acceso condicional ni protección de copia del contenido.

La siguiente figura muestra los elementos principales que incorpora 1-SEG a ISDB-T:

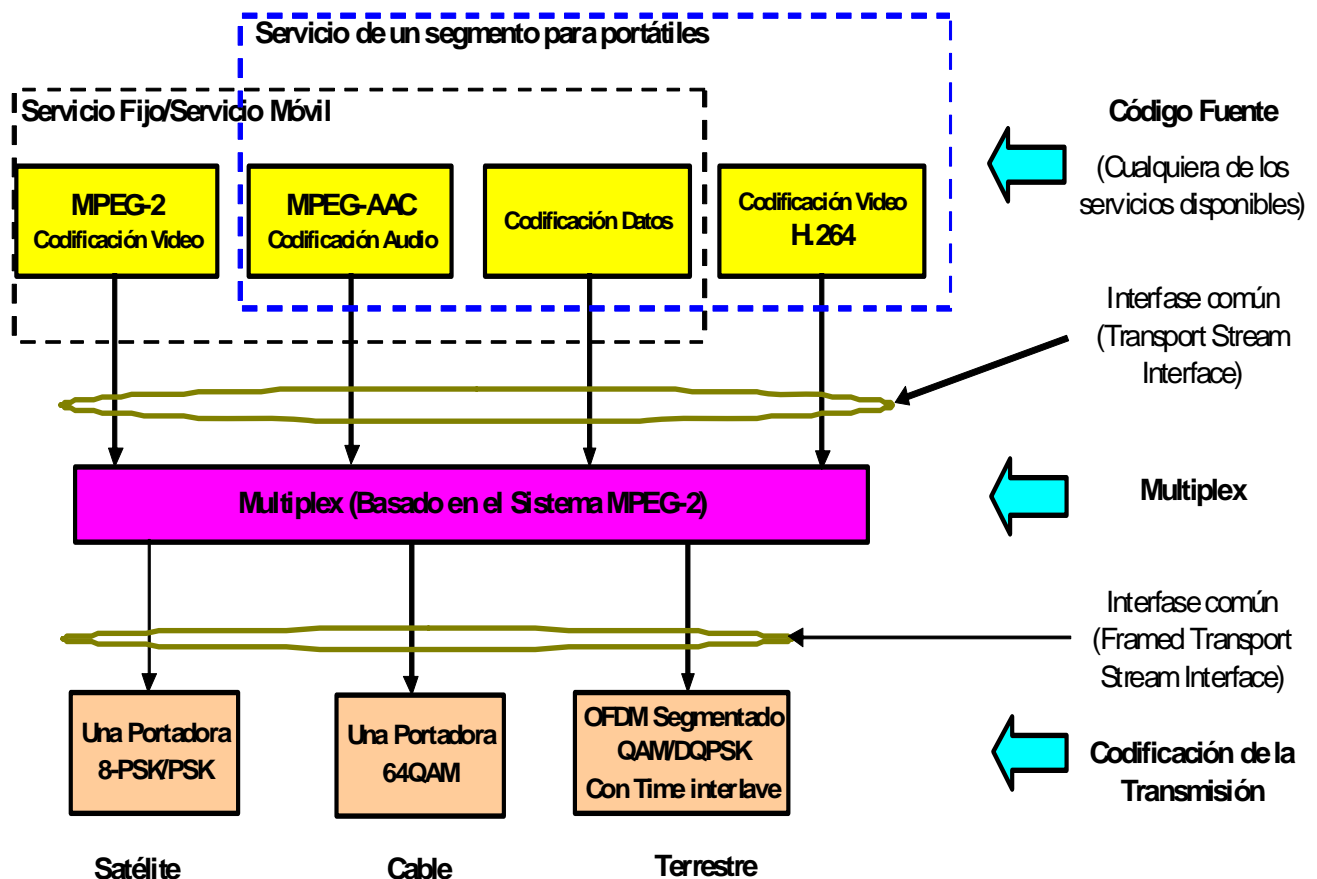


Figura 11. Esquema del sistema 1-SEG



### **5.3.1 Modulación**

El sistema ISDB-T utiliza una modulación OFDM (prácticamente igual que DVB-T), en un canal de 6 MHz, pero las portadoras están agrupadas en segmentos, 13 en total, dando lugar al OFDM Segmentado. Cada segmento de datos puede tener sus propios esquemas de codificación y de modulación (la modulación puede ser QPSK, 16-QAM ó 64-QAM). Para cada tipo de recepción, como fija o móvil se adopta OFDM segmentado con tiempo intercalado. Esto debido a que este tipo de modulación debilita la inmunidad a las interferencias por multitrayectoria. Para compensar, en gran medida, esta debilidad se ha diseñado el sistema de entrelazamiento.

El Time Interleaving divide la imagen a transmitir en píxeles más pequeños con el fin de corregir los errores comunes causados por la transmisión en radiofrecuencia. El sistema permite recibir imágenes de alta definición en un auto en marcha a alta velocidad, gracias a esta tecnología.

### **5.4 Propuesta de los operadores de telefonía celular**

En un polo opuesto a la transmisión de la programación diaria y en vivo de los canales locales y nacionales a dispositivos portátiles, está la oferta de los operadores de telefonía celular. Si el modelo de los broadcasters se basa en la emisión de contenidos de un punto a varios, la de los operadores de telefonía celular se basa en la entrega de contenidos punto a punto, aprovechando las características de sus redes 2,5G y 3G.

Para ellos, las ventajas de su propuesta indican que sus contenidos responden a los intereses personales de cada usuario, son adaptados exactamente para ser vistos en las pantallas de los teléfonos celulares, responden a la situación de movilidad de

las personas, es decir, son cortos, exigen poca atención y permiten mayor interactividad por parte del usuario.

Para los creadores de contenido, esto significaría utilizar un mismo material para producir contenidos adaptados para diferentes medios (móvil, broadcast, IPTV, televisión por internet, etc.), y para ser transmitidos a diferentes dispositivos (PDA, televisores, computadores, etc.).

Resumiendo podemos ver en la siguiente tabla una comparación de los tres estándares de televisión digital móvil:

<b>Estándar</b>	<b>Codificación Audio</b>	<b>Codificación Video</b>	<b>Modulación</b>
<b>A-VSB</b>	<b>AC-3 o Digital Dolby</b>	<b>MPEG-2</b>	<b>8- VSB</b>
<b>DVB-H</b>	<b>MPEG-2 para estéreo y sonido envolvente. Permite también AC-3 o DTS</b>	<b>MPEG-2</b>	<b>OFDM</b>
<b>1-SEG</b>	<b>ACC(Advance Audio Coding)</b>	<b>H.264</b>	<b>OFDM Segmentado</b>

**Tabla II.** Comparación de los tres estándares.

## IV. CONCLUSIONES

DVB promueve el desarrollo de estándares globales para la difusión de señal de televisión y la provisión de servicios de datos. DVB tiene además transparencia en la gestión, igualdad de oportunidades en la participación. Normas de funcionamiento bien conocidas y aceptadas por todos los actores desde sus diferentes visiones y negocios comerciales o posición institucional

DVB es un estándar abierto, es decir, no está controlado por ningún país, región geográfica o empresa. Los miembros del DVB provienen de todos los continentes, gracias a su política de apertura, transparencia y reglas determinadas de funcionamiento.

DVB posibilita la convivencia de televisión digital terrestre (DVB-T) y la televisión digital móvil (DVB-H) en la misma banda de frecuencia (UHF) de forma compatible con el espectro atribuido en Chile para este servicio.

La participación en el desarrollo global de las tecnologías de radiodifusión digital favorecerá el desarrollo de la industria, tanto en la manufactura como en la producción de contenidos, y generará inversiones y empleo en Chile. Eso aportaría una ventaja competitiva debido al potencial mercado de exportación global que provee el DVB (Hardware, Software y modelos de negocios).

Permitiría además la adquisición de royalties mediante patentes para aquellas innovaciones chilenas que sean adoptadas a escala global.

La participación de Chile y otros países de Latinoamérica en el desarrollo del sistema abierto y global de televisión digital contribuiría también al refuerzo de su diversidad cultural.

La Unión Europea desea contribuir a lograr este objetivo mediante el fortalecimiento de la cooperación con la región en el campo de los contenidos audiovisuales, basados en las oportunidades que ofrece la televisión digital y otras TIC. Esto incluiría futuras actividades conjuntas de formación en este campo y de producción y distribución de contenidos audiovisuales.

La adopción del DVB-T promoverá el desarrollo de la inclusión social y aceleración de la transición para la TV digital, gracias a los costos de equipos más bajos para los consumidores chilenos.

No existe mercado de decodificadores baratos en EE.UU. y Japón, porque son mercados únicamente de alta definición y de elevado poder adquisitivo.

DVB está comprometido a cooperar con el Gobierno chileno así como con los radiodifusores chilenos y otros agentes a fin de asegurar que la digitalización de la radiodifusión de televisión en Chile suponga un éxito tecnológico, social, industrial y comercial con beneficios para los chilenos.

La Unión Europea en su conjunto apoya al DVB para asegurar que el objetivo anterior se puede cumplir a plena satisfacción para las necesidades y singularidades de la sociedad chilena.

Los servicios de televisión digital móvil ofrecidos tanto por broadcaster como por proveedores de telefonía móvil luchan por ganar un mismo mercado que es el de

usuarios anhelosos por contenidos audiovisuales a los cuales puedan acceder en cualquier momento y lugar.

Con respecto a sus características técnicas se realiza un análisis comparativo detallado de los aspectos relevantes de los tres estándares llegándose a las siguientes conclusiones:

1. Todos los estándares pueden operar en definición estándar y alta definición. En cuanto a la calidad de señal y resolución de video no presentan mayores diferencias.

2. Los tres estándares presentan eficiencias espectrales similares operando en bandas de 6 Mhz.

3. DVB es el único estándar que permite la televisión digital móvil mediante la introducción del estándar DVB-H. DVB-H asegura la menor inversión para brindar televisión digital móvil por el uso de infraestructura compartida con las redes del radiodifusor y de telefonía celular existentes.

Además, DVB-H permitirá a los radiodifusores proveer servicios móviles a la población a costo más bajo.

4. DVB-T se transmite sin ninguna dificultad en entornos de recepción colectivos sin modificación sobre las redes existentes.

DVB-T tiene la mejor inmunidad a propagación de multitrayectoria, el cual es un aspecto es crítico en un entorno geográfico como el chileno.

5. DVB-T operando en bandas de 8 MHz permite tasas de datos que pueden entregar transmisiones HDTV y SDTV simultáneas, facilitando de esta forma la introducción de HDTV.

6. El tamaño del mercado mundial de equipos DVB-T es superior al de ATSC, y muy superior al de ISDB-T, garantizando gran variedad de dispositivos a costos competitivos;

7. ISDB-T, además de poseer un mercado mundial pequeño, requiere de dispositivos (settop- boxes y televisores) comparativamente más complejos, y por lo tanto más costosos, que DVB-T;

Sobre la base de estas conclusiones, se recomienda que Chile adopte el estándar DVB-T para la transmisión de televisión digital terrestre abierta, así como la disposición de parte del espectro radioeléctrico en la banda UHF para servicios móviles.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.chiletelevisiondigital.com/>
  
- [2] Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H).  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Video\\_Broadcasting](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Video_Broadcasting)
  
- [3] <http://www.tvyvideo.com>
  
- [4] <http://www.tvd.cl/>
  
- [5] <http://www.bcn.cl/>
  
- [6] <http://www.tech-faq.com>
  
- [7] <http://www.dvb.org>
  
- [8] Estándar DVB-T: <http://es.wikipedia.org/wiki/DVB>
  
- [9] <http://www.subtel.cl/>
  
- [10] [http://www.cntv.cl/medios/TVDigital/TVDigitalmundo052006D\\_EF.pdf](http://www.cntv.cl/medios/TVDigital/TVDigitalmundo052006D_EF.pdf)
  
- [11] Televisión digital móvil en Chile  
[http://www.innovacionmadeinchile.cl/documentos/tv\\_digital\\_movil](http://www.innovacionmadeinchile.cl/documentos/tv_digital_movil)

[12] [www.icare.cl/eventos\\_anteriores\\_2007/tv\\_digital\\_2007/](http://www.icare.cl/eventos_anteriores_2007/tv_digital_2007/)

[13] <http://en.wikipedia.org/wiki/1seg>

[14] <http://www.universia.edu.pe/>