

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**TECNOLOGÍAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT),  
FUNDAMENTOS Y PROCESOS DE IMPLEMENTACIÓN EN EL  
MUNDO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**MOISÉS MÁXIMO JERÍ ATO**

**PROMOCIÓN  
1978 - II**

**LIMA – PERÚ  
2010**

**TECNOLOGIAS DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE (TDT), FUNDAMENTOS Y  
PROCESOS DE IMPLEMENTACION EN EL MUNDO**

**A La Memoria De Mis Padres,  
Por Inculcar En Mí El Deseo De Superación**

## SUMARIO

En los últimos tiempos, la tecnología (principalmente la electrónica), ha avanzado vertiginosamente, de manera que la televisión como parte de los sistemas de telecomunicaciones ya converge con la transmisión de datos debido a que las velocidades de transmisión y los métodos de compresión hacen posible que las señales transmitidas lleguen prácticamente en tiempo real a los receptores y de manera transparente al usuario final. Estos avances posibilitan que las señales que reciben los usuarios se muestren con óptima calidad.

La evolución de la televisión, un sistema en el cual el ocio e información es imprescindible en el hogar de nuestros días desde su irrupción masiva en la década de los 70, ha sido vertiginosa. Es, sin lugar a dudas, el medio de comunicación de masas con mayor difusión y éxito.

La comercialización de los televisores de nueva generación (LCD y Plasma) y la digitalización de la señal de televisión, que se ha desplegado inicialmente en el cable y por satélite, han traído por consecuencia, satisfacer los intereses de los fabricantes y consumidores.

### **Descripción del informe:**

**CAPITULO I:** Se describe la evolución de la Televisión previa a la Digital Terrestre (TDT).

**CAPITULO II:** Se presentan los fundamentos de la Televisión Digital Terrestre.

**CAPITULO III:** Se describen los estándares de la Televisión Digital (TDT) y las normas que los rigen.

**CAPITULO IV:** Se presenta el desarrollo de implementación de la TDT en los países del Mundo, con especial énfasis en el Perú.

**CAPITULO V:** Se dan a conocer algunos productos comerciales de los Sistemas de Televisión Digital.

## INDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>01</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>EVOLUCION DE LA TELEVISION PREVIA A LA DIGITAL TERRESTRE.....</b>	<b>03</b>
1.1 Los Inicios de la televisión.....	03
1.2 El desarrollo de la TV analógica.....	05
1.2.1 Transición de la televisión en blanco y negro a color.....	07
1.2.2 Sistemas analógicos de televisión en color.....	07
<b>CAPITULO II</b>	
<b>FUNDAMENTOS DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.....</b>	<b>11</b>
2.1 La Televisión Digital.....	11
2.2 Introducción a la Televisión Digital Terrestre (TDT).....	12
2.2.1 Módulos de la televisión Digital Terrestre.....	13
2.2.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre (TDT).....	15
2.2.3 Tipos de la Televisión Digital Terrestre (TDT).....	18
2.2.4 Normativa Básica: La Recomendación 601 (CCIR).....	20
2.3 Capas en la Transmisión de TV Digital Terrestre.....	22
2.3.1 Capa de Compresión.....	22
2.3.2 Capa de Transporte (MPEG-2).....	36
2.3.3 Capa de Transmisión.....	39
2.4 La Televisión Digital Terrestre Móvil.....	48
2.5 Interactividad de la Televisión Digital Terrestre.....	49
2.6 Plataforma de usuario.....	49
2.6.1 Set Top Box.....	50
2.6.2 Plataforma Multimedia del Hogar.....	50
<b>CAPITULO III</b>	
<b>NORMAS Y ESTANDARES DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE.....</b>	<b>53</b>
3.1 Instituciones Normativas.....	53
3.2 Estándares.....	58
3.2.1 Semejanzas y Diferencias.....	58
3.2.2 Los Estándares y sus Características.....	58

**CAPITULO IV**

<b>DESARROLLO Y DESPLIEGUE DE LA TDT EN EL MUNDO.....</b>	<b>83</b>
4.1 Introducción.....	83
4.2 En Norteamérica (ATSC).....	83
4.3 En Centroamérica y el Caribe.....	85
4.4 En Europa (DVB-T).....	86
4.5 En Asia.....	90
4.6 En Oceanía.....	92
4.7 En África.....	92
4.8 En Sudamérica.....	92
4.9 Desarrollo y Despliegue en el PERU.....	95
4.9.1 Implementación De La Televisión Digital En El Perú.....	95
4.9.2 Importancia de la TDT para el Perú.....	105

**CAPITULO V**

<b>PRODUCTOS COMERCIALES.....</b>	<b>106</b>
5.1 Plataforma De Usuario.....	106
5.1.1 Recepción Fija.....	106
5.1.2 Recepción Móvil.....	108
5.2 Plataforma de Radiodifusores.....	110
5.2.1 Cámara De Video De Estudio.....	110
5.2.2 Grabador De Estudio.....	111
5.2.3 Monitor Para Producción.....	111
5.2.4 Mezclador De Producción y Efectos Digitales.....	112
5.2.5 Mezclador De Audio.....	113
5.2.6 Software.....	113
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO</b>	
GLOSARIO DE TERMINOS.....	116
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>119</b>

## INTRODUCCION

La transformación de los sistemas analógicos en digitales ha sido una de las principales revoluciones acontecidas en las últimas décadas en el sector de las telecomunicaciones, permitiendo no sólo una mejora de la calidad de los servicios, sino, además, un aumento espectacular en la diversidad de éstos. Este cambio llega ahora a los servicios de difusión y, particularmente, a los de televisión.

En ingeniería, la televisión constituye uno de los campos más amplios de desarrollo y aplicación de la ciencia y la técnica, no sólo en los aspectos de electrónica y comunicaciones, sino en otros terrenos tan diversos que van, desde la mecánica a la fisiología. Los conocimientos de ingeniería eléctrica, iluminación, acústica, mecánica e ingeniería civil son indispensables en el diseño de un estudio y de las instalaciones asociadas. El empleo de radioenlaces y las comunicaciones por satélite es muy común. En transmisión, además de los conocimientos de teoría de información, modulación, codificación de canal, etc., es necesario aplicar conocimientos de electricidad, electrónica de potencia, control, etc.

Por varias décadas, la televisión y la transmisión de datos han seguido caminos paralelos, sin embargo, completamente independientes el uno del otro.

Ahora, estamos viviendo la era de televisión digital, con lo que la distinción con la transmisión de datos prácticamente ha desaparecido.

La Televisión Digital se define por la tecnología que utiliza para transmitir su señal. En contraste con la televisión tradicional, que codifica los datos de manera analógica, la televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, abriendo así la posibilidad de crear aplicaciones interactivas.

Desde la introducción del color, el acontecimiento más importante ha sido la aparición de la Televisión Digital Terrestre (TDT). En efecto, a la digitalización de la televisión por satélite y por cable, se añade, ahora, la de la televisión terrestre; que pretende no sólo proporcionar a los usuarios la posibilidad de recibir muchos más canales en su televisor a una calidad similar a la del DVD, sino también añadir interactividad.

Televisión Digital Terrestre o TDT es la aplicación de las nuevas tecnologías del medio digital a la transmisión de contenidos a través de una antena convencional (aérea). La

TDT aprovecha los beneficios del tratamiento, la multiplexación, la codificación y la modulación digital de señales de audio, vídeo y datos, con el objetivo de optimizar la transmisión de las señales de televisión. Aplicando la tecnología digital se consigue un mejor uso del espectro disponible, lo que puede utilizarse para proveer un mayor número de canales, mejor calidad de imagen o imagen en alta definición (HD o *High Definition* en inglés) y mejor calidad de sonido (empleando sistemas como AC3 Dolby Digital); así como, la posibilidad de elegir múltiples idiomas y subtítulos.

La TDT supondrá un nuevo negocio para los fabricantes de televisores y empresas de instalación y mantenimiento de antenas comunitarias. Más de 22 millones de televisores analógicos deberán ser renovados o adaptados antes del 2010 en España y será necesaria una inversión total durante la transición de cerca de 10.000 millones de euros.

En el Perú, se nombró una Comisión Multisectorial encargada de recomendar el estándar de televisión digital terrestre a ser adoptado. Dicha Comisión recomendó el estándar ISDB-T japonés con innovaciones brasileñas, denominada SBTDV (Sistema Brasileño de Televisión Digital). Posteriormente se nombró a una Comisión Multisectorial Temporal la que ha formulado las recomendaciones al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para la elaboración de Plan Maestro de Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el País.

El objetivo del presente Informe, es dar a conocer las diversas tecnologías de la Televisión Digital Terrestre, sus ventajas, desventajas y el desarrollo de implementación en los países del Mundo, presentando los procesos de adopción y despliegue de los más importantes y dedicando especial énfasis al Perú, dentro de sus etapas de adopción del estándar a utilizar y su plan maestro de implementación. Se espera que este volumen sea una herramienta de ayuda para quienes estén interesados en conocer el mundo de la TDT; asimismo, para aquellos que lo utilicen como base de sus investigaciones en el tema.



## **CAPITULO I**

### **EVOLUCION DE LA TELEVISION PREVIA A LA DIGITAL TERRESTRE**

#### **1.1 Los Inicios de la televisión**

Los intentos para transmitir imágenes a distancia por medios eléctricos se remontan a 1876, el mismo año de la invención del teléfono, y cuando ya se conocía la variación de la resistividad del selenio según la luz incidente sobre él.

El primer invento que tuvo consecuencias prácticas fue el "telescopio eléctrico", patentado por el inventor alemán Paul Gottlieb Nipkow en 1884 y que se basaba en un disco conocido después como "disco de Nipkow", con 24 agujeros equiespaciados sobre una espiral cercana a la periferia del disco, que podría considerarse la cámara de televisión. La imagen a transmitir se enfocaba sobre una pequeña región en la periferia del disco, que giraba a 600 revoluciones por minuto.

En 1926, en Londres, Baird demostró un sistema de televisión con 30 líneas de barrido en que la generación de la imagen y su reproducción se hacían mediante discos giratorios. El elemento sensor en el transmisor era una fotocelda de selenio, la señal se transmitía por un cable corto hasta el receptor y se reproducía con una lámpara de neón, produciendo una imagen borrosa de color rojo anaranjado y de tamaño algo inferior al de una tarjeta de crédito.

En los Estados Unidos, en 1922, Charles Francis Jenkins desarrolló un sistema capaz de reproducir imágenes en movimiento y en 1925 retransmitió públicamente una emisión sincronizada de imágenes y sonidos.

En Europa, las primeras transmisiones fueron llevadas a cabo por la BBC en 1929, utilizando un sistema de John L. Baird, con imágenes formadas por 30 líneas exploradas mecánicamente.

La transmisión al público se inició en 1936, con el sistema de Baird, mejorado a 240 líneas y otro sistema desarrollado por las empresas Marconi y EMI (Electrical and Musical Industries), completamente electrónico, de 405 líneas, transmitiendo en cada sistema en días alternos. Este último fue adoptado en el Reino Unido en febrero de 1937.

En 1936, se transmitieron por televisión los Juegos Olímpicos celebrados en Berlín.

Baird desarrolló una cantidad considerable de innovaciones, entre las que cabe mencionar la transmisión de imágenes por onda corta a través del Atlántico y también

entre un barco y tierra en ese mismo año. Llevó a cabo la primera demostración de televisión cromática en 1928 y la transmisión simultánea de imágenes y sonido en 1930. En 1931 efectuó la primera transmisión directa de televisión de un evento público y llevó a cabo transmisiones en la banda de UHF en 1932.

Todos los sistemas anteriores, con excepción del Marconi-EMI, se basaron en aplicaciones del disco de Nipkow y los trabajos de Baird se centraron principalmente en este tipo de sistemas de televisión electromecánicos.

En 1937 comenzaron las transmisiones regulares de TV electrónica en Francia y en el Reino Unido gracias al desarrollo del TRC y el Iconoscopio.

Desde los comienzos de los experimentos sobre los rayos catódicos hasta que el tubo se desarrolló lo suficiente para su uso en la televisión fueron necesarios muchos avances en esa investigación.

La primera imagen sobre un tubo de rayos catódicos se formó en 1911 en el Instituto Tecnológico de San Petersburgo y consistía en unas rayas blancas sobre fondo negro y fueron obtenidas por Boris Rosing en colaboración con Zworykin.

En 1931 Vladimir Kosma Zworykin desarrolló el captador electrónico que tanto se esperaba, el iconoscopio. Este tubo electrónico perduró, hasta la irrupción de los captadores de CCD's a finales del siglo XX.

El iconoscopio está basado en un mosaico electrónico compuesto por miles de pequeñas células fotoeléctricas independientes que se creaban mediante la construcción de un sándwich de tres capas, una muy fina de mica que se recubría en una de sus caras de una sustancia conductora (grafito en polvo impalpable o plata) y en la otra cara una sustancia fotosensible compuesta de millares de pequeños globulitos de plata y óxido de cesio. Este mosaico se colocaba dentro de un tubo de vacío y sobre el mismo se proyectaba, mediante un sistema de lentes, la imagen a captar

En 1945, la RCA introdujo el orthicón de imagen que está formado por un mosaico plano de cristal en uno de sus extremos.

Tanto el iconoscopio como el orthicón son tubos de tipo fotoemisivo.

También en la década de 1940 se desarrollaron tubos de tipo fotoconductor, el principal de ellos el vidicón, de tamaño bastante menor que el orthicón.

Estos equipos integraban, e integran, todo lo necesario para captar una imagen y transformarla en una señal eléctrica. La señal, que contiene la información de la imagen más los pulsos necesarios para el sincronismo de los receptores, se denomina señal de vídeo. Una vez que se ha producido dicha señal, ésta puede ser manipulada de diferentes formas, hasta su emisión por la antena, el sistema de difusión deseado. La señal translúcida de la imagen contiene la información de ésta, pero, es necesario, para

su recomposición, que haya un perfecto sincronismo entre la deflexión de exploración y la deflexión en la representación.

La exploración de una imagen se realiza mediante su descomposición, primero en fotogramas a los que se llaman cuadros y luego en líneas, leyendo cada cuadro. Para determinar el número de cuadros necesarios para que se pueda recomponer una imagen en movimiento así como el número de líneas para obtener una óptima calidad en la reproducción y la óptima percepción del color (en la TV en color) se realizaron numerosos estudios empíricos y científicos del ojo humano y su forma de percibir

La señal de vídeo la componen la propia información de la imagen correspondiente a cada línea (en el sistema PAL 625 líneas y en el NTSC 525 por cada cuadro) agrupadas en dos grupos, las líneas impares y las pares de cada cuadro, a cada uno de estos grupos de líneas se les denomina *campo* (en el sistema PAL se usan 25 cuadros por segundo mientras que en el sistema NTSC, 30). A esta información hay que añadir la de sincronismo, tanto de cuadro como de línea, esto es, tanto *vertical* como *horizontal*. Al estar el cuadro dividido en dos campos tenemos por cada cuadro un sincronismo vertical que nos señala el comienzo y el tipo de campo, es decir cuando empieza el campo impar y cuando empieza el campo par. Al comienzo de cada línea se añade el pulso de sincronismo de línea u horizontal (con la TV en color también se añade información sobre la sincronía del color).

La codificación de la imagen se realiza entre 0V para el negro y 0,7V para el blanco. Para los sincronismos se incorporan pulsos de -0,3V, lo que da una amplitud total de la forma de onda de vídeo de 1V. Los sincronismos verticales están constituidos por una serie de pulsos de -0,3V que proporcionan información sobre el tipo de campo e igualan los tiempos de cada uno de ellos.

El sonido, llamado *audio*, es tratado por separado en toda la cadena de producción y luego se emite junto al vídeo en una portadora situada al lado de la encargada de transportar la imagen.

## 1.2 El desarrollo de la TV analógica

En 1945 se establecen las normas CCIR que regulan la exploración, modulación y transmisión de la señal de TV. Había multitud de sistemas que tenían resoluciones muy diferentes, desde 400 líneas a hasta más de 1.000. Esto producía diferentes anchos de banda en las transiciones. Poco a poco se fueron concentrando en dos sistemas, el de 525 líneas, adoptado por EE.UU. y el de 625 líneas, adoptado por Europa (España adoptó las 625 líneas en 1956).

También se adoptó muy pronto el formato de 4:3 para la relación de aspecto de la imagen. La producción de televisión se desarrolló con los avances técnicos que permitieron la grabación de las señales de vídeo y audio.

En los años 70 se implementaron las ópticas Zoom y se empezaron a desarrollar magnetoscopios más pequeños que permitían la grabación de las noticias en el campo. Poco después se comenzó a desarrollar equipos basados en la digitalización de la señal de vídeo y en la generación digital de señales, nacieron de esos desarrollos los efectos digitales.

En la década de los sesenta y principalmente para cámaras de color, se desarrolló el plumbicón.

En el caso de estos tubos de cámara, la imagen se proyecta sobre un mosaico o target fotoconductor en forma de una placa muy delgada y constituida por una capa fina de material fotoconductor, de conductividad variable y directamente proporcional a la intensidad de la luz incidente. Este material fotoconductor se deposita sobre un electrodo transparente que actúa como la placa de señal y está cargado positivamente con respecto al cátodo emisor del haz electrónico. Este haz, al barrer secuencialmente la superficie del mosaico, deposita una cantidad suficiente de electrones sobre éste para compensar la carga en cada punto, que es mayor en las zonas más iluminadas y menor en las oscuras. La cantidad de carga depositada por el haz electrónico da lugar a una corriente de señal que, en cada instante, será proporcional a la intensidad de luz incidente sobre cada punto del target.

En las últimas décadas del siglo XX los avances en los dispositivos de estado sólido han sido considerables y, en la actualidad, prácticamente todas las cámaras de televisión utilizan este tipo de sensores de los que, el más común está constituido por matrices de dispositivos acoplados por carga (CCD), inventados en 1969. El principio de funcionamiento de estos dispositivos es completamente diferente al de los tubos de cámara, si bien la señal que entregan, al igual que los tubos de cámara es analógica.

El desarrollo de la televisión no se paró con la transmisión de la imagen y el sonido. Pronto se vio la ventaja de utilizar el canal para dar otros servicios. En esta filosofía se implementó, a finales de los años 80 del siglo XX el teletexto que transmite noticias e información en formato de texto utilizando los espacios libres de información de la señal de vídeo. A diferencia del videotex, el teletexto no es interactivo. También se implementaron sistemas de sonido mejorado, naciendo la televisión en estéreo o dual y dotando al sonido de una calidad excepcional.

### 1.2.1 Transición de la televisión en blanco y negro a color

El elevado número de televisores en blanco y negro exigió que el sistema de color que se desarrollara fuera compatible con las emisiones monocromas. Esta compatibilidad debía realizarse en ambos sentidos, de emisiones en color a recepciones en blanco y negro y de emisiones en monocromo a recepciones en color.

En búsqueda de la compatibilidad nace el concepto de luminancia y de crominancia. La luminancia porta la información del brillo, la luz, de la imagen, lo que corresponde al blanco y negro, mientras que la crominancia porta la información del color.

En 1950 la Radio Corporation of América, (RCA) desarrolla un tubo de imagen que portaba tres cañones electrónicos, los tres haces eran capaces de impactar en pequeños puntos de fósforo de colores, llamados *luminóforos*, mediante la utilización de una máscara, la *Shadow Mask* o *Trimask*. Los electrones de los haces al impactar con los luminóforos emiten una luz del color primario correspondiente que mediante la mezcla aditiva genera el color original.

Mientras en el receptor se implementaban los tres cañones correspondientes a los tres colores primarios en un solo elemento, en el emisor, en la cámara, se mantenían los tubos separados, uno por cada color primario. Para la separación se hace pasar la luz que conforma la imagen por un prisma dicróico que filtra cada color primario a su correspondiente captador.

### 1.2.2 Sistemas analógicos de televisión en color

El primer sistema de televisión en color ideado que respetaba la doble compatibilidad con la televisión monocroma se desarrolló en 1951 por un grupo de ingenieros de los laboratorios de la *Hazeltine Corporation* en los EE.UU. Este sistema fue adoptado por la *Federal Communication Commission de USA* (FCC) y era el NTSC que son las siglas de *National television System Commission*. El sistema tuvo éxito y se extendió por toda América del Norte y Japón.

Las señales básicas que utiliza son la luminancia (Y), que da el brillo y es lo que se muestra en los receptores monocromos, y las componentes de color, las dos señales diferencia de color, la R-Y y B-Y (el rojo menos la luminancia y el azul menos la luminancia). Esta doble selección permite dar un tratamiento diferenciado al color y al brillo. El ojo humano es mucho más sensible a las variaciones y definición del brillo que a las del color, esto hace que los anchos de banda de ambas señales sean diferentes, lo cual facilita su transmisión ya que ambas señales se deben de implementar en la misma banda cuyo ancho es ajustado.

El sistema NTSC modula en amplitud a dos portadoras de la misma frecuencia desfasadas 90° que luego se suman, modulación QAM o en cuadratura. En cada una de

las portadoras se modula una de las diferencias de color. La amplitud de la señal resultante indica la saturación del color y la fase el tinte o tono del mismo. Esta señal se llama de crominancia. Los ejes de modulación están situados de tal forma que se cuida la circunstancia de que el ojo es más sensible al *color carne*, esto es que el eje I se orienta hacia el naranja y el Q hacia los magentas. Al ser la modulación con portadora suprimida hace falta mandar una salva de la misma para que los generadores del receptor puedan sincronizarse con ella. Esta salva o burst suele ir en el pódico posterior del pulso de sincronismo de línea. La señal de crominancia se suma a la de luminancia componiendo la señal total de la imagen.

Las modificaciones en la fase de la señal de vídeo cuando ésta es transmitida producen errores de tinte, es decir de color (cambia el color de la imagen).

El NTSC fue la base de la que partieron otros investigadores, principalmente europeos. En Alemania se desarrolló, por un equipo dirigido por Walter Bruch un sistema que subsanaba los errores de fase, este sistema es el PAL, *Phase Alternating Line*.

Para ello la fase de la subportadora se alterna en cada línea. La subportadora que modula la componente R-Y, que en PAL se llama V, tiene una fase de 90° en una línea y de 270° en la siguiente, esto hace que los errores de fase que se produzcan en la transmisión (y que afectan igual y en el mismo sentido a ambas líneas) se compensen a la representación de la imagen al verse una línea junto a la otra. Si la integración de la imagen para la corrección del color la realiza el propio ojo humano tenemos el denominado PAL S (PAL Simple) y si se realiza mediante un circuito electrónico el PAL D (PAL Delay, retardado). En 1966 los países de Europa Occidental, con la excepción de Francia, adoptaron el PAL mientras que los de Europa Oriental y Francia el SECAM.

En Francia se desarrolló por el investigador Henri de France un sistema diferente, el SECAM, « SÉquentiel Couleur À Mémoire » que basa su actuación en la transmisión secuencial de cada componente de color modulado en FM de tal forma que en una línea se manda una componente y en la siguiente la otra componente. Luego el receptor las combina para deducir el color de la imagen.

Los sistemas de color en uso en el mundo pueden resumirse como sigue:

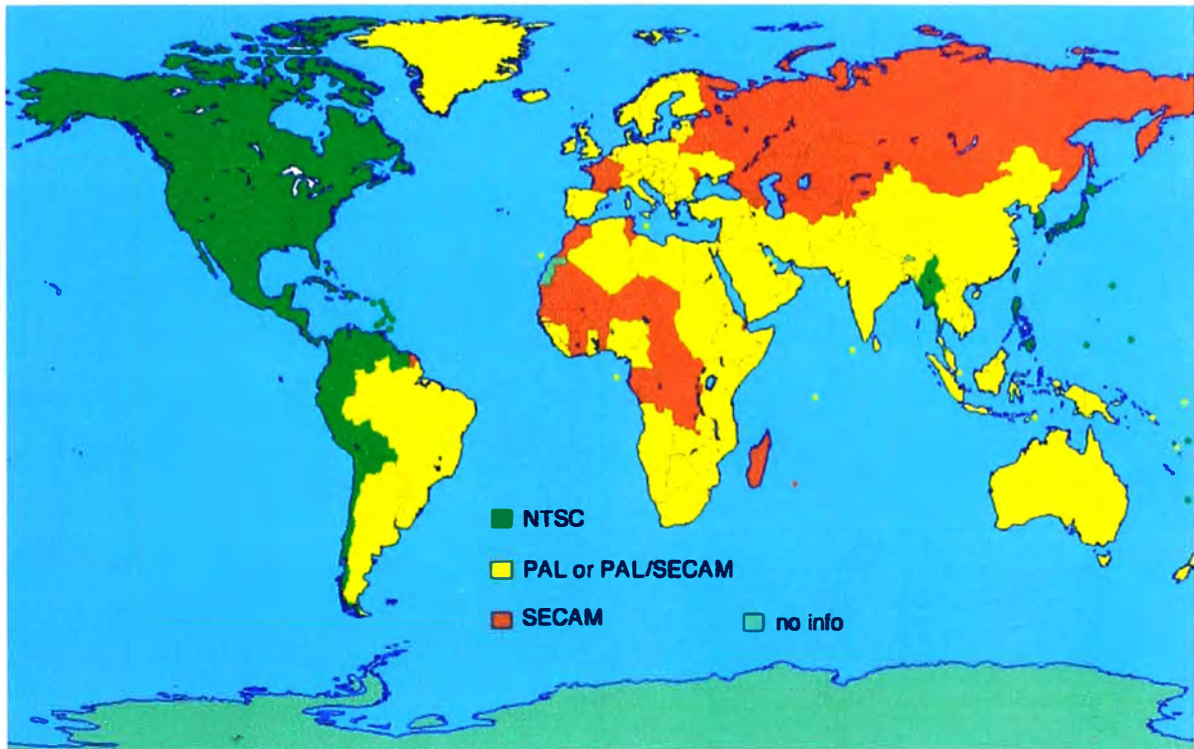
**NTSC:** Sistema utilizado en América con excepción de Argentina y Brasil. Fue adoptado también en Japón y algunos otros países asiáticos.

**PAL:** Sistema utilizado en Europa y el resto del mundo, excepto en los casos marcados por el sistema siguiente.

**SECAM:** Sistema utilizado en Francia, la antigua Unión Soviética y los países de Europa Oriental y Asia con influencia soviética, así como la mayor parte de las antiguas colonias francesas en África y Asia, además de Irán y Egipto.

El sistema más utilizado a nivel mundial es el PAL 625 seguido por el NTSC 525 y el menos utilizado el SECAM.

En la figura 1.1 se muestra la distribución de los sistemas de TV en los diferentes países del mundo.



**Fig. 1.1** Distribución de los sistemas de TV analógico en el mundo.

Las características de los diversos sistemas analógicos de TV están resumidas en el Informe **624 del CCIR**. En todos los casos la relación de aspecto de la imagen (anchura/altura) es de 4:3, la secuencia de barrido es de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. El barrido es entrelazado con relación de 2/1, resultando en una frecuencia de cuadro igual a 1/2 de la frecuencia de campo. En el estado actual de la tecnología, todos los sistemas son capaces de operar con sincronismo independiente de la frecuencia de la línea de suministro de energía eléctrica.

Los conceptos de *matiz*, *saturación* y *brillo*, junto con la capacidad tecnológica para analizar la luz que emana de una escena en tres distribuciones espectrales de colores primarios, permiten diseñar los sistemas de comunicaciones para recombinar los valores específicos de las señales de color en las proporciones adecuadas en el receptor, a fin de que la sensación visual de los colores reproducidos corresponda, perceptualmente, a los de la escena original. Los estándares del sistema NTSC y, con diferencias poco significativas, los de PAL y SECAM, definen los procesos eléctricos necesarios para obtener estos resultados, dentro de los límites de un canal específico de comunicaciones.

Como consecuencia de lo anterior y, con referencia a los sistemas analógicos, es decir de 525 o 625 líneas, la evolución no ha sido realmente en el sentido de modificar los estándares básicos, sino en el de mejorar la calidad de las señales visuales y audibles, buscando por una parte la reducción o eliminación de los problemas inherentes a dichos sistemas y por otra, la adición de servicios de valor añadido, como pueden ser teletexto, sonido estereofónico o dual, etc.

En otra línea, se sitúan los sistemas analógicos de alta definición (HDTV) que fueron objeto de investigación y desarrollo durante casi dos décadas. El HDTV fue inventado en NHK, una emisora pública japonesa. En 1973 un estándar fue propuesto al CCIR (ITU-R). En los años 80 fueron desarrollados entre otros la cámara de televisión, el tubo de rayos catódicos de alta definición, el videograbador y los equipos de edición. En 1982 NHK desarrolló MUSE (codificación múltiple de muestreo sub-nyquist), el primer sistema de compresión y transmisión de HDTV. El MUSE utilizó la compresión de video digital; pero por la transmisión modulada en frecuencia, usó un convertidor digital a analógico para convertir la señal digital. Lamentablemente este sistema no se llegó a cristalizar de manera definitiva, y si bien se intentó utilizar en algunos países como Japón, no resultó aplicable a nivel de consumo masivo a causa del elevado costo de los receptores, así como, por las seria dificultad que planteaba el ancho de banda adicional necesario para la transmisión analógica terrestre. Con el estado actual de desarrollo de la televisión digital, la televisión de alta definición se ha convertido en una realidad viable y, por consecuencia, la HDTV analógica ha dejado de ser objeto de consideración.



## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE**

#### **2.1 La Televisión Digital**

A fines de los años 80 del siglo pasado, se empezaron a desarrollar sistemas de digitalización. La digitalización en la televisión tiene dos partes bien diferenciadas. Por un lado está la digitalización de la producción y por el otro la de la transmisión.

Para la producción se desarrollaron varios sistemas de digitalización. Los primeros, estaban basados en la digitalización de la señal compuesta de vídeo, que no tuvieron éxito. El planteamiento de digitalizar las componentes de la señal de vídeo, es decir la luminancia y las diferencias de color, fue el que resultó más idóneo.

La reducción del flujo binario de la señal de vídeo digital dio lugar a una serie de algoritmos, basados todos ellos en la transformada discreta del coseno tanto en el dominio espacial como en el temporal, que permitieron reducir dicho flujo posibilitando la construcción de equipos más accesibles.

En cuanto a la transmisión, la digitalización de la misma fue posible gracias a las técnicas de compresión que lograron reducir el flujo a menos de 5 Mbit/s, considerando que el flujo original de una señal de calidad de estudio tiene 270 Mbit/s. Esta compresión es la llamada MPEG-2 que produce flujos de entre 4 y 6 Mbit/s sin pérdidas apreciables de calidad subjetiva.

Las transmisiones de TV digital tienen tres grandes áreas dependiendo de la forma de la misma aun cuando son similares en cuanto a tecnología. La transmisión se realiza por satélite, cable y vía radiofrecuencia terrestre (Televisión Digital Terrestre o TDT).

El avance de la informática, tanto a nivel del hardware como del software, condujo a que los sistemas de producción se basen en el tratamiento informático de las señales de televisión. Los sistemas de almacenamiento, como los magnetoscopios, pasaron a ser sustituidos por servidores informáticos de vídeo y los archivos pasaron a guardar sus informaciones en discos duros y cintas de datos. Los ficheros de vídeo incluyen información referente a su contenido. El acceso a la información se realiza desde los propios ordenadores donde corren programas de edición de vídeo de tal forma que la información residente en el archivo es accesible en tiempo real por el usuario. En realidad los archivos se estructuran en tres niveles, el "on line", para aquella información de uso

muy frecuente que reside en servidores de discos duros, el "near line", información de uso frecuente que reside en cintas de datos y está en grandes librerías automatizadas, y el "off line", donde se encuentra la información que está fuera de línea y precisa de su incorporación manual al sistema. Todo ello está controlado por una base de datos en donde figuran los asientos de la información residente en el sistema.

## **2.2 Introducción a la Televisión Digital Terrestre (TDT)**

Como se mencionó anteriormente, Televisión Digital Terrestre o TDT es la aplicación de las nuevas tecnologías del medio digital a la transmisión de contenidos a través de una antena convencional (aérea). La TDT aprovecha los beneficios del tratamiento, la multiplexación, la codificación y la modulación digital de señales de audio, vídeo y datos, con el objetivo de optimizar la transmisión de las señales de televisión. Aplicando la tecnología digital se consigue un mejor uso del espectro disponible, lo que puede utilizarse para proveer un mayor número de canales, mejor calidad de imagen o imagen en alta definición (HD o *High Definition* en inglés) y mejor calidad de sonido (empleando sistemas como AC3 Dolby Digital); así como, la posibilidad de elegir múltiples idiomas y subtítulos.

La nueva tecnología permite transmitir hasta 4 programas de televisión convencional en simultáneo, utilizando las bandas de 6MHz asignadas para la transmisión analógica de un único programa.

Asimismo mediante las técnicas de codificación de canal, es posible proteger las señales digitales frente a la interferencia o ruido que puede introducir el medio de transmisión.

Esto hace posible que la información digital correspondiente a las imágenes y al audio que llega al receptor, pueda ser corregida o regenerada satisfactoriamente.

La capacidad de corrección de errores en las transmisiones digitales, implica también en un ahorro de la potencia de transmisión, haciendo que los transmisores digitales emitan señales de menor potencia que sus pares analógicos; sin que la calidad del servicio se vea seriamente afectada.

Por otro lado la convergencia de servicios de telecomunicaciones para el usuario a través de la televisión digital, constituye uno de los aportes más importantes de esta nueva tecnología.

Actualmente, existen cinco (5) estándares de Televisión Digital Terrestre:

**ATSC** (Advanced Television System Committee) - Americano

**DVB-T** (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) - Europeo

**ISDB-T** (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) - Japonés

**DTMB** (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) - Chino

## SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital) – Japonés-Brasileño

El sistema tecnológico para la TDT recomendado por la ITU (International Telecommunications Union) está constituido por tres etapas:

### Codificación de la señal fuente

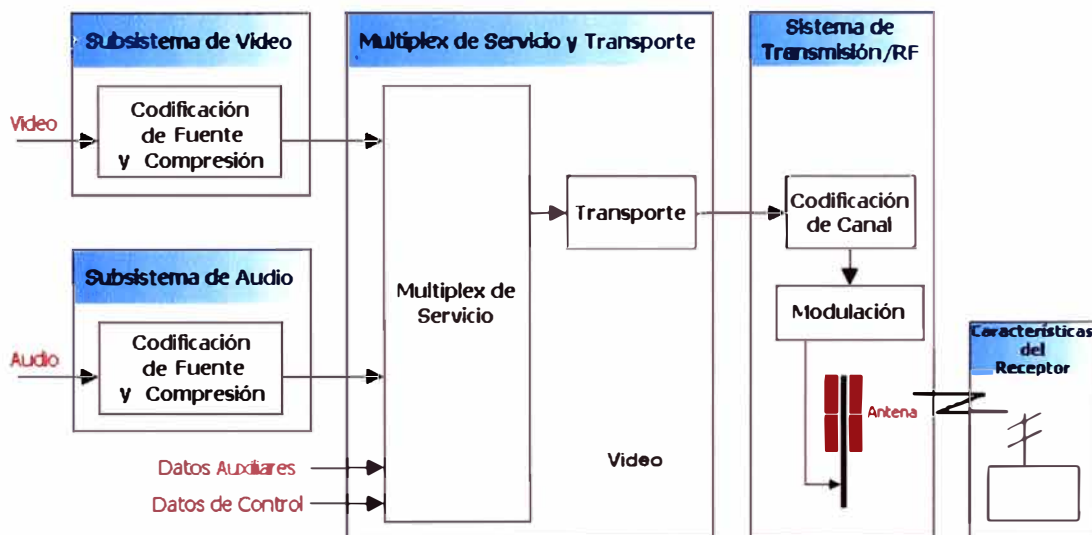
### Multiplexación

### Codificación de canal y modulación

Es en la primera etapa donde se presenta la conversión y compresión de las señales de audio y video en haces digitales denominados flujos elementales de información. En la siguiente etapa se producirá la multiplexación de los diferentes flujos elementales componiendo un único haz digital en la salida. En la tercera etapa, el haz digital multiplexado se convierte en señales que pueden transmitirse por el aire a través de la modalidad de radiodifusión.

En la recepción (lugar del usuario), es necesario que su televisor reúna condiciones para sintonizar y decodificar el flujo de información digital. Aprovechando la cantidad existente de receptores analógicos, generalmente se emplea un decodificador externo (Set Top Box) conectado a la entrada de la señal de los actuales televisores.

En la figura 2.1 se muestra el modelo TDT de la ITU (International Telecommunications Union).



**Fig. 2.1** Modelo TDT de la ITU

### 2.2.1 Módulos de la televisión Digital Terrestre

Cada estándar se encuentra integrado por una serie de niveles o capas que dan soporte al sistema en general:

**Compresión:** Es la etapa en la cual se realiza el tratamiento, codificación y compresión de las señales analógicas.

**Transporte:** Este nivel, hace referencia a la manera en la cual es procesada la información en su conjunto. En esta etapa, los estándares ATSC, DVB-T, ISDB-T, DTMB y SBTVD manejan un esquema de compresión común, basado en MPEG-2, un codificador diseñado exclusivamente para el manejo de audio y video en difusión con calidad de televisión.

**Transmisión y Modulación:** En esta etapa, el esquema de modulación y codificación de canal de cada estándar es distinto, dado que se busca fortalecer una característica específica.

El estándar ATSC codifica el canal con una modulación de 8-VSB, el estándar Europeo utiliza COFDM y el estándar ISDB-T utiliza una modificación de COFDM (segmentado), en el cual cada segmento tiene su tiempo de duración propio, permitiendo el uso de segmentos para la recepción fija y otros para la recepción móvil. Se debe mencionar, que el estándar brasileño utiliza el mismo sistema de modulación que el ISDB-T, y que el estándar chino DTMB, utiliza una nueva modificación del COFDM sin segmentar, transmitiendo una cabecera en el símbolo OFDM con información para la transmisión (sincronización, estimación de canal, etc.).

**Aplicaciones:** Este nivel está referido a los servicios y beneficios que pueden ser brindados a los televidentes y usuarios en general bajo el sistema de televisión digital, por ejemplo: guía electrónica de televisión, Guía electrónica interactiva, Internet, etc. Las diferencias más notorias en este campo, están dadas por las facilidades de interactividad que implemente cada uno de los estándares.

**Servicios Interactivos:** Se define así, como aquel en el cual el usuario puede participar directamente influyendo en el contenido que se encuentra disponible o se transmitirá con lo cual diferirá del aquel ofrecido por una secuencia lineal de programas de video de radiodifusión. La interactividad implica por tanto, la bidireccionalidad de acción entre emisor y receptor. Las aplicaciones interactivas se basan en la presencia de un canal de retorno, medio necesario para el envío de información del usuario al prestador del servicio interactivo. Cabe indicar, que determinadas aplicaciones interactivas no necesitan un canal de retorno, por lo cual se basarán únicamente en la interactividad local.

**Middleware:** Es la plataforma de software que soporta las aplicaciones que son presentadas al televidente, haciendo independiente el entorno tecnológico que precede a la aplicación, es decir, la codificación de canal y los diferentes temas de compresión.

**Servicios basados en movilidad /portabilidad:** Permiten la recepción de señales de Televisión digital por parte del usuario en diferentes condiciones (de pie, caminando o dentro de un vehículo a velocidad). Estos servicios pueden utilizarse con diferentes tipos de terminales que cuenten con antenas integradas, es decir, televisores en vehículos y receptores de TV integrados a teléfonos celulares u otros dispositivos portátiles.

Independiente de especificaciones de modulación, estos servicios presentan una característica importante y está dada por su integración con redes de telecomunicaciones móviles, lo que permitirá la adición de un canal de retorno a la plataforma. De este modo hay una facilidad inherente al terminal portátil que le permite ofrecer servicios interactivos en un modelo de servicio fundamentado en la movilidad/portabilidad, imprimiendo flexibilidad a la configuración de los modelos de negocio.

### **2.2.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre (TDT)**

#### **a) Mejor calidad de imagen y sonido**

La calidad de la imagen y el sonido en la Televisión Digital Terrestre (TDT) se divide en dos principales tipos:

- 1. La televisión estándar SDTV** (Standard Definition Television), que tiene una resolución de 576 (480) líneas horizontales, y
- 2. La televisión de alta definición HDTV** (High Definition Television con una resolución superior que puede llegar hasta las 720 en modo progresivo o 1080 líneas en modo entrelazado.

Sin embargo, la TDT tiene las mismas líneas que el estándar SD de emisión analógica, 576 (480) horizontales. Incluso hay canales con un bajo bitrate inferior a los DVD, otros con menor resolución que PAL y unos con incluso 64 Kbps de bitrate en el audio, inferior a un MP3 de baja calidad. Ser digital no garantiza calidad, depende de la codificación usada por cada canal.

La transmisión terrestre de televisión se ve afectada por dispersión de energía, zonas de sombra y reflexiones que provocan ecos. En transmisión analógica esos problemas se manifiestan como nieve, ruido en la imagen, dobles imágenes, colores deficientes y sonido de baja calidad. En transmisión digital, al haberse codificado la señal de manera lógica y no proporcional, el receptor puede corregir, hasta cierto punto, las distorsiones provocadas por interferencias. No obstante, cuando el receptor no es capaz de subsanar ciertos errores – ello puede ocurrir cuando la interferencia ha modificado substancialmente la señal – puede producirse la congelación de partes de la imagen o la interrupción del sonido. Cuando el nivel de error supera cierto límite, el receptor es

incapaz de recomponer la señal. Es entonces cuando la pantalla ofrece una imagen en negro sin sonido.

Puesto que en el ancho de banda empleado por un canal analógico ahora se pueden transmitir varios programas digitales, la emisión digital comporta un importante ahorro energético por canal. Ello implica una reducción de costes para los radiodifusores.

La imagen, sonido y datos asociados a una emisión de TDT se codifican digitalmente, lo que permite que a través de ciertos métodos de compresión, un mayor ratio; posibilitando las emisiones en alta definición o bien, el incremento del número de programas digitales incluidos en cada canal múltiple.

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 puede ser inferior que en televisión analógica debido a las anomalías provocadas por la compresión. En cambio, la calidad relativa a la relación señal/ruido aumenta. Por lo tanto, lo que nos garantiza la televisión digital terrestre es una correcta recepción de la señal recibida, libre de perturbaciones provocadas por la transmisión. El efecto de una cierta pérdida en la compresión por un ancho de banda escaso es subsanable con el ancho de banda dinámico en el MUX.

#### **b) Mayor número de emisiones de televisión**

La tecnología de televisión analógica actual sólo permite la transmisión de un único programa de televisión por cada canal UHF (ya sea de 6MHz, 7MHz u 8MHz de ancho de banda). Además los canales adyacentes al que tiene lugar una emisión han de estar libres para evitar las interferencias.

En segundo lugar la codificación digital de los programas permite que en el ancho de banda disponible en un solo canal UHF (unos 20 Mbps en la actual configuración de TDT) se puedan transmitir varios programas con calidad digital similar a la de un DVD. El número de programas simultáneos depende de la calidad de imagen y sonido deseadas, si bien en la actualidad es de cinco programas, con un uso habitual de cuatro, (lo cual da una buena calidad en imágenes con movimientos lentos, si bien en escenas de más acción se pueden apreciar fácilmente zonas de la imagen distorsionadas, que reciben el nombre de artifacts (anomalías en inglés) debidas a la codificación digital MPEG-2 de baja velocidad). Sin embargo, la gran flexibilidad de la codificación MPEG-2 permite cambiar estos parámetros en cualquier momento, de manera transparente a los usuarios. Asimismo, gracias al diseño de la red de distribución de señal es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales de guarda para reducir las interferencias.

### **c) Mayor flexibilidad de las emisiones y servicios adicionales**

En cada canal de radio se emite un único flujo MPEG-2, que puede contener un número arbitrario de flujos de vídeo, audio y datos. Aunque varios operadores compartan el uso de un canal multiplexado (múltiplex), cada uno puede gestionar el ancho de banda que le corresponde para ofrecer los contenidos que desee. Puede (por ejemplo) emitir un flujo de vídeo, dos de audio (por ejemplo, en dos idiomas a la vez), varios de datos (subtítulos en tres idiomas, subtítulos para sordos, en un partido información con las estadísticas de los jugadores, o en una carrera automovilística información de tiempos y posiciones, etc.). El aprovechamiento de toda esta información por parte del usuario es posible gracias a las diversas aplicaciones de que dispone el receptor TDT.

Cada operador podrá desarrollar las aplicaciones que proporcionen los servicios deseados a sus clientes, y éstas se instalarán en el receptor TDT para dar acceso a dichos servicios.

Entre los diferentes servicios que incluye la plataforma digital hay uno dedicado al pago por visión. La televisión digital permite el cifrado y por ello cualquier posibilidad de televisión de pago.

Finalmente, al tratarse de transmisiones de información digital es posible una gran flexibilidad en los contenidos emitidos, siendo posible mezclar un número arbitrario de canales de vídeo, audio y datos en una sola señal (multiplexación).

### **d) Recepción e Interactividad**

El teletexto digital es un servicio mejorado y está basado en XHTML y CSS. Algunos países, como Finlandia, usan una plataforma multimedia doméstica DVB-MHP para el teletexto digital. Una alternativa es la plataforma digital terrestre MHEG-5 que utilizan en Reino Unido. Se supone que el teletexto digital ofrece servicios interactivos, pero para esto se necesita un canal de retorno, a través una conexión a Internet, ya sea vía módem o a través de una conexión de banda ancha (como por ejemplo, ADSL). Existe también el servicio de subtítulo para sordos.

La interactividad permite una interacción, a modo de diálogo, entre el ordenador y el usuario. La interactividad otorga la capacidad al espectador de intervenir en los programas o servicios que recibe en su receptor. Es una herramienta que sin duda revolucionará la forma en que la mayor parte de la población recibe contenidos audiovisuales. Su principal ventaja radica en la posibilidad de acceder a un amplio conjunto de servicios públicos o privados a través de televisor, otra ventaja radica en que es el propio usuario el que decide si quiere o no ver los mensajes de texto que los usuarios envían a los programas.

### 2.2.3 Tipos de la Televisión Digital Terrestre (TDT)

En función de la calidad de imagen y sonido que lleva consigo la TDT existen 3 tipos de TV digital:

**HDTV** (High Definition Television) - Televisión de Alta Definición: Bajo este formato son transmitidas imágenes con una resolución horizontal que es hasta 6 veces mayor que la que presenta la TV analógica convencional. La resolución vertical, definida por el número de líneas de barrido, duplica la cantidad líneas presentada por su par analógico. Por otro lado, el audio transmitido es multicanal con sonido envolvente (formato de 5.1canales) para dar mayor naturalidad a los sonidos que acompañan a las imágenes de alta definición.

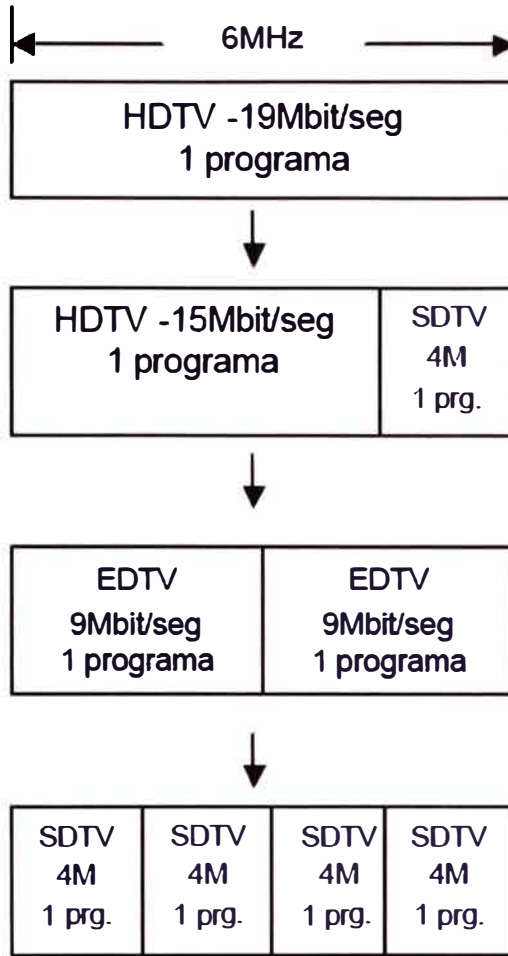
**SDTV** (Standard Definition Television) – Televisión Digital Convencional: Bajo este formato, las imágenes y el sonido son transmitidos con la misma definición que presenta la televisión analógica convencional. Sin embargo la transmisión es realizada en formato digital.

**EDTV** (Enhanced Definition Television) – Televisión Digital Mejorada: Bajo este esquema, las imágenes y el sonido presentan un nivel de calidad intermedio entre HDTV y SDTV.

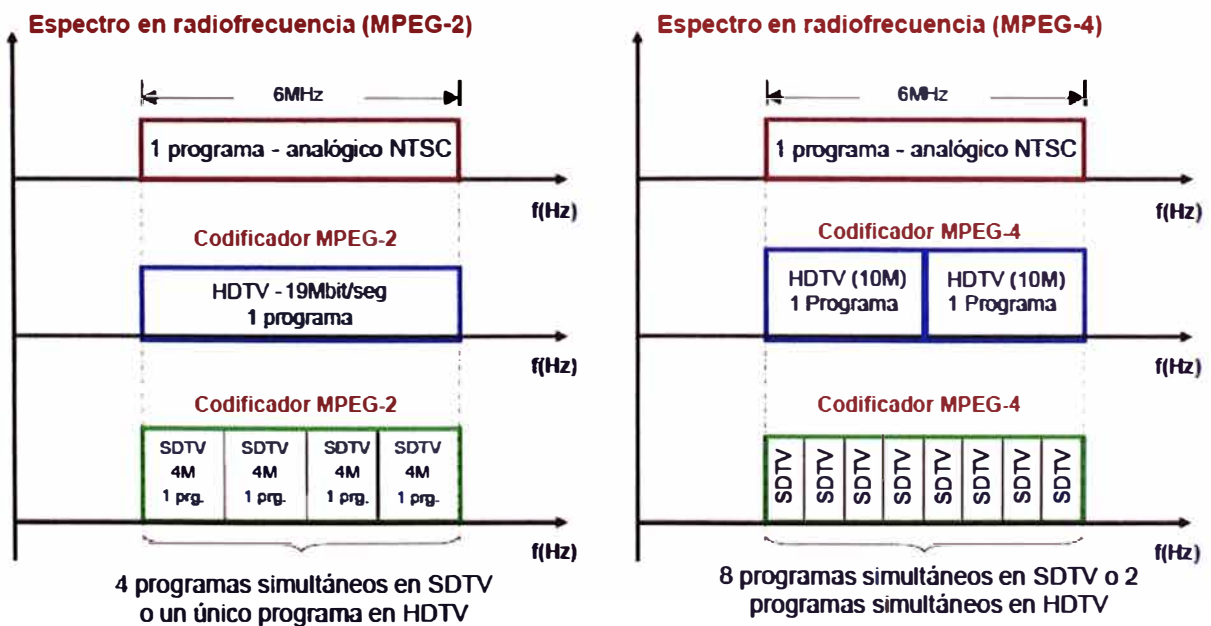
Para la transmisión de estos formatos en canales convencionales de 6MHZ, se han establecido diferentes formas de distribución, siendo que como referencia un único programa de HDTV con resolución máxima (19Mbit/seg), ocupa todo el ancho de banda establecido. Asimismo, en la misma banda pueden ser transmitidos varios programas en SDTV y EDTV. En la figura 2.2 se ilustra las distribuciones dentro del ancho de banda del canal.

Asimismo, dependiendo de la codificación fuente de video, se puede obtener mayor provecho de la banda del canal de radiofrecuencia. La figura 2.3 ilustra este caso.





**Fig. 2.2** Diferentes esquemas de distribución de los tipos de TV digital en la banda de 6MHz



**Fig. 2.3** Muestra de cómo se puede obtener mayor provecho del canal de televisión

### 2.2.4 Normativa Básica: La Recomendación 601 (CCIR)

La recomendación 601 del CCIR (antiguo nombre del comité de normalización de las radiocomunicaciones en la UIT ahora conocido como UIT-R), es la primera norma sobre la televisión digital, encargándose del muestreo de la señal.

Dicha norma, ha ido evolucionando desde que fue creada, en los años 80, lo que hace interesante o imprescindible especificar la familia de parámetros a los cuales hace referencia. Empezando por la relación de aspecto (4:3 ó 16:9) hasta el sub-muestreo de las componentes de color que se aplica (4:4:4 ó 4:2:2).

La norma recomienda que sea usada como base para los estándares de codificación digital (conversión de un sistema de datos a otro distinto), por los estudios de televisión en países que utilicen un sistema de 525 líneas y 625 líneas.

La norma especifica métodos para la codificación digital de señales de vídeo. Incluye una relación de la frecuencia de muestreo ( $F_m$ ) de 13,5 MHz para la componente de luminancia Y, con una relación de aspecto 4:3 y 16:9.

Para las componentes de crominancia se emplean una frecuencia de muestreo de 6,75 MHz. La profundidad del muestreo PCM es de 8 bits, opcionalmente de 10 bits para los centros de producción y el flujo de la señal digitalizada se obtiene a partir de:

$$\text{Flujo} = (13,5 + 2 \times 6,75) \times 10 = 270 \text{ Mbps}$$

#### Definición de las señales digitales Y, Cr, Cb a partir de las analógicas Er', Eg' y Eb'

El espacio de color que generan las componentes Y, Cb y Cr es muy similar en los sistemas PAL y NTSC, con la diferencia de que los coeficientes que ponderan las señales, hacen que las componentes tengan la misma amplitud pico a pico.

Veamos ahora los pasos necesarios para obtener las componentes Y, Cb y Cr.

#### Construcción de las señales de luminancia Ey' y de diferencia de color (Er' - Ey') y (Eb' - Ey')

$$E_y' = 0,299 \cdot E_r' + 0,587 \cdot E_g' + 0,114 \cdot E_b'$$

$$(E_r' - E_y') = E_r' - 0,299 \cdot E_r' - 0,587 \cdot E_g' - 0,114 \cdot E_b' = 0,701 \cdot E_r' - 0,587 \cdot E_g' - 0,114 \cdot E_b'$$

$$(E_b' - E_y') = E_b' - 0,299 \cdot E_r' - 0,587 \cdot E_g' - 0,114 \cdot E_b' = -0,299 \cdot E_r' - 0,587 \cdot E_g' + 0,866 \cdot E_b'$$

Podemos representar los valores normalizados a la unidad según la tabla (2.1).

#### Conversión A/D (Analógica/Digital)

Para realizar la conversión A/D, se ha de tomar una frecuencia de muestreo que nos permita compatibilizar el intercambio de contenidos entre los sistemas Europeo (PAL, 625 líneas activas) y (NTSC, 525 líneas activas). Se ha tomado una frecuencia de muestreo ( $F_m$  (Y)) que es múltiplo entero (144 y 143) de la frecuencia de línea de ambos

estándares (15.625Hz y 15.734,26573HZ) que resulta de 2,25MHz. Además, para que cumpla el criterio de Nyquist, se ha tomado seis veces dicha frecuencia para la componente de luminancia ( $F_m(Y) = 13,5\text{MHz}$ ) y de tres veces para las de crominancia ( $F_m(Cr, Cb) = 6,75\text{MHz}$ ).

**Tabla 2.1** Valores normalizados (señales de luminancia y diferencia de color.

Condición	$E_r'$	$E_g'$	$E_b'$	$E_y'$	$E_r'-E_y'$	$E_b'-E_y'$
Blanco	1	1	1	1	0	0
Negro	0	0	0	0	0	0
Rojo	1	0	0	0,299	0,701	-0,299
Azul	0	0	1	0,114	-0,114	0,886
Amarillo	1	1	0	0,886	0,114	-0,886
Cian	0	1	1	0,701	-0,701	0,299
Magenta	1	0	1	0,413	0,587	-0,587

### Cuantificación

En el caso de cuantificación uniforme binaria de 8 bits,  $2^8$  niveles (igual a 256), para niveles iguales de cuantificación, obtenemos un rango de 0 al 255 en notación decimal.

En el caso de sistemas 4:2:2, el nivel 0 y el 255 están reservados para datos de sincronismo, mientras que los niveles 1 al 254 están disponibles para video.

Dado que la señal de luminancia ocupa únicamente 220 niveles, para proveer de márgenes de trabajo, el nivel negro es el nivel 16, y en nivel pico del blanco es de 235.

De forma similar, dado que la señal diferencia de color ocupa 225 niveles y que el nivel 0 se convierte en el nivel 128, el valor decimal de la señal diferencia de color excursiona desde -112 hasta 112.

Debido a la necesidad de crear márgenes de seguridad para las señales Y, Cb, Cr, y que estas tienen un rango de valores de 220, 225, 225 respectivamente, se concluye que el número de colores representados en el espacio de color Y, Cb y Cr es menor que el de R, G, B.

Nº Colores RGB (8 bits/m) =  $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$  colores

Nº Colores YCbCr (8 bits/m) =  $220 \times 225 \times 225 = 11.137.500$  colores

Además, hay que tener en cuenta que no todos los 11 millones de valores son válidos, ya que se pueden obtener valores negativos de R, G, B. A este efecto se le denomina error de Gamut en RGB.

### Construcción de Y, Cr, Cb cuantificando $E_r'$ , $E_g'$ , $E_b'$

En el caso donde las componentes son directamente derivadas de las componentes de señal gamma pre-correctas  $E_r'$ ,  $E_g'$ ,  $E_b'$ , o directamente generadas de forma digital, entonces la cuantificación y codificación debe ser equivalente a:

$Erd'$ (en forma digital) =  $\text{int}(219 \cdot Er') + 16$

$Egd'$ (en forma digital) =  $\text{int}(219 \cdot Eg') + 16$

$Ebd'$ (en forma digital) =  $\text{int}(219 \cdot Eb') + 16$

### Limitando las señales Y, Cr y Cb

La codificación digital en forma de señales Y, Cr y Cb, pueden representar una gama de valores de señales mayor de las que pueden ser soportadas por los correspondientes rangos de señales R, G y B. De esta forma, cuando la señal es convertida a R, G, B, puede resultar con valores fuera del rango de definición. Entonces resulta conveniente limitar los valores de Y, Cr, Cb para evitar dicho problema.

## 2.3 Capas en la Transmisión de TV Digital Terrestre

### 2.3.1 Capa de Compresión

Dado que una señal analógica de televisión estándar, de 525 o 625 líneas al convertirse en digital, produce un caudal binario de algo más de 200 Mbit/s que, para poder transmitirse por radioenlaces digitales, debe reducirse a velocidades prácticas. Por consecuencia, es necesario comprimir la señal de alguna otra forma para que quepa en los 6 MHz del canal terrestre. Las técnicas empleadas reciben el nombre de *compresión* y consisten en eliminar la redundancia de los datos correspondientes a las muestras digitales de la imagen y el sonido con procedimientos establecidos.

La compresión de datos consiste en la reducción del volumen de información tratable (procesar, transmitir o grabar). En principio, con la compresión se pretende transportar la misma información, pero empleando la menor cantidad de espacio.

La compresión de datos se basa fundamentalmente en buscar repeticiones en series de datos para después almacenar solo el dato junto al número de veces que se repite.

En realidad, el proceso es mucho más complejo, ya que raramente se consigue encontrar patrones de repetición tan exactos (salvo en algunas imágenes). Se utilizan algoritmos de compresión:

- Una forma es buscar series largas que luego se codifican en formas más breves.
- Por otro lado, algunos algoritmos, como el algoritmo de Huffman, examinan los caracteres más repetidos para luego codificar de forma más corta los que más se repiten.
- Otros, como el LZW, construyen un diccionario con los patrones encontrados, a los cuales se hace referencia de manera posterior.

- También, existe una forma de comprimir que es codificando los bytes por pares (los pares de bytes más comunes en los datos son remplazados con un byte que no esté presente en los datos originales).

En la compresión hay que tener presentes dos conceptos:

1. **Redundancia:** Datos que son repetitivos o previsibles
2. **Entropía:** La información nueva o esencial que se define como la diferencia entre la cantidad total de datos de un mensaje y su redundancia. Es la mínima información necesaria que hay que trasladar al receptor, para que este lo interprete en su totalidad.

La información que transmiten los datos puede ser de tres tipos:

- a) **Redundante:** información repetitiva o predecible.
- b) **Irrelevante:** información que no podemos apreciar y cuya eliminación por tanto no afecta al contenido del mensaje. Por ejemplo, si las frecuencias que es capaz de captar el oído humano están entre 16/20 Hz y 16.000/20.000 Hz s, serían irrelevantes aquellas frecuencias que estuvieran por debajo o por encima de estos valores.
- c) **Básica:** la relevante. La que no es ni redundante ni irrelevante. La que debe ser transmitida para que se pueda reconstruir la señal.

Teniendo en cuenta estos tres tipos de información, se establecen tres tipologías de compresión de la información:

- 1) **Sin pérdidas reales:** es decir, transmitiendo toda la entropía del mensaje (toda la información básica e irrelevante, pero eliminando la redundante).
- 2) **Subjetivamente sin pérdidas:** es decir, además de eliminar la información redundante se elimina también la irrelevante.
- 3) **Subjetivamente con pérdidas:** se elimina cierta cantidad de información básica, por lo que el mensaje se reconstruirá con errores perceptibles pero tolerables (por ejemplo: la videoconferencia).

## A. Conceptos

### Pixeles

El pixel (*picture elements*) es la unidad elemental homogénea en color en la que puede descomponerse una imagen digital. La información que es registrada o almacenada por cada pixel presenta diferentes formatos. El formato está definido en función del modelo de color a utilizar.

En la etapa de captación de la imagen, los fotosensores de la cámara generan tres señales analógicas, cuyos niveles de tensión son proporcionales a los niveles de luz roja

(R), luz verde (G) y luz azul (B). Para ello, la luz que es capturada por la cámara es descompuesta en estas 3 componentes primarias haciendo uso de filtros ópticos.

Los niveles de tensión emitidos son digitalizados con 256 niveles de cuantización, lo cual implica una resolución de 8 a 10 bits por muestra adquirida (TV Digital y HDTV).

Un pixel es conformado por una muestra de "R" una muestra de "G" y una muestra de "B" (24 bits por pixel – para 8bits por muestra).

El color en un pixel es conformado por la combinación de las intensidades luminosas de los 3 componentes primarios.

El uso de la resolución mínima de 8 bits fue establecido en función de la limitación del ojo humano para identificar o distinguir diferentes tonalidades de cada componente primario (256 como máximo). Con esta resolución se puede llegar a reproducir un número máximo de 16777216 colores (256 al cubo) en la imagen, lo cual se conoce comúnmente como formato de color verdadero (*true color*).

Para la transmisión o almacenamiento de la señal de vídeo, las componentes primarias son convertidas a otros formatos de color (también de 3 variables) que permiten una representación digital más eficiente de la señal. Sin embargo, para la reproducción de la imagen en el destino tiene que retornarse nuevamente al formato RGB.

### **Resolución espacial**

La resolución espacial se refiere a la finura de detalles visibles en una imagen.

La resolución espacial se define como la cantidad de pixeles que conforma un cuadro (imagen estática) de la secuencia de vídeo.

Esto se representa a través de una matriz de elementos de "N" columnas por "M" filas.

En televisión se manejan dos conceptos: pixeles activos de imagen y pixeles de apagado. Estos últimos no generan imagen pero se contabilizan, ya que el intervalo de apagado de un cuadro o línea es medido en función del número de pixeles que podrían encenderse en ese período de tiempo.

De acuerdo ello se definen las siguientes expresiones:

$$N_t = N + N_a \quad (2.1)$$

$$M_t = M + M_a \quad (2.2)$$

Donde "N<sub>t</sub>" constituye el número total de pixeles en la horizontal, "N" el número de pixeles activos de la imagen (en la horizontal) y N<sub>a</sub> el numero de pixeles de apagado horizontal.

Así mismo "M<sub>t</sub>" constituye el numero de pixeles totales en la vertical, "M" el numero de pixeles activos de la imagen (en la vertical) y "M<sub>a</sub>" el numero de pixeles de apagado vertical.

### **Formatos de barrido**

El formato de barrido es utilizado para convertir un arreglo de información bidimensional en unidimensional (cámara) y de unidimensional en bidimensional (receptor de televisión).

El término "barrido" se refiere a que el encendido o recorrido de las imágenes es hecho por líneas o filas, tomando un único elemento de imagen por vez.

Las velocidades de barrido y frecuencia de cuadro son medidas en Hz, y fueron calibradas llevando en cuenta el tiempo de retención de la retina humana. Con ello se obtiene un movimiento continuo de la escena a través de cuadros reproducidos a alta velocidad.

Sin embargo en los primeros años de la televisión se verificó un problema de centelleo en las imágenes reproducidas, ocasionadas todavía por la baja frecuencia de cuadro (películas muy antiguas). La solución inmediata era elevar este valor de frecuencia pero esto implicaba aumentar el ancho de banda de la señal de TV.

Para resolver el impase se optó por el barrido entrelazado en lugar del barrido progresivo (reproducción directa cuadro a cuadro).

El barrido entrelazado permite reproducir un cuadro en dos campos con frecuencia de campo igual al doble de la frecuencia de cuadro. Con ello, el primer campo lleva consigo las líneas impares y el segundo campo las líneas pares del cuadro correspondiente.

Esto permitió reducir el problema de centelleo y mantener el ancho de banda de la señal de TV.

En televisión analógica la resolución de la imagen en la vertical es definida por el número de líneas de barrido por cuadro, mientras que la resolución horizontal es proporcional al ancho de banda de la señal de TV.

Para el caso de TV digital la resolución horizontal y vertical son definidas por el número de píxeles activos de la imagen.

### **Relación de Aspecto**

La relación de aspecto (RA) se define como el cociente de la medida horizontal "Lx" de la pantalla (o del sensor de imagen en la cámara) entre la medida vertical "Ly".

Para la televisión convencional, la relación de aspecto es de 4:3, sin embargo, para la televisión digital (HDTV) se ha estandarizado el valor de 16:9. Esto genera una imagen más rectangular similar a la del cine. Con ello, se asegura que una misma escena presentada en cine y en HDTV, presenten la misma concentración de detalles sin pérdida de información ni distorsión de la imagen. Asimismo, perceptualmente el ser humano recibe mayor información visual a nivel horizontal que a nivel vertical.

Por otro lado, si se verifica en TV digital, que el cociente del número de píxeles activos en la horizontal (N) entre el número de píxeles activos en la vertical (M) es igual a la relación de aspecto de la imagen, entonces se dice que ésta presenta formato de píxel cuadrado.

### **Componentes de Vídeo**

Las 3 señales que llevan la intensidad de las componentes primarias de color de cada píxel, son especificadas en la mayoría de los estándares por la nomenclatura  $E_R$ ,  $E_G$  y  $E_B$ . Sin embargo, con el fin de compensar las no linealidades de los transductores de imagen (voltaje vs. intensidad luminosa) las 3 señales son sometidas a la llamada corrección gamma. Con ello se obtiene  $E'_R$ ,  $E'_G$  y  $E'_B$ .

Para que un receptor de TV pueda conformar la imagen en el destino, necesitaría recibir en principio estas 3 señales. Sin embargo, para efectos de incrementar la eficiencia espectral de la señal de televisión, se utilizan otros modelos de color con tres variables cuya nomenclatura depende del estándar a utilizar.

En todos los casos, la transformación genera siempre una señal llamada de luminancia (identificada por la letra "Y" en todos los estándares) y dos señales de crominancia, que para el caso de TV analógica NTSC son I y Q. Para el caso del Sistema PAL son U y V.

La señal de luminancia (Y) es acromática (es decir no lleva información de color) y solo lleva consigo las variaciones de brillo e intensidad de los píxeles.

Las señales de crominancia llevan consigo la información de color de la imagen. Estas señales son reducidas en ancho de banda y son muestreadas a la mitad de la frecuencia de muestreo de la señal de luminancia. Esto se debe a que el ojo humano no es muy sensible a las variaciones rápidas de color en la imagen (pero sí lo es al brillo).

Esta reducción de la información a transmitir, es el primer paso para incrementar la eficiencia en el uso del ancho de banda de la señal de TV digital.

Tanto la corrección gamma como la ecuación lineal de conversión de RGB al formato YIQ o YUV, es establecido por el estándar correspondiente.

### **Formatos de Muestreo**

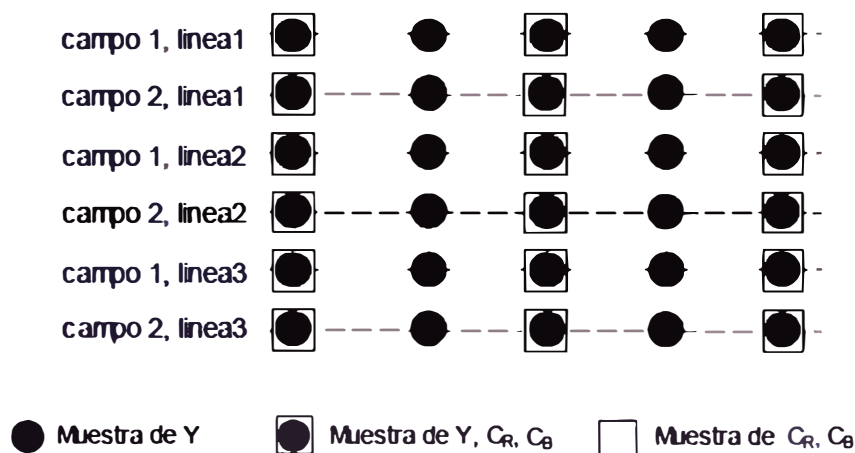
El formato de muestreo se refiere a la forma como son distribuidas las muestras de luminancia y crominancia en la imagen. Las Figuras 2.4 y 2.5 presentan los dos formatos de muestreo más utilizados: el 4:2:2 y el 4:2:0.

La reducción (a la mitad) de la frecuencia de muestreo de crominancia con respecto a la de luminancia, implica (a nivel espacial) en un submuestreo en factor de 2 en la horizontal.

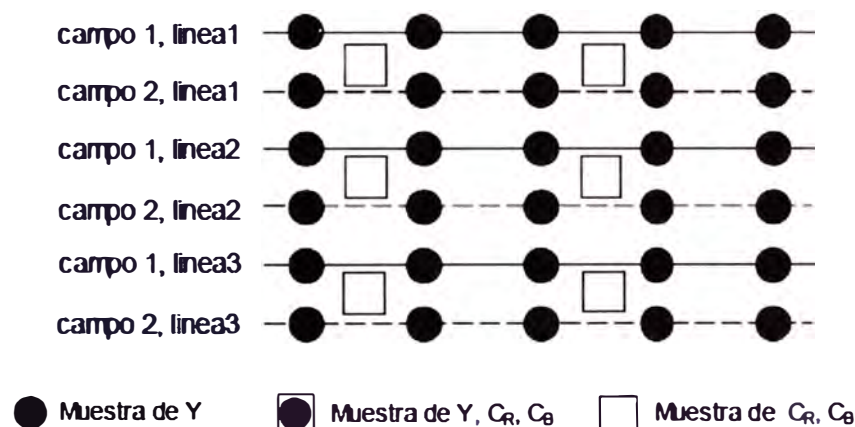
En el formato 4:2:0 se utiliza además el submuestreo en la vertical, aprovechando que el ojo humano presenta poca sensibilidad a las variaciones de color tanto en la horizontal



como en la vertical. Este formato permite reducir aún más la información a transmitir sin perjudicar seriamente la calidad de color de la imagen.



*Fig. 2.4 Formato de muestreo 4:2:2*



*Fig. 2.5 Formato de muestreo 4:2:0*

## B. Compresión de Video

El codificador más difundido para esta etapa es el MPEG-2 video, cuyos fundamentos están establecidos en los documentos ITU-T H.262 e ISO/IEC 13818-2, los cuales son equivalentes por haberse desarrollado en forma conjunta. El MPEG-2 video es un estándar de codificación y compresión de video digital.

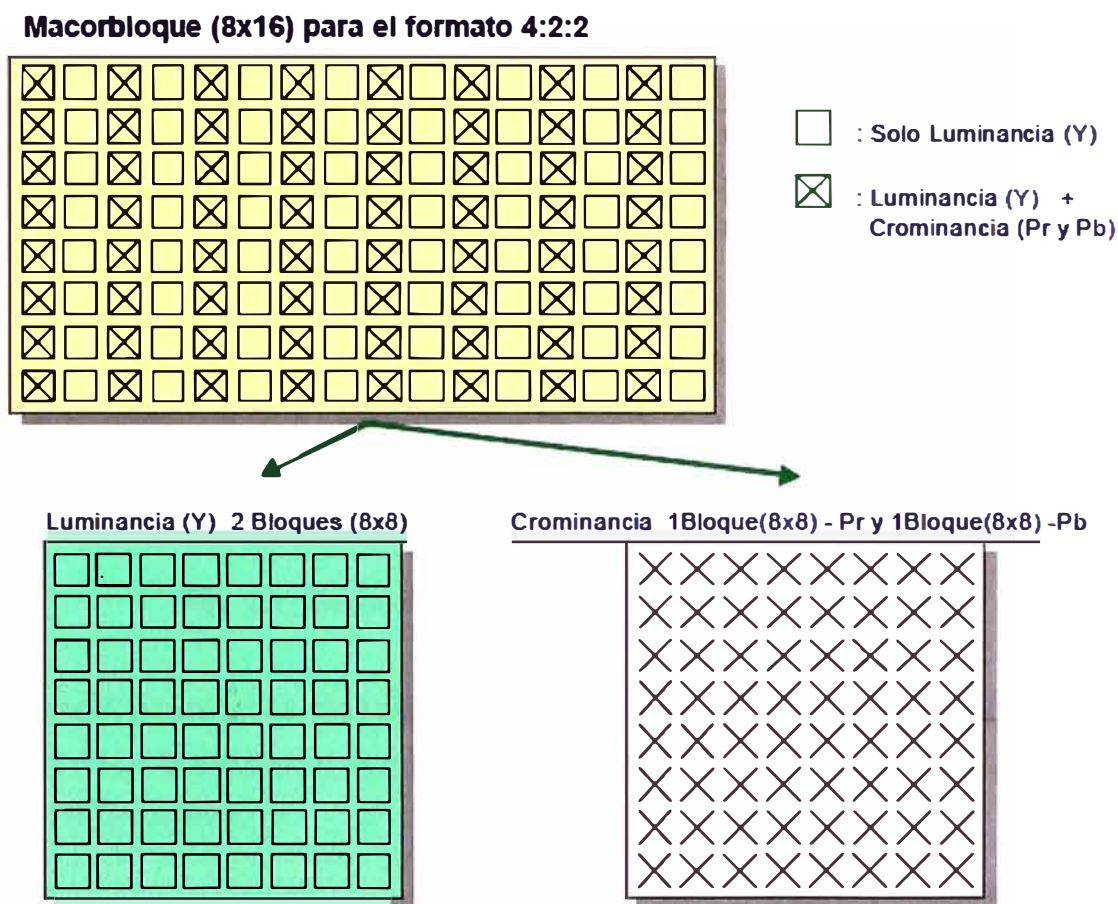
El MPEG-2 de video es similar a su antecesor MPEG-1 y es completamente compatible. Para efectos de codificar una imagen para compresión, los píxeles son agrupados inicialmente en sectores denominados macrobloques y bloques.

Cada macrobloque es dividido en bloques. El número de muestras de cada uno depende del formato de muestreo al cual fue sometida la imagen. En todos los casos el número de

pixeles con que cuenta cada bloque o macrobloque está dado por el número de muestras de luminancia, ya que la crominancia es sometida a procesos de submuestreo.

- Para el formato **4:2:2**, se tiene Macrobloque **8x16**: 2 bloques (**8x8**) de Luminancia (Y), 1 bloque (**8x8**) de una crominancia y 1 bloque (**8x8**) de otra.
- Para el formato **4:2:0**, se tiene Macrobloque **16x16**: 4 bloques (**8x8**) de Luminancia (Y), 1 bloque (**8x8**) de una crominancia y 1 bloque (**8x8**) de otra.

Las figuras 2.6 y 2.7 ilustran esta distribución.



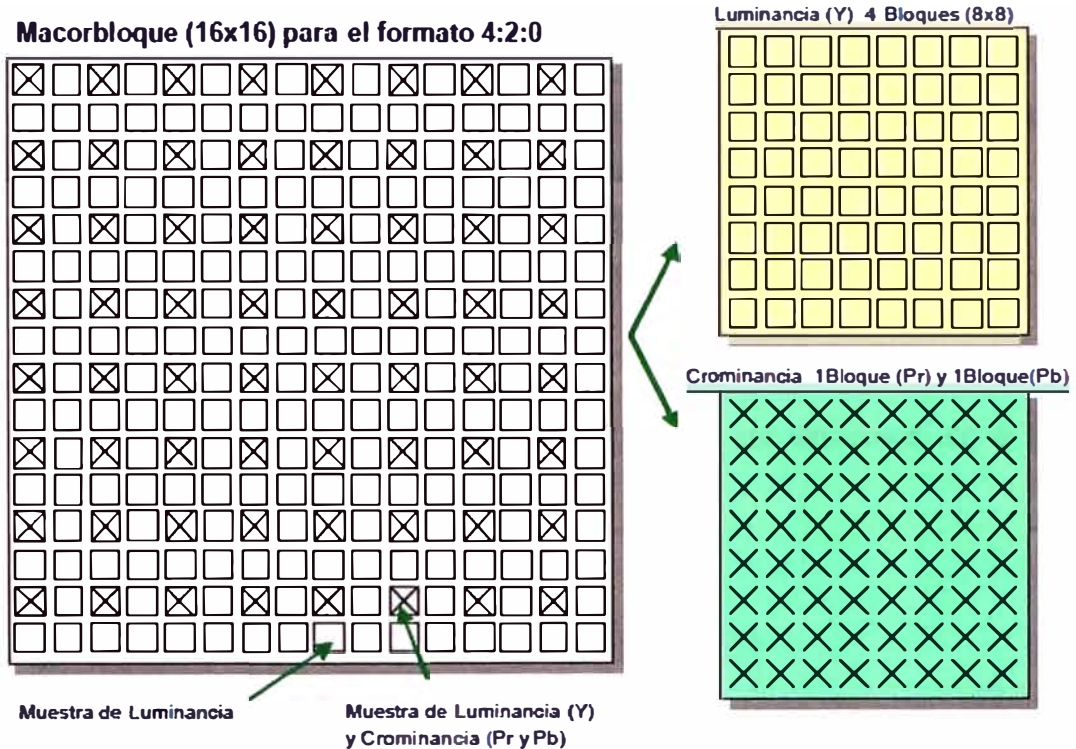
**Fig. 2.6** Bloques y macrobloques para el formato 4:2:2

Para la codificación de cada cuadro se utilizan dos esquemas de codificación: codificación intra-cuadro y codificación inter-cuadro.

#### La codificación intra-cuadro:

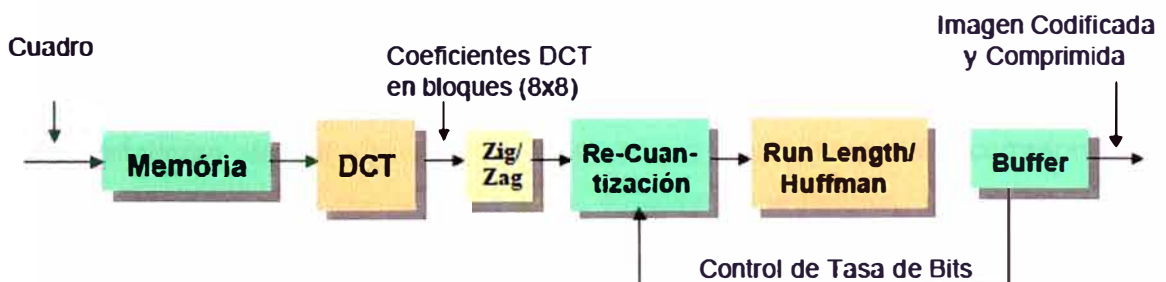
Consiste en comprimir y codificar una imagen en función de sus propias características espaciales. Por tal motivo, imágenes codificadas bajo este esquema son tomadas como referencias en una secuencia de vídeo. En este tipo de codificación no es explotada la redundancia temporal del vídeo, por lo que el factor de compresión es menor al obtenido mediante la codificación inter-cuadro. El esquema intra-cuadro explota únicamente la

redundancia espacial y estadística de la imagen. Cuadros o imágenes codificados bajo este esquema son denominados como “cuadros I”. La Fig. 2.8 presenta el diagrama de bloques de un codificador intra-cuadro.



**Fig. 2.7** Bloques y macrobloques para el formato 4:2:0

La imagen a procesar se considera digitalizada con muestreo lineal y codificación de 8 bits y no procede del tiempo real ya que está contenida temporalmente en una memoria del tipo FIFO o similar.



**Fig. 2.8** Codificador Intra-Cuadro

Cada cuadro que ingresa al codificador es dividido en 3 matrices: matriz “Y”, matriz “Cr” y matriz “Cb” (luminancia y crominancia).

La matriz "Y" alberga las componentes de luminancia de cada pixel y es del mismo tamaño del cuadro original. Las matrices "Cr" y "Cb" albergan respectivamente las componentes de crominancia de cada pixel perteneciente al cuadro original.

Estas matrices presentan la mitad de columnas de la matriz "Y" para el formato 4:2:2 y la mitad de filas y columnas para el formato de muestreo 4:2:0. El codificador intra-cuadro codifica cada matriz por separado.

Cada matriz de entrada al codificador es inicialmente transformada al dominio de la frecuencia utilizando la Transformada del Coseno (DCT).

Este proceso es aplicado consecutivamente a los bloques de 8x8 pixeles que conforman la imagen. El resultado obtenido por bloque es también una matriz de valores conformada por 64 coeficientes

DCT.

La DCT aplicado a un bloque de imagen "I<sub>B</sub>(x,y)", puede ser expresado de la siguiente forma:

$$C_B(u, v) = \alpha(v)\alpha(u) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 I_B(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right) \quad (2.3)$$

para  $u, v = 0, 1, \dots, 7$

La Fig. 2.9 presenta a manera de ejemplo la codificación de un bloque de coeficientes.

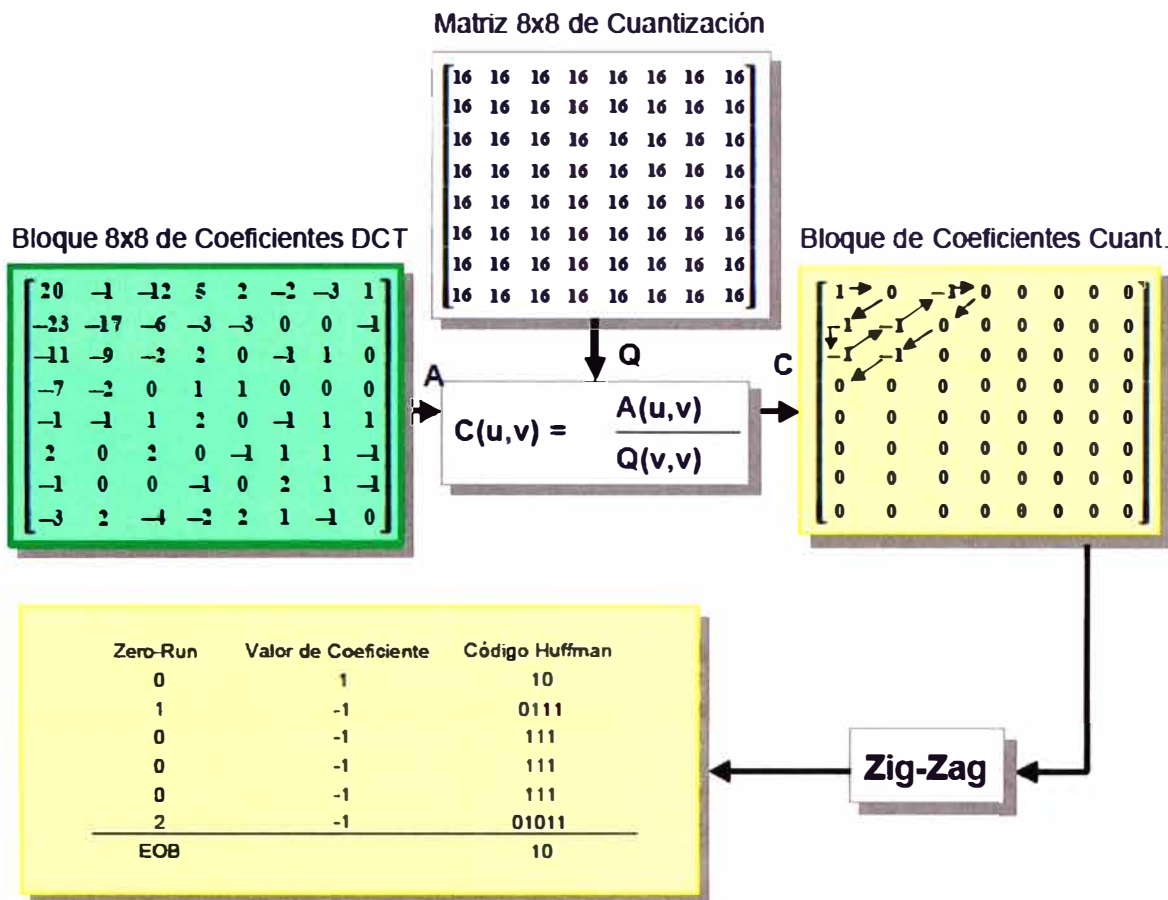
Nótese que el barrido zig-zag culmina cuando los coeficientes restantes de la matriz son de valor cero. En ese caso el codificador envía el código de fin de bloque (EOB) evitando codificar y transmitir un gran número de coeficientes igual a cero.

Para que el ojo humano pueda percibir una sensación de cambio, el elemento iluminante debe incrementar (o decrementar) su valor en una cierta magnitud.

Valores inferiores no causan efecto visual, por lo que sus pixeles correspondientes pueden igualarse a cero con relación a los adyacentes anteriores, considerándolos por tanto redundantes. La cuantificación del umbral (incremento mínimo de cambio para que sea tomado en cuenta) a aplicar, determina el factor de compresión del sistema. Este parámetro se denomina redundancia psicovisual.

La supresión de la redundancia corresponde a la codificación denominada VLC (variable length code) y está basada en la probabilidad de aparición que tienen los elementos del segmento de imagen en tratamiento de tal modo que el sistema asigna pocos bits a los elementos cuya aparición es frecuente y mayor longitud a los de poca presencia. El

resultado es un flujo de datos considerablemente inferior al original flujo de datos de entrada. La codificación VLC recurre al algoritmo de Huffman.



**Fig. 2.9** Un ejemplo de codificación de coeficientes DCT

El control de tasa de bits persigue mantener lo más constante posible (a través del buffer) la velocidad de flujo de datos de salida, lo que constituye una condición para que el receptor pueda identificar los contenidos, separarlos y demodularlos para su presentación en pantalla.

#### **La codificación inter-cuadro:**

Consiste en comprimir y codificar una imagen en función de sus características espaciales y con referencia a cuadros o imágenes anteriores y futuros. Este tipo de codificación explota a través de la técnica DPCM (*Differential Pulse Code Modulation*) la redundancia temporal contenida en una secuencia de imágenes de vídeo. Para ello se cuenta con técnicas de predicción de cuadros que permiten predecir en forma satisfactoria el próximo cuadro a ser codificado en la secuencia. De esa forma el sistema transmite únicamente los pixeles diferencia (error entre un cuadro y su predicción) codificados en el dominio de la DCT. Cuadros codificados a través de esta técnica son

llamados de “cuadros **P**” y “cuadros **B**”. La predicción para ambos tipos de cuadros se basa en el hecho de que la correlación entre cuadros pasados y futuros es determinada por el movimiento de sus respectivos macrobloques. Es decir, moviendo macrobloques de un cuadro previo se puede predecir un cuadro futuro (estimación y compensación de movimiento). La dirección y el número de píxeles de desplazamiento son especificados por los Vectores de Movimiento que son transmitidos en la trama de salida del codificador. Con ello el decodificador reconstruiría cuadros de referencia idénticos a los utilizados por el codificador.

Un cuadro “**P**” es codificado tomando como referencia los anteriores cuadros “**P**” o “**I**” (predicción para adelante). Cada macrobloque contenido en un cuadro “**P**” puede ser codificado mediante predicción para adelante o codificación intra-cuadro.

Por otro lado el uso de cuadros “**B**” (alta compresión) permite explotar la alta correlación temporal entre cuadros futuros y cuadros previos. El concepto de cuadro futuro en la codificación “**B**” se debe a que la codificación de una secuencia de cuadros provenientes del digitalizador de imágenes no es hecha en forma consecutiva, ya que se llega a un punto donde se salta un cierto grupo de cuadros para realizar la codificación de un cuadro que está más adelante. Este cuadro constituye el cuadro futuro. Todas las imágenes que fueron saltadas son codificadas como cuadros “**B**” tomando como referencia un cuadro “**P**” o un cuadro “**I**” pasado o futuro.

En el decodificador, los cuadros “**I**” son decodificados sin ninguna referencia pasada o futura. Para la decodificación de los cuadros “**P**” se necesita una referencia disponible en el decodificador, que puede ser un cuadro “**I**” o un cuadro “**P**”. Para el caso de la decodificación de cuadros “**B**” es necesario tener disponible un cuadro pasado y un cuadro futuro como referencias, por lo que su decodificación no es inmediata.

La Fig. 2.10 muestra la jerarquía de codificación digital del vídeo MPEG-2, así como una secuencia de vídeo conformada por cuadros “**I**”, “**P**” y “**B**”.

Las Figs. 2.11 y 2.12 muestran el diagrama de bloques del codificador y del decodificador MPEG-2. Se puede apreciar que se involucran en el proceso las técnicas intra-cuadro e inter-cuadro.

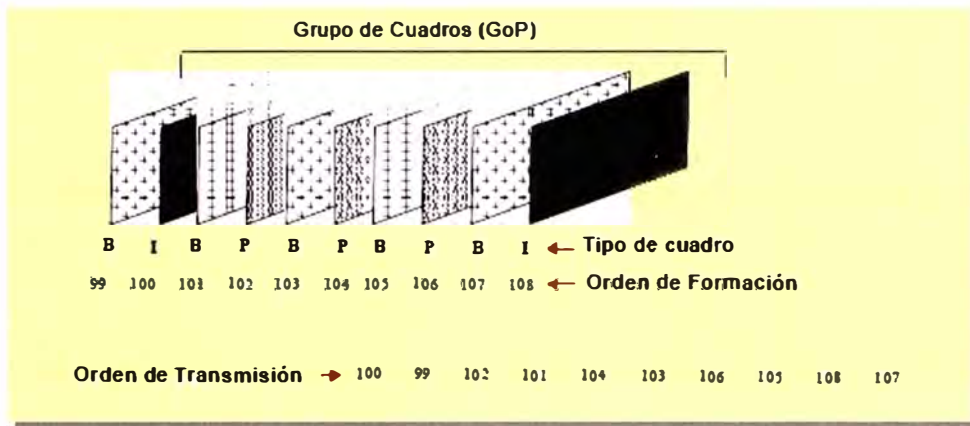
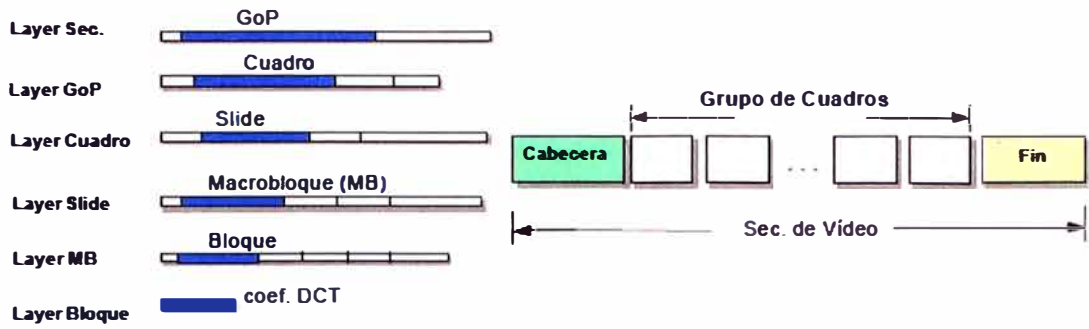


Fig. 2.10 Jerarquía de codificación MPEG-2

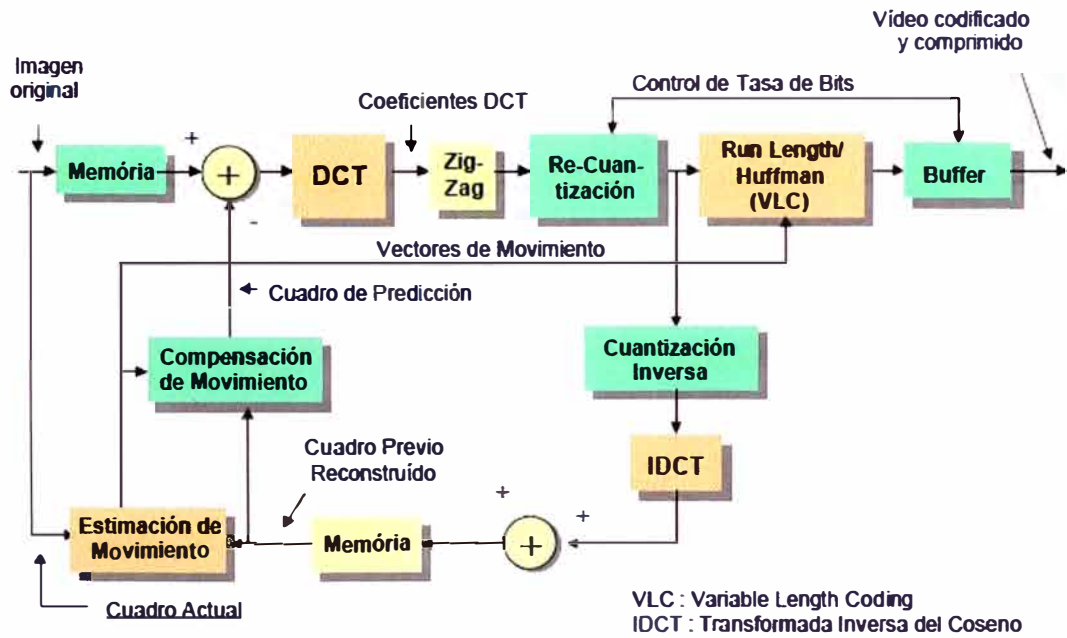
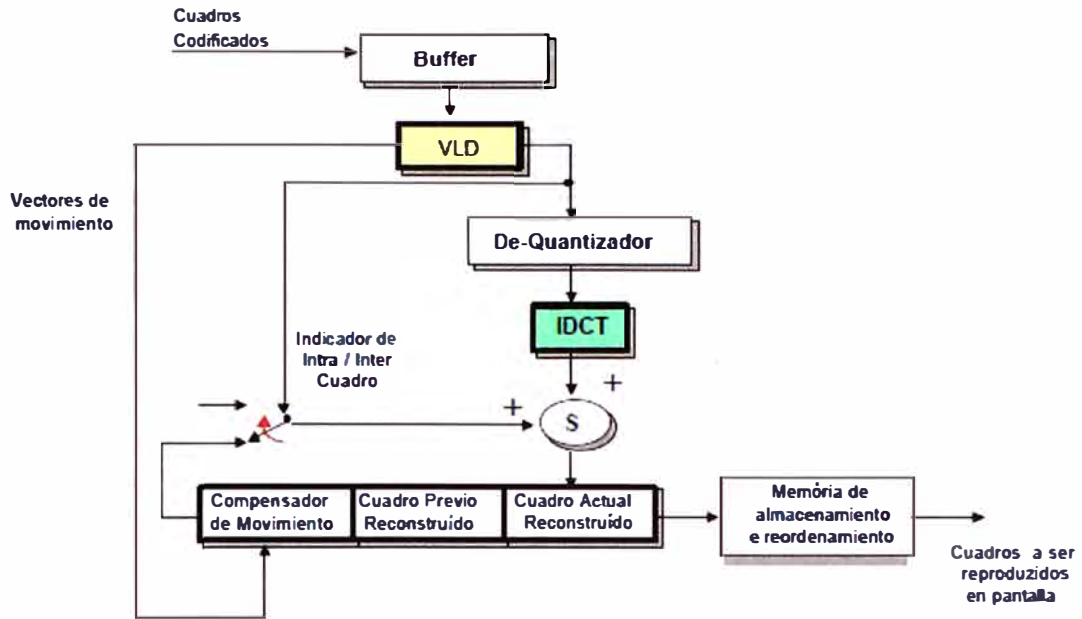


Fig. 2.11 Codificador MPEG-2

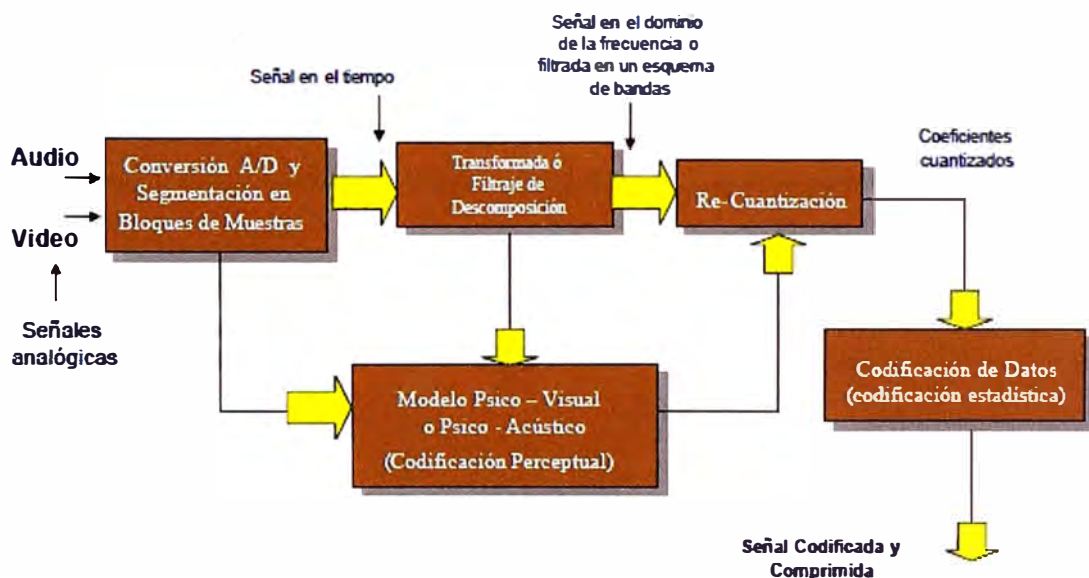


*Fig. 2.12 Decodificador MPEG-2*

### C. Compresión de Audio

La compresión de audio es una forma de compresión de datos, que consiste en la reducción del volumen de información a transmitir.

La Fig. 2.13 muestra el diagrama de bloques general de un codificador de audio basado en la codificación por transformada y/o sub-banda.



*Fig. 2.13 Esquema general de un codificador de audio*

El objetivo principal del codificador es la extracción de la información redundante e irrelevante contenida en la señal digital original. Esta extracción es realizada a partir de



un modelo psico-acústico del oído humano (plasmado en un algoritmo computacional), el cual extrae aquella información redundante que no es percibida por el sistema de audición.

Los niveles de compresión alcanzados por codificadores de audio multicanales se encuentran en el orden de 13:1.

Los codificadores de audio considerados por los diferentes estándares para TV Digital son el DOLBY AC-3 (ATSC – U.S.A), MPEG-2 – Audio (DVB-Europa) y el MPEG-2 AAC (ISDB-Japón).

Una característica común de todos estos sistemas de compresión es la segmentación de la señal en bloques y la codificación de la misma en el dominio de la frecuencia, utilizando para ello la transformada modificada del coseno MDCT (*Modified Discrete Cosine Transform*).

Cada codificador establece sin embargo diferentes formas de implementación y utilización de la transformada, así como distintos esquemas de codificación de los coeficientes resultantes.

El proceso involucra en primer lugar el agrupamiento de los coeficientes MDCT según el modelo de bandas críticas del sistema de audición humano. Esto permite descorrelacionar perceptualmente la información y permitir una codificación adaptiva más eficiente de cada sub-banda.

Tres tipos de redundancia son explotadas en el proceso de compresión.

En primer lugar se tiene la redundancia perceptual. Este tipo de redundancia es explotada mediante la utilización de un modelo psicoacústico y un algoritmo de asignación de bits, los cuales establecen la resolución de los cuantizadores a ser utilizados en la codificación de cada sub-banda (compresión con pérdidas).

En segundo lugar se tiene la redundancia temporal. Este tipo de redundancia es explotada a partir de la estacionaridad que presenta cierta información en bloques de audio adyacentes.

Esto permite codificar las diferencias en lugar de los valores originales, obteniendo así una ganancia adicional de compresión.

Finalmente se tiene la redundancia de codificación, la cual es explotada mediante la utilización de codificadores de entropía que asignan códigos de tamaño variable para la representación de la información. Esto permite obtener una ganancia de compresión de hasta un factor de 2 en el caso de audio (compresión sin pérdidas). La generación de los códigos es realizada a través de diferentes métodos, siendo los más utilizados los codificadores de Huffman, los codificadores aritméticos y los codificadores por longitud de series (Run-length).

### 2.3.2 Capa de Transporte (MPEG-2)

Basada en el estándar ISO/IEC 13818-1, que trata del transporte de las señales codificadas y multiplexadas hasta el decodificador a través de una diversidad de medios físicos y a la forma en que el decodificador puede identificar la información transportada por el flujo o caudal binario.

El sistema de transporte y multiplexado se encarga del empaquetamiento de la información a transmitir y del multiplexado de paquetes para la conformación de los programas o secuencia de programas de televisión.

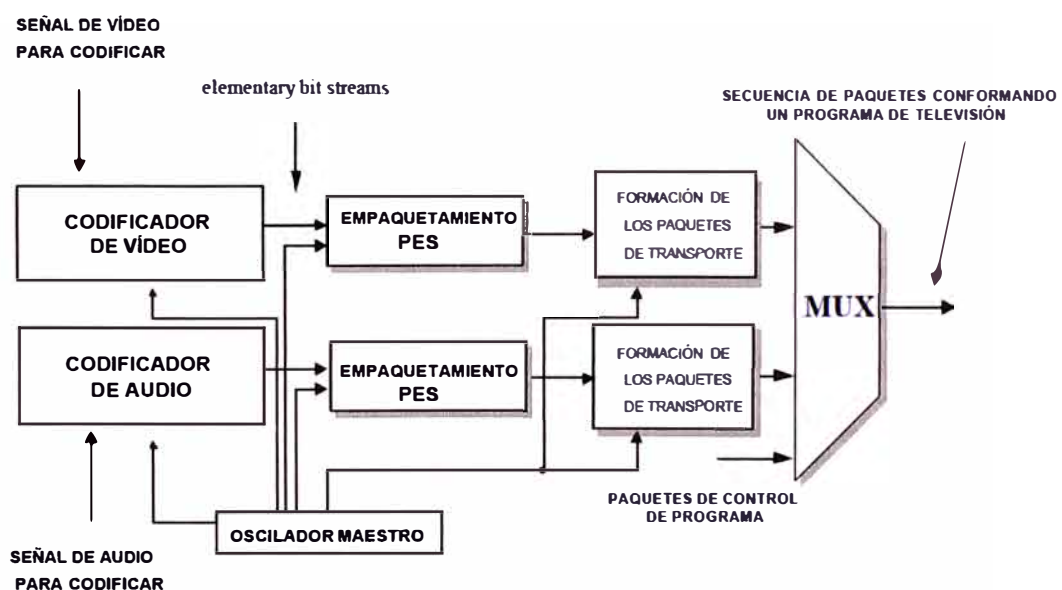
El sistema empaqueta la información proveniente de los codificadores de audio y vídeo (*elementary bit streams*) adicionando cabeceras de señalización, sincronización, identificación y de control de error. Los paquetes conformados por el sistema se denominan **paquetes de transporte**.

Antes de la conformación de estos paquetes se tiene también la opción de empaquetar la información en paquetes PES (*packetized elementary bit streams*). Estos paquetes permiten dar una mayor funcionalidad al sistema en la sincronización e identificación de cada aplicación.

Existen dos jerarquías de multiplexación: multiplexación para conformación de programas y multiplexación para conformación de secuencia de programas.

La sincronización entre codificador y decodificador, el acceso condicional a la información y la inserción de fuentes con diferentes bases de tiempo, constituyen algunas de las ventajas del sistema.

La Fig. 2.14 muestra un diagrama general del sistema para la conformación de un programa de televisión.



**Fig. 2.14** Esquema general del sistema de transporte y multiplexado

### a) Paquetes PES (Packetized Elementary Stream)

A través del empaquetamiento PES empaqueta cada aplicación proveniente de los codificadores de fuente (audio, vídeo, etc.).

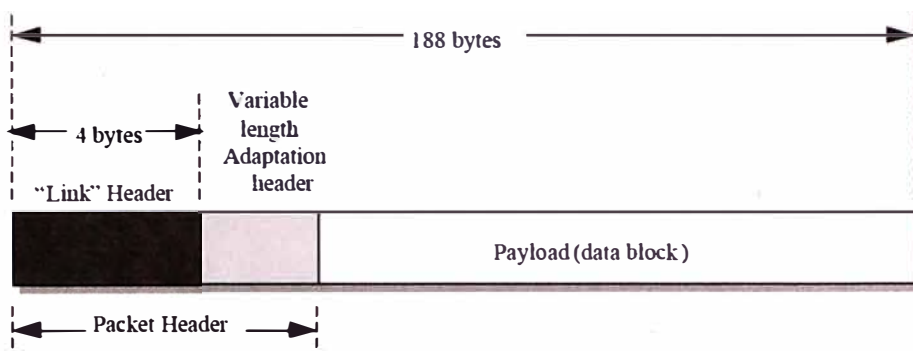
Para el caso de radiodifusión, este tipo de paquete presenta tamaño fijo (188 octetos).

Para el caso de vídeo, cada paquete PES empaqueta un único cuadro codificado.

### b) Paquetes de transporte

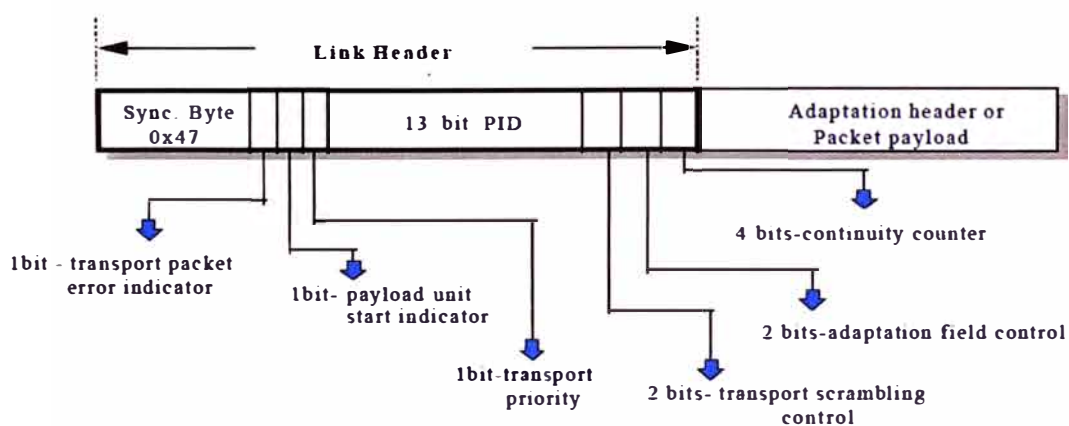
Los paquetes de transporte empaquetan la información de audio y vídeo empaquetada previamente en formato PES. Cada paquete de transporte es de tamaño fijo con 188 bytes de longitud. El tamaño fijo del paquete facilita la sincronización, el multiplexado y el control de error de la información a transmitir.

La figura 2.15 muestra la estructura general de un paquete de transporte.



**Fig. 2.15** Estructura general de un paquete de transporte

La Fig. 2.16 muestra la estructura de la cabecera del paquete.



**Fig. 2.16** Estructura general de la cabecera un paquete de transporte

El campo “*transport scrambling control*” (SC) sirve para condicionar el acceso a la información por parte del usuario.

El campo “*adaptation header*” es opcional y condicionado por el campo “*adaptation field control*”. Informa si existe un campo de adaptación en el paquete.

El campo PID por otro lado es el identificador del paquete de transporte. Este código especifica el tipo de información contenida en el paquete. Corresponde a un código que define el programa asociado al paquete

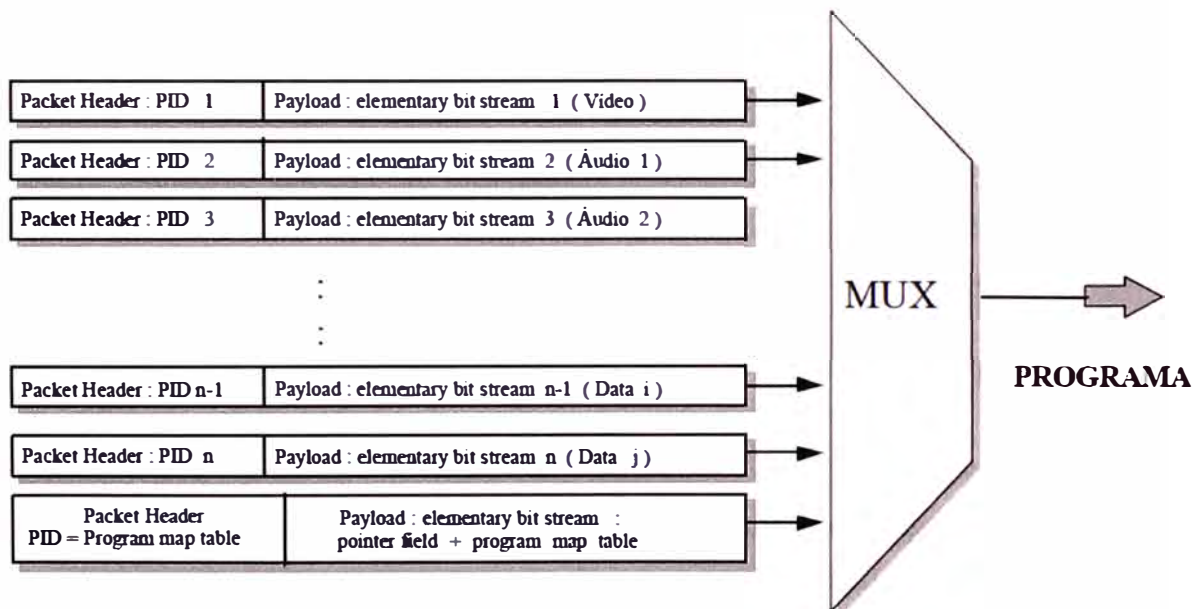
### c) Multiplexación

El multiplexado de paquetes es realizado en dos jerarquías: multiplexado para la conformación de programas y multiplexado para la conformación de secuencia de programas.

Para la conformación de programas se multiplexan los paquetes de audio vídeo y datos junto con el “*program map table*” (PMT).

Los PMT son paquetes de transporte que identifican a un determinado programa de TV digital y llevan consigo los PID de los paquetes de audio y vídeo que pertenecen al programa. Cada programa de TV lleva asociado su correspondiente PMT.

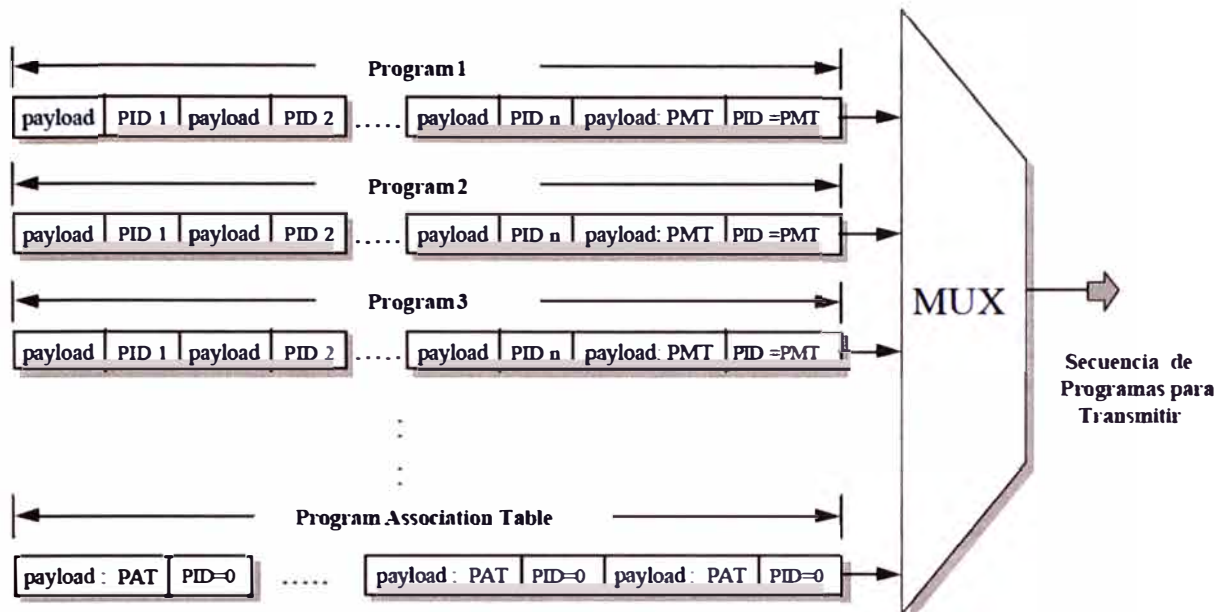
La Fig. 2.17 muestra este primer nivel de multiplexage.



**Fig. 2.17** Multiplexage para la conformación de programas

El siguiente nivel de multiplexage conforma la secuencia de programas a transmitirse. Junto con la secuencia se transmiten los paquetes de transporte denominados “*program association table*” (PAT). Estos paquetes llevan los PIDs de los PMT asociados a cada programa multiplexado. Así mismo llevan el número asignado a cada programa.

La Fig. 2.18 muestra este nivel de multiplexaje.



**Fig. 2.18** Multiplexaje para la conformación de secuencias de programas

### 2.3.3 Capa de Transmisión

Esta Capa recibe el flujo de paquetes de transporte MPEG-2 y la convierte en la señal de RF modulada a ser transmitida. Asimismo, añade información adicional para la ulterior corrección de errores en el receptor (Reed Solomon, FEC). También, en esta etapa, mediante modernas técnicas de modulación (8-VSB, COFDM, QAM), se comprime la señal de 19Mb/s para que pueda ser transmitida en el canal de 6MHz. Es en esta capa, donde se diferencian esencialmente los estándares de la TDT. De ella depende la robustez del sistema.

#### a) Codificación de canal

La finalidad de la codificación de canal es la detección y corrección de errores producidos en el canal de comunicación o en medios de grabación, como consecuencia del ruido y distorsión introducidos, tanto por el medio de propagación, como por las no linealidades en el propio sistema de transmisión. Esto hace posible que la información digital correspondiente a las imágenes y al audio que llega al receptor, pueda ser corregida o regenerada satisfactoriamente.

La capacidad de corrección de errores en las transmisiones digitales, implica también en un ahorro de la potencia de transmisión, haciendo que los transmisores digitales emitan señales de menor potencia que sus pares analógicos; sin que la calidad del servicio se vea seriamente afectada.

Los codificadores de canal son divididos en dos tipos: codificadores de canal externo y codificadores de canal interno. Normalmente se utilizan los dos codificadores concatenados (en cascada), de forma que los aspectos positivos de cada uno permitan obtener un desempeño superior con un costo computacional bastante reducido.

La codificación para detección y corrección de errores o codificación de canal forma parte del transmisor, previa a la modulación de RF. Esta codificación de canal es similar en los diferentes estándares adoptados, aunque con algunas variantes en cada uno.

El codificador de canal tiene como entrada una señal digital procedente del codificador de fuente, en este caso, el codificador MPEG. El codificador de canal no "sabe" si la señal es de audio, vídeo o de otro tipo, para él se trata únicamente de una secuencia de bits cuya integridad debe proteger de alguna manera para que pueda ser reproducida fielmente en el receptor. A continuación se describen etapas para este canal.

### **Dispersador de Energía: Aleatorizador**

Esta etapa de codificación es utilizada con el fin de aleatorizar los datos binarios que van a ser transmitidos, y por consecuencia dispersar o distribuir uniformemente la energía de la señal dentro de la banda de transmisión, de forma que se eviten largas series de ceros o de unos. Con ello se obtendrá una señal con mayor robustez frente a la interferencia de canales adyacentes.

Un aleatorizador o dispersador de energía es un circuito digital conformado por registros de desplazamiento, por sumadores de módulo 2 (OR-Exclusivos) y por compuertas AND (generalmente).

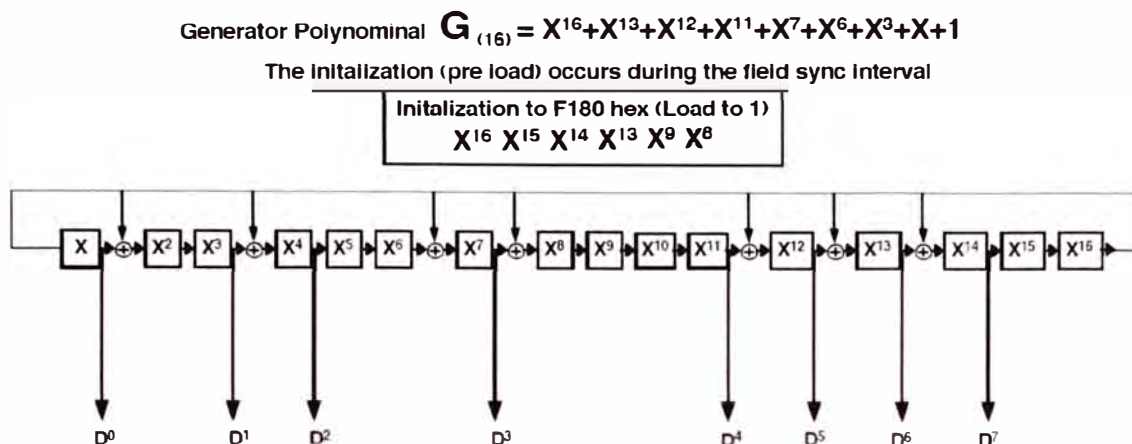
Un aleatorizador es definido por un polinomio generador que especifica la forma como son distribuidas las líneas de retroalimentación del circuito. Para la Fig. 2.19 el polinomio generador es dado por:

$$G_{(16)} = X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^7 + X^6 + X^3 + X + 1 \quad (2.4)$$

El diagrama de bloques del circuito correspondiente es mostrado en la Fig. 2.19

Se puede observar que solo existe retroalimentación en las líneas indicadas por el polinomio generador. Así mismo debe especificarse el estado inicial del registro antes de una aleatorización, e indicar los tramos de la secuencia de entrada que van a ser aleatorizados.

Generalmente los datos binarios utilizados para sincronización y corrección de errores no son aleatorizados.



**Fig. 2.19** Aleatorizador de datos binarios

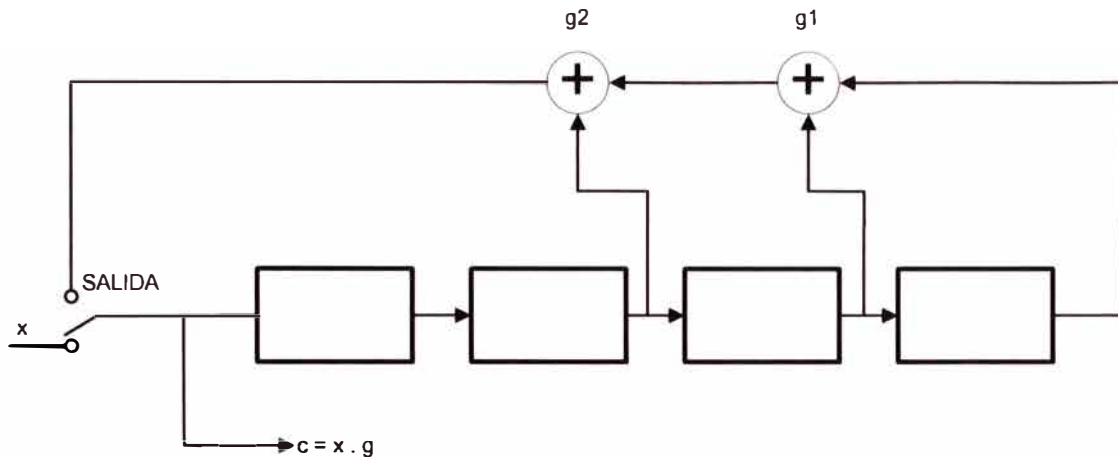
### Codificación Reed–Solomon (codificación externa)

El medio fundamental para proteger la información digital contra errores en los datos transmitidos sobre un canal de comunicaciones, es la introducción de la redundancia, lo que supone, añadir al mensaje de audio y video palabras de código basadas en los bits de paridad, con lo que el receptor comprueba los bits de datos para detectar y corregir los posibles errores. Cada palabra del mensaje recibida se comprueba un determinado número de veces utilizando matrices de verificación y se almacenan temporalmente en un registro los resultados obtenidos. Si no se encuentran errores, el registro se borra y la palabra del mensaje se acepta, y si los hay, se averigua mediante cálculo la condición lógica original de los bits erróneos y se reescribe la palabra completa, siempre, naturalmente, que la longitud del error no supere la capacidad de corrección del sistema. Este procedimiento corresponde a los códigos de redundancia cíclica (CRC – Cyclic Redundancy Check).

El CRC empleada en los sistemas de TV digitales es el denominado Reed-Solomon (RS), el cual se caracteriza por su capacidad para corregir ráfagas y porque se puede elegir en el codificador (emisor), la redundancia a añadir para determinar con ello, la longitud total de los datos y, por tanto, su capacidad de protección. Este tipo de código pertenece a la categoría FEC (*Forward Error Correction*), es decir, corrige los datos alterados en el receptor y para ello utiliza unos bits adicionales (bit de paridad) que permiten esta recuperación a posteriori. Cada paquete en el sistema de transporte tiene una carga de información de 188 bytes, entre los que se encuentra no sólo la información de vídeo o

audio comprimida por el codificador de fuente, sino también los encabezados de enlace y adaptación. La codificación de bloque agrega a estos paquetes 16 bytes de paridad para su transmisión, de modo que el código puede describirse como R-S (204,188), el cual es capaz de corregir hasta ocho bytes erróneos. Si el sistema emplea un código R-S (208,188), 20 bytes de paridad, es capaz de corregir hasta 10 bytes erróneos.

En la fig. 2.20 se muestra la arquitectura fundamental de un generador de polinomio



**Fig. 2.20** Generador de polinomio para la codificación RS

Los bloques en cascada corresponden a registros de desplazamiento y los sumadores a operadores lógicos OR exclusivos. Su salida corresponde a un bloque de datos con la indicada redundancia obtenida mediante la denominada matriz generadora de codificación. Así, si  $\mathbf{x}$  corresponde al bloque de datos, y  $\mathbf{g}$  a la matriz generadora, la salida  $\mathbf{c}$  con la palabra de código se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{c} = \mathbf{x} \cdot \mathbf{g} \quad (2.5)$$

En los sistemas de transmisión digital, la codificación descrita se denomina codificación externa.

### Entrelazamiento de datos

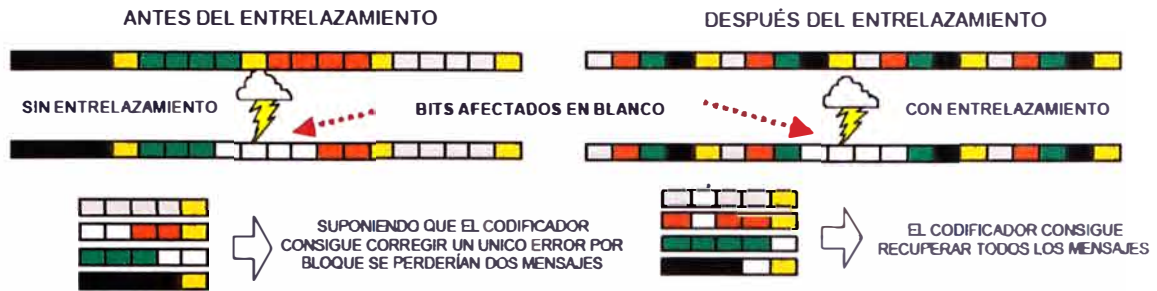
Un entrelazador es un codificador que reordena la información digital a transmitir con el objetivo de mejorar la performance de los codificadores de canales externos e internos que presente el sistema. Esto evita que los errores en ráfagas afecten a un mismo bloque de símbolos codificados, aumentando la probabilidad que el decodificador en el destino pueda detectarlos y corregirlos.

Los entrelazadores pueden ser de tipo externo e interno. Esto dependerá si trabajan en conjunto con codificadores de canal externos (Reed-Solomon) o internos (*trellis*).



La Fig. 2.21 ayudará a entender mejor el funcionamiento y el efecto del entrelazador. Cada rectángulo pequeño es un símbolo. En este caso un bloque está conformado por 5 símbolos.

Al igual que el entrelazador en tiempo existe el entrelazador en frecuencia.



**Fig. 2.21** Efectos y funcionamiento de un entrelazador

### Codificación *Trellis* (codificación interna)

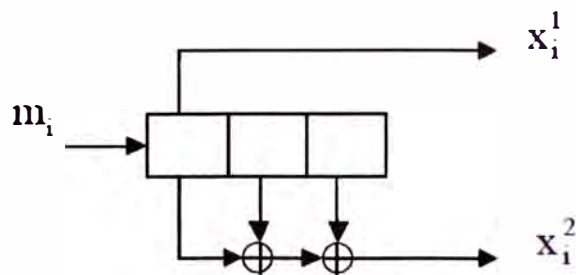
El codificador *trellis* es un codificador de tipo convolucional interno que permite la detección y corrección de errores aleatorios en bits o símbolos aislados.

El codificador introduce "n-k" bits de redundancia por cada "k" bits de entrada. Esto implica que en total son transmitidos "n" bits por cada "k" bits de información.

Generalmente la tasa de codificación de un codificador *trellis* es especificada por el cociente k/n. Los bits de redundancia permiten corregir y/o detectar errores en la trama digital obtenida en el destino.

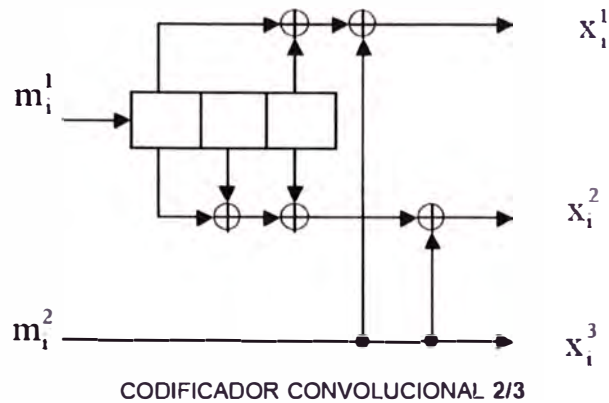
Los componentes del codificador son principalmente registros binarios de desplazamientos y sumadores modulo 2.

Las figuras 2.22 y 2.23 muestran a manera de ejemplo un codificador convolucional de 1/2 y 2/3 respectivamente.



CODIFICADOR CONVOLUCIONAL 1/2

**Fig. 2.22** Diagrama de bloques de un codificador *trellis* de 1/2.



**Fig. 2.23** Diagrama de bloques de un codificador trellis de 2/3

Toda codificación *trellis* se caracteriza por el hecho de que las palabras de códigos generadas en un tiempo "t" dependen de los bits transmitidos en los instantes anteriores **t-1, t-2, ... , t-n**. Esto implica que cualquier error en la transmisión de los datos actuales, generará un error en la recepción de los próximos bits consecutivos.

Para mejorar el desempeño de la codificación se realiza el entrelazamiento de la información a transmitir, a fin de que cualquier secuencia larga de errores sea descorrelacionada con respecto a la secuencia de las palabras de código generadas.

Para el proceso de decodificación *trellis* se utiliza por lo general el algoritmo de Viterbi.

### Filtrado

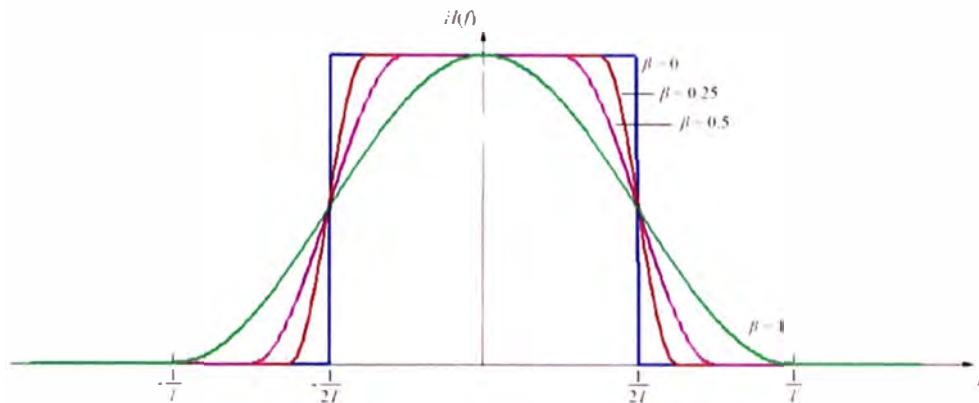
La aplicación de impulsos rectangulares al modulador, daría lugar a un ancho de banda prácticamente infinito, lo que imposibilitaría la utilización del sistema, pues sus emisiones deben ocupar los canales ya asignados en el espectro radioeléctrico para la señal analógica con el ancho de banda correspondiente.

Por tal motivo, se han buscado sistemas de transferencia que den lugar a flancos de caída suave y respuesta impulsiva con rápida atenuación. Uno de ellos es el filtrado en coseno alzado, el cual satisface los requerimientos de Nyquist para un canal con contenido digital.

Un filtro de coseno alzado es un tipo de filtro electrónico, utilizado frecuentemente en sistemas de telecomunicaciones debido a que es capaz de reducir al mínimo la interferencia entre símbolos (ISI). Se llama así porque la parte no nula del espectro frecuencial es un coseno que, en su forma más simple ( $\beta = 1$ ), se encuentra 'alzado' para situarse por encima del eje  $f$  (horizontal).

El filtro de coseno alzado es una implementación de un filtro paso bajo de Nyquist. Con lo cual, el espectro tendrá simetría impar en  $1/2T$ , donde  $T$  es el período del sistema de comunicaciones.

Su descripción en el dominio de la frecuencia es una función definida a trozos y esta graficada en la figura 2.24



**Fig. 2.24** Amplitud de respuesta de un filtro de coseno alzado.

## b) Modulación

El proceso de modulación consiste en la alteración de la forma de onda de una señal de información en función de las características y requerimientos del canal. Con ello se busca optimizar la eficiencia de la transmisión y la recepción, llevando en cuenta la eficiencia del modulador en el uso de la potencia, eficiencia en el uso en el ancho de banda, menor complejidad de los circuitos moduladores/demoduladores, menor costo económico, etc.

### Modulación PAM

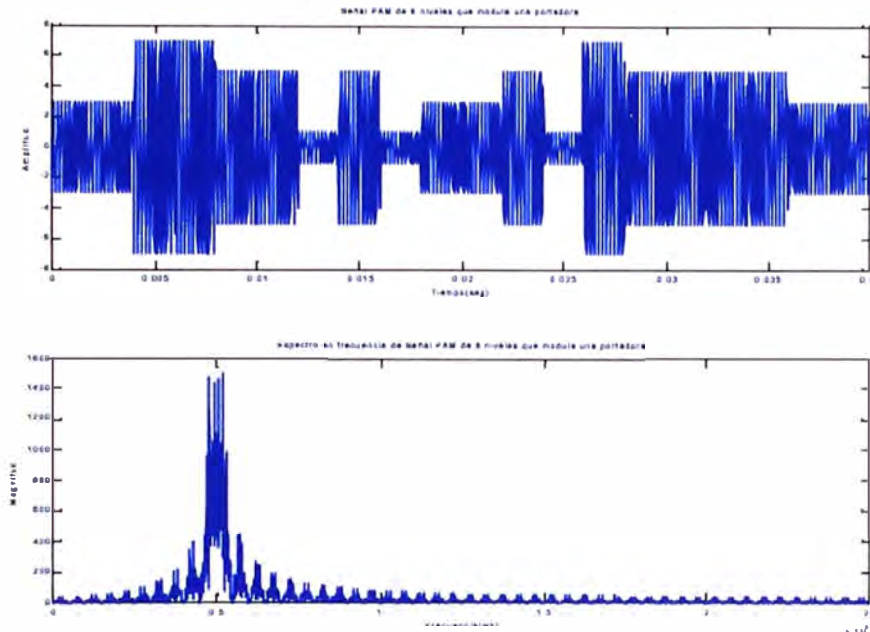
La modulación por amplitud de pulsos (*Pulse Amplitude-Modulation*) consiste en cambiar la amplitud de una señal, de frecuencia fija, en función del símbolo a transmitir. Esto puede conseguirse con un amplificador de ganancia variable o seleccionando la señal de un banco de osciladores.

Dichas amplitudes pueden ser reales o complejas. Si representamos las amplitudes en el plano complejo tenemos lo que se llaman constelaciones de señal. En función del número de símbolos o amplitudes posibles se llama a la modulación N-PAM. Así podemos tener 2PAM, 4PAM, 260PAM. De la correcta elección de los puntos de la constelación (amplitudes) depende la inmunidad a ruido (distancia entre puntos) o la energía por bit (distancia al origen).

Para la conformación de la onda PAM se define en primer lugar el tamaño de los códigos binarios que serán mapeados a los “M” niveles de amplitud. Esto es definido por la siguiente expresión:

$$v = \log_2 M \quad (2.6)$$

La figura 2.25 muestra una señal 8-PAM modulando una portadora cosenoidal de 5000Hz y su respectivo espectro en frecuencia.



**Fig. 2.25** Señal 8-PAM (8-aria) modulando una portadora (superior) y su espectro en frecuencia pasa-banda (inferior)

En el sistema americano de TV digital ATSC se aplica un convertidor D/A Digital/Análogo) y un filtro de Nyquist para conformar la señal analógica PAM en banda base. El ancho de banda de esta señal resultante es igual a  $f_{PAM}/2$  (Hz) ya que se asume que la señal de entrada al es una señal discreta con frecuencia de muestreo igual a  $f_{PAM}$ . Por la teoría del muestreo se sabe que para reconstruir una señal analógica a partir de una señal discreta, el filtro reconstructor (filtro de Nyquist) debe presentar un ancho de banda igual a la mitad de la frecuencia de muestreo. Con ello la señal analógica en banda base modulada en VSB presentará un ancho de banda igual a  $f_{PAM}/2 + \alpha_R$ , donde “ $\alpha_R$ ” es el fragmento transmitido de la banda lateral.

### Modulación OFDM

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*, es una técnica de modulación de banda ancha que utiliza múltiples portadoras ortogonales, cada una modulada en amplitud y fase. Cuando la OFDM se emplea junto con codificación de canal para detección y corrección

de errores producidos en la transmisión, se designa como COFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal *codificada*).

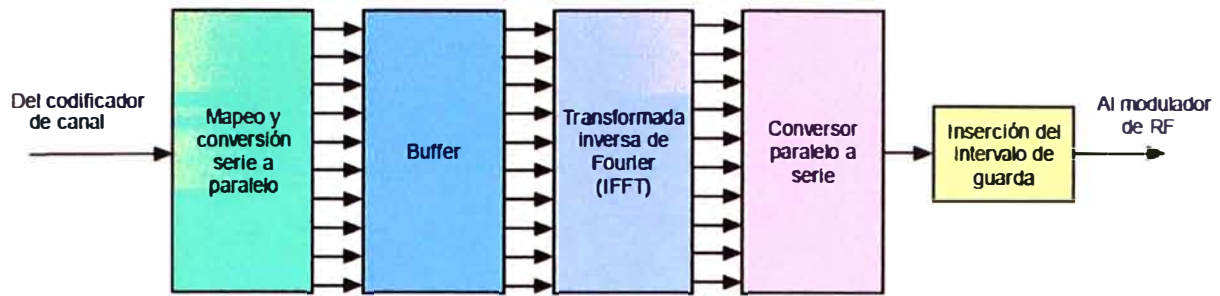
Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equiespaciadas que forma OFDM, los procesos de multiplexación y demultiplexación se realizan en tiempo discreto mediante la transformada inversa rápida de Fourier (IFFT) y la transformada rápida de Fourier (FFT) respectivamente.

La multiplexación de portadoras OFDM es muy robusta frente al multitrayecto (*multi-path*), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Debido a las características de esta multiplexación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (*fading*) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

En DVB-T se contemplan dos esquemas de modulación, uno con 2048 portadoras, designado como 2K y otro con 8192 portadoras (8K). El utilizado actualmente es el 2K. Es evidente que la implementación en hardware de un sistema FDM para estos números de portadoras, es prácticamente impensable aún en el dominio digital, ya que requeriría de miles de osciladores, filtros, multiplicadores e integradores, con el consecuente volumen y consumo de potencia. La modulación OFDM evita el empleo de filtros, a causa de la ortogonalidad de las señales y, en la práctica se trabaja con la señal recibida en forma muestreada, lógicamente por encima de la frecuencia de Nyquist. En estas condiciones, el proceso de integración se convierte en uno de suma y todo el proceso de demodulación es idéntico a una transformada directa de Fourier.

La señal de entrada al modulador OFDM es un flujo binario continuo. Este flujo se segmenta en símbolos, de acuerdo a la constelación a utilizar y se obtiene un mapa de los símbolos, representados ahora por números complejos, que corresponden a la representación de la señal en el dominio de frecuencia. Si se van a modular  $N$  subportadoras simultáneamente, la primera operación debe ser la conversión del flujo binario de entrada, *en serie*, en un flujo de coeficientes complejos *en paralelo*. El siguiente paso es realizar la transformada inversa de Fourier sobre esos  $N$  coeficientes para obtener una señal en el dominio del tiempo y, como la señal de entrada al transmisor debe ser un flujo binario en serie, es necesario convertir nuevamente la señal, ahora transformada y en paralelo, a una señal en serie. Esta es la señal a transmitir y el proceso se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 2.26.

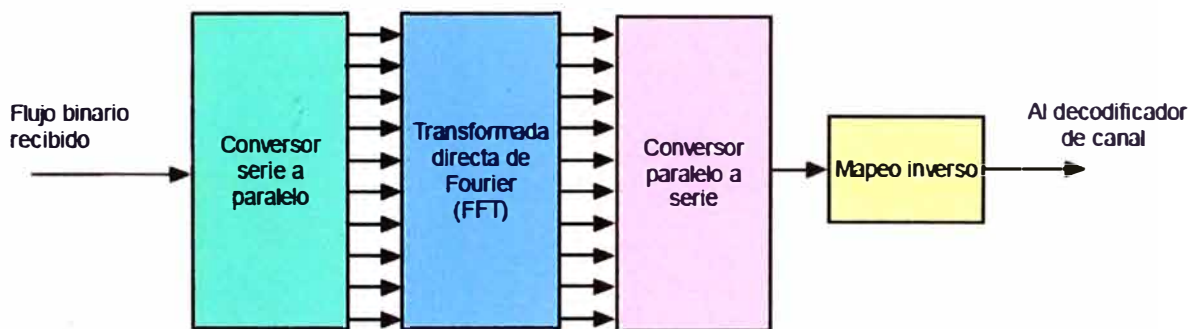


**Fig. 2.26** Diagrama de bloques del modulador OFDM

En la figura anterior, puesto que la señal de entrada procede del codificador de canal, el conjunto constituye un modulador COFDM (la "C" indica precisamente la codificación de canal).

A la salida del conversor paralelo a serie, se inserta el intervalo de guarda, designado también como *prefijo cíclico*, en que se copian los datos del final del bloque y se pegan al principio, lo que hace que las señales retrasadas a causa de los efectos multicamino caigan en el intervalo de guarda y sean ignoradas por el receptor.

El demodulador cumple la función inversa del modulador y el diagrama simplificado de bloques es similar al de la figura anterior, visto ahora de derecha a izquierda, como se ilustra en la figura 2.27.



**Fig. 2.27** Demodulador OFDM

## 2.4 La Televisión Digital Terrestre Móvil

La Televisión Digital Terrestre Móvil puede ser definida como aquel servicio de difusión de televisión con tecnología digital que se presta utilizando como soporte ondas radioeléctricas, terrestres, y cuya señal es recibida en dispositivos o equipos móviles o portátiles (teléfono móvil, ordenador portátil, PDA, etc.).

Modalidad: Broadcast (TDT móvil). Consiste en un auténtico servicio de difusión, ya que se establece una comunicación punto (estación emisora) - multipunto (dispositivos

móviles), sin limitación en el número de usuarios que acceden al servicio de manera simultánea.

## 2.5 Interactividad de la Televisión Digital Terrestre

La TV Digital, como cualquier otra transmisión de esta naturaleza, transmite datos, que para el caso del video y del audio, están ordenados y empaquetados de forma tal, que el receptor sabe que debe utilizarlos para recrear imágenes y sonidos; pero también puede transmitir datos que se podrán interpretar utilizando distintas aplicaciones específicas en el mismo televisor, o ser cargadas y ejecutadas en una computadora.

El concepto de Televisión Interactiva ya ha sido introducido en la televisión analógica en los 80 con el teletexto, ofreciendo una interacción limitada con el televisor, aportando información sobre la programación televisiva, el tiempo etc. Hoy en día este concepto ha ido más allá y ha desarrollado una nueva y mejorada forma de interacción con el usuario.

Todo esto ocurre gracias a los Set-Top-Box (STBs), los decodificadores de televisión externos y a los televisores con receptores digitales integrados.

La interactividad requiere que los STBs (o los receptores digitales) se puedan programar y actualizar dinámicamente, para ello existen diferentes soluciones en el mercado, entre ellas la definición de una capa de software intermediario sobre el cual se ejecutan las aplicaciones transmitidas junto con las señales audiovisuales. Esta capa es conocida con el nombre de Middleware.

La función interactiva se inicia con la petición por parte del usuario, de la carta de servicios del canal, en la que el radiodifusor ha podido incluir la guía de programación de imagen y sonido (selección de idioma), noticias bajo demanda, telecompra, telebanco, etc., y finaliza con la recepción de los mensajes correspondientes de modo multiplexado con la programación normal y en modo de acceso condicional al abonado (peticionario).

Existen dos escenarios de uso de la interactividad:

**Interactividad local:** El espectador interactúa con la información que está almacenada en el receptor, la cual se renueva con cierta periodicidad.

**Interactividad remota:** El espectador interactúa con un proveedor de servicios exterior, al que se conecta mediante un canal de retorno.

## 2.6 Plataforma de usuario

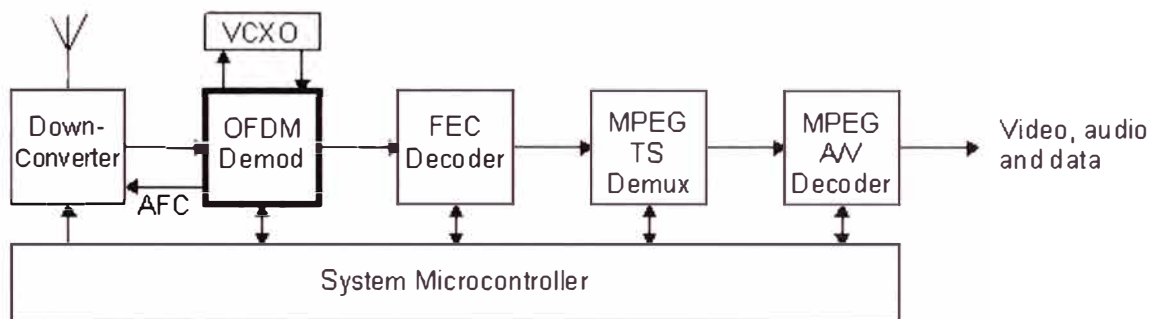
Aunque finalmente los receptores digitales de televisión tendrán el decodificador incorporado dentro del equipo, en la etapa de transición los equipos receptores-

Decodificadores son necesarios hasta que se concluya el proceso de migración analógico-digital. Estos equipos se denominan Set Top Box (STB)

### 2.6.1 Set Top Box

La STB es el terminal receptor que hay que instalar en los hogares para la recepción de TDT. En este aspecto son fundamentales los foros DIGITAG (Digital Terrestrial Action Group) y VALIDATE. DIGITAG evalúa las características que debe cumplir el receptor del usuario. VALIDATE es el grupo de trabajo que valida todas las experiencias de Televisión Digital Terrestre, en cuanto a la compatibilidad de los equipos de diferentes fabricantes.

En la figura 2.28 se indican los elementos que forman el equipo receptor o STB.



**Fig. 2.28** Diagrama de bloques de un STB

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 y otras aplicaciones, mediante DVB terrestre, y representa un avance en la convergencia de los receptores de los hogares.

**Coste y Financiación del STB:** El coste promedio del STB es unos \$ 400. En la etapa de migración, los gobiernos suelen financiar el costo de equipos con funcionalidades simplificadas, para los usuarios de menores recursos.

### 2.6.2 Plataforma Multimedia del Hogar

En 1997 el Proyecto DVB extendió su alcance a la Plataforma Multimedia del Hogar (MHP), que estará formada por el terminal de acceso desde el hogar (STB, TELEVISIÓN, PC), sus periféricos y la red digital en casa.

Esta plataforma permitirá al usuario servicios interactivos y acceso a internet (e-mail, chat,...). La plataforma aumentará la capacidad de la STB permitiéndole que proporcione servicios interactivos. La plataforma es una solución software que hace la televisión más útil, divertida y al servicio de los hogares. Además, creará nuevas oportunidades



económicas para los operadores de red y sus proveedores de contenidos, hardware y software. Se abren grandes posibilidades en cuanto a los aparatos, desde las avanzadas STBs hasta las televisiones de alta definición integradas. Un papel crucial en cuanto a la integración es el de la API (Application Programming Interface).

Las normas de DVB ofrecen grandes oportunidades a los fabricantes de receptores. Es probable que los productos iniciales difieran substancialmente. Las posibilidades para los usuarios también son enormes, ya que podrán recibir una combinación de contenidos mejorados, imágenes de alta calidad y nuevos servicios. Las especificaciones de DVB permiten manejar múltiples métodos de transmisión. Una posibilidad para los usuarios es la recepción combinada terrestre/satélite, aunque es poco probable al principio.

La plataforma será una arquitectura abierta, basada en los estándares de internet, que cumplirá las normas mundiales de difusión de televisión digital, incluyendo DVB, ATSC, ISDB-T, etc. Esto permitirá a los proveedores de contenidos crear programas una sola vez para verlos en cualquier parte. También soportará normas de Internet como HTML, JavaScript y HTML Dynamic, así como todos los contenidos interactivos autorizados de acuerdo con el ATVEF (Advanced Television Enhancement Forum).

Los requisitos básicos que debe cumplir la plataforma son:

- Difusión mejorada con interactividad local.
- Interactividad mediante un canal de retorno.
- Acceso a Internet.

La DVB, quien coordina el desarrollo y lanzamiento de los servicios de TV digital en Europa y que involucra a las entidades más relevantes del sector, ha elaborado un conjunto de especificaciones que cubren todos aquellos aspectos técnicos que deben ser objeto de normalización para ofrecer lo que se ha denominado "la solución global". Existen, pues, familias de estándares relativos a la transmisión y distribución, la implementación del canal de retorno, la radiodifusión de datos, la navegación asistida y el acceso condicional, entre otros.

Siendo conscientes de que la convergencia multimedia es ya una realidad, la DVB ha extendido su ámbito de acción a servicios y productos que, aunque tradicionalmente no han sido ofrecidos por entidades cuyo objetivo básico era la radiodifusión de TV, van a ser incluidos en breve (o lo están siendo ya) en su oferta comercial. En consecuencia, DVB ha iniciado ya actividades tendentes a la especificación de los procedimientos y recursos que permiten prestar servicios contra remuneración a distancia, por vía electrónica y bajo demanda individual del destinatario. En el seno de DVB se han creado diversos grupos de trabajo específicos para estas tareas que han sido englobadas bajo el

término que ha sido mencionado como: la Plataforma Multimedia del Hogar o MHP ("Multimedia Home Platform").

Entre estas nuevas funcionalidades se incluyen el comercio electrónico, la telebanca, el correo electrónico o el acceso a páginas web, que se vienen a sumar a las ya normalizadas tales como el acceso condicional a los servicios de pago por visión o la navegación asistida, además de incorporar los cometidos básicos necesarios entre los que se cuentan la interfaz hombre-máquina o el control del ciclo de vida de las aplicaciones. Evidentemente, no todos estos elementos pueden ser objeto de normalización como sucede (y así ha sido aceptado) con las llaves para descifrar ("to decrypt") la palabra de control que facilita el acceso a la información cifrada ("scrambled") según un sistema de acceso condicional concreto o la estética final de presentación facilitada por la interfaz gráfica de usuario. No obstante, sí pueden ser modularizados estructuralmente para que, al menos, ciertas componentes concretas puedan estandarizarse, como sucede con el algoritmo de cifrado ("Common Scrambling Algorithm") o los cometidos básicos permitidos desligados del aspecto final (cursor, botón, icono, etc.).

El objetivo de DVB es alcanzar un escenario final "horizontal" constituido por plataformas comerciales que ofrecen sus servicios, de forma competitiva o complementaria según la estrategia comercial adoptada, a través de los medios físicos más apropiados en cada momento. En este entorno, el parque de receptores debe ser común a todas ellas para impedir la fragmentación del mercado y propiciar así la aparición de economías de escala. Por otra parte, esta situación favorece el desarrollo de nuevos periféricos digitales del receptor de TV pues se evita el rechazo por parte del usuario, que podría mostrarse temeroso y confuso ante una guerra de elementos en el hogar incomprensiblemente incompatibles entre sí.

## **CAPITULO III**

### **NORMAS Y ESTANDARES DE LA TELEVISION DIGITAL TERRESTRE**

#### **3.1 Instituciones Normativas**

Las siguientes instituciones o agrupaciones son las que rigen las normas, regulaciones o recomendaciones desde el punto de vista técnico promoviendo los diferentes estándares de la televisión digital terrestre:

UIT, ISO, IEC, MPEG, JPEG, ATSC, DVB, ARIB, DIBEG, ABNT

Brevemente se describen cada una de ellas:

#### **UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)**

Es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

La misión de la UIT consiste en permitir el crecimiento y el desarrollo sostenible de las redes de telecomunicaciones y de información, y facilitar el acceso universal para que todos en todas partes puedan participar en la economía y la sociedad mundial de la información y beneficiarse de ellas. La posibilidad de comunicar libremente es una condición sine qua non de un mundo más equitativo, próspero y pacífico, y la UIT ayuda a movilizar los recursos técnicos, financieros y humanos necesarios para concretizar esta visión.

Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Está compuesta por tres sectores:

- UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT).
- UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR).
- UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (nuevo).

### **ISO (Organización Internacional para la Estandarización)**

Su nombre en inglés es *International Organization for Standardization* (nacida tras la Segunda Guerra Mundial en 1947). Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

La ISO es una organización no gubernamental que tiende puentes entre los sectores públicos y privados. Está compuesta por delegaciones gubernamentales y no gubernamentales subdivididos en una serie de subcomités encargados de desarrollar las guías que contribuirán al mejoramiento ambiental.

Está compuesta por representantes de los organismos de normalización nacionales, que produce normas internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como *normas ISO* y su finalidad es la coordinación de las normas nacionales, en consonancia con el Acta Final de la Organización Mundial del Comercio, con el propósito de facilitar el comercio, el intercambio de información y contribuir con normas comunes al desarrollo y a la transferencia de tecnologías.

La Organización ISO está compuesta por tres tipos de miembros:

- Miembros simples, uno por país.
- Miembros correspondientes, de los organismos de países en vías de desarrollo y que todavía no poseen un comité nacional de normalización.
- Miembros suscritos, países con reducidas economías.

Principales normas ISO relacionadas con la TDT:

- ISO/IEC 11172 — MPEG-1
- ISO/IEC 13818 — MPEG-2
- ISO/IEC 14496 — MPEG-4
- ISO/IEC 15444 — JPEG 2000

### **IEC (International Electrotechnical Commission)**

La Comisión Electrotécnica Internacional es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la ISO (normas ISO/IEC).

Integrada por los organismos nacionales de normalización, en las áreas indicadas. Pertenecen a la IEC o CEI (en castellano), más de 60 países.

Para su funcionamiento, así como el establecimiento de normativas, la CEI se divide en diferentes "comités técnicos" (TC), "comités consultivos" (AC) y algún comité especial: los miembros de estos comités trabajan voluntariamente.

La misión de la IEC es promover entre sus miembros la cooperación internacional en todas las áreas de la normalización Electrotécnica. Para lograr lo anterior, han sido formulados los siguientes objetivos:

- Conocer las necesidades del mercado mundial eficientemente
- Promover el uso de sus normas y esquemas de aseguramiento de la conformidad a nivel mundial.
- Asegurar e implementar la calidad de producto y servicios mediante sus normas.
- Establecer las condiciones de intemperabilidad de sistemas complejos.
- Incrementar la eficiencia de los procesos industriales.
- Contribuir a la implementación del concepto de salud y seguridad humana.
- Contribuir a la protección del ambiente.

Existen tres formas de participación ante la IEC: como miembro pleno, miembro asociado o como miembro pre-asociado.

### **MPEG (Moving Picture Experts Group)**

El Moving Picture Experts Group (Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento) referido comúnmente como MPEG, es un grupo de trabajo del ISO/IEC encargado de desarrollar estándares de codificación de audio y vídeo.

Desde su primera reunión, el MPEG ha crecido hasta incluir 350 miembros de distintas industrias y universidades. La designación oficial del MPEG es ISO/IEC JTC1/SC29 WG11.

MPEG usualmente mantiene tres reuniones al año. Estas comprenden la plenarias y de sub-grupos sobre Requerimientos, Sistemas, Descripción de Esquemas Multimedia, Video, Audio, Sintético Código Híbrido Natural, Pruebas, Estudios y Contactos de Implementación.

En las reuniones de MPEG participan alrededor de 300 expertos de unos 20 países.

MPEG ha normalizado los siguientes formatos de compresión y normas auxiliares: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3 MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21.

El MPEG utiliza códecs (codificadores-decodificadores).

En los códecs de transformación con bajas pérdidas, las muestras tomadas de imagen y sonido son troceadas en pequeños fragmentos y solamente las diferencias con estas imágenes reconstruidas y algún extra necesario para llevar a cabo la predicción es almacenado. MPEG solamente normaliza el formato del flujo binario y el decodificador. El

codificador no está normalizado en ningún sentido, pero hay implementaciones de referencia, para los miembros, que producen flujos binarios válidos.

## **JPEG**

JPEG significa "Joint Photographic Experts Group" (Grupo conjunto de expertos en fotografía), Es un comité de unión entre ISO/IEC y ITU-T (anteriormente CCITT). JPEG ha creado los estándares JPEG, JPEG 2000, and JPEG XR. Es uno de los dos sub-grupos de ISO/IEC (JTC 1/SC 29/WG 1) – titulado como *Coding of still pictures (codigo de imágenes fijas)*. JTC 1/SC 29/WG 1 es responsable de los estándares JPEG y JBIG (Joint Bi-level Image experts Group).

El grupo fue formado en 1982. En abril de 1983, ISO empezó el trabajo de añadir gráficos de calidad de fotos a los terminales de texto. A mediados de los 80's el CCITT e ISO habían estandarizado grupos para codificar imágenes.

## **ATSC**

Advanced Television System Committee (ATSC) es el grupo encargado del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los Estados Unidos. ATSC fue creada para reemplazar en los Estados Unidos el sistema de televisión analógica NTSC.

El propósito específico del grupo, es coordinar el desarrollo, implementación y promoción de estándares técnicos de manera voluntaria para los sistemas avanzados de televisión, el que incluirá sistemas para la generación, distribución y recepción de televisión analógica mejorada, así como la televisión digital, incluyendo definición estándar, alta definición y servicio de datos.

El grupo tendrá dos clases de miembros: Los de clase votante y los no votantes.

Las normas del ATSC son:

- El ATSC para la televisión digital terrestre; y
- ATSC-M/H para la televisión digital terrestre en equipos portátiles o móviles.

## **DVB**

El DVB (Digital Video Broadcasting) es un organismo encargado de crear y proponer los procedimientos de estandarización para la televisión digital compatible (Satelite, Cable y Terrestre). Está constituido por más de 270 instituciones y empresas de todo el mundo.

Los estándares propuestos han sido ampliamente aceptados en Europa

El DVB ha elaborado distintos estándares en función de las características del sistema de radiodifusión. Los estándares más ampliamente utilizados en la actualidad son el DVB-S y el DVB-C que contemplan las transmisiones de señales de televisión digital mediante redes de distribución por satélite y cable respectivamente. La transmisión de televisión

digital a través de redes de distribución terrestres utilizando los canales UHF convencionales se contempla en el estándar DVB-T, que actualmente se está implantando en la mayor parte de los países europeos. También existen estándares que definen las características de la señalización en el canal de retorno en sistemas de televisión interactiva, la estructura de transmisión de datos para el cifrado y descifrado de programas de acceso condicional, la transmisión de subtítulos, y la radiodifusión de datos (nuevos canales de teletexto) mediante sistemas digitales.

### **ARIB**

ARIB (Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión) es la entidad encargada de crear y mantener el ISDB-T, congrega a una multitud de empresas -japonesas y extranjeras- en el negocio de producir, financiar, fabricar, importar y exportar bienes de consumo relacionados con la radiodifusión.

En cuanto a la Radiodifusión Digital, el ARIB ha creado 4 estándares para su funcionamiento: El ISDB-T (televisión digital terrestre), ISDB-S (televisión digital satelital), ISDB-C (televisión digital por cable) y banda 2.6GHz para transmisión móvil, los que pueden ser obtenidos gratuitamente en el sitio web de la organización japonesa DiBEG y en ARIB. Estos estándares utilizan MPEG-2 y son capaces de entregar televisión de alta definición. Tanto ISDB-T como ISDB-Tb permiten recepción de móviles en bandas de TV.

### **DiBEG**

Digital Broadcasting Experts Group (DiBEG) fue fundado en setiembre de 1997 para promover el estándar ISDB-T (Digital Terrestrial Broadcasting System) en el mundo. También DiBEG promueve el intercambio de información técnica y cooperación internacional para facilitar el común entendimiento en el mundo y los programas de intercambio en la era digital.

Actividades:

- Investigar las tendencias de la radiodifusión digital en el mundo.
- Promover el Intercambio de tecnologías de radiodifusión digital y facilitar el común entendimiento.
- Promover el Intercambio de tecnología y viabilizar la interoperabilidad a través de programas de intercambio.

Miembros:

Son los representantes de los principales fabricantes de sistemas y equipos electrónicos en Japón (Fuji, Hitachi, NEC, Panasonic, Sony, Toshiba, Mitsubishi, Sanyo, Sharp, etc.) y Radiodifusores (NHK).

### **ABNT (Asociación Brasileña de Normas Técnicas)**

La Asociación Brasileña de Normas Técnicas fundada en 1940, es responsable de la normalización técnica en su país, proporcionando la base necesaria para el desarrollo tecnológico brasileño. Es una entidad privada sin fines de lucro, reconocida como único Foro Nacional de Normalización.

Es miembro fundador de ISO (International Organization for Standardization), de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) e da AMN (Asociación Mercosur de Normalización).

## **3.2 Estándares**

Como se indicó anteriormente, existen cinco (5) estándares de Televisión Digital Terrestre: **ATSC** (Americano), **DVB-T** (Europeo), **ISDB-T** (Japonés), **DTMB** (Chino) y **SBTVD** (Japonés-Brasileño).

### **3.2.1 Semejanzas y Diferencias**

Los tres sistemas emplean el mismo estándar de codificación de fuente para vídeo (MPEG-2), sin embargo, en el sistema estadounidense, ATSC, la longitud del paquete MPEG es de 187 bytes con 20 bits de redundancia, en tanto que en DVB e ISDB, es de 188 bytes de datos, con 16 bits de redundancia.

Para el audio, ATSC utiliza la codificación Dolby AC-3, en tanto que los sistemas DVB y el ISDB utilizan el estándar MPEG para audio. Esto, entre otras cosas, hace que los tres sistemas de televisión digital sean incompatibles.

En la codificación de canal, los tres sistemas utilizan un código externo de bloque (Reed-Solomon) y uno interno, convolucional (trellis), pero con diferente relación de código.

En transmisión, ATSC utiliza modulación de 8 niveles en banda lateral vestigial, designada como 8VSB, en tanto que DVB e ISDB emplean Modulación Ortogonal por División de Frecuencia Codificada (COFDM). La parte del transmisor que más se ve afectada por la implementación de estos estándares es el excitador, es decir la parte del transmisor que incluye al modulador

### **3.2.2 Los Estándares y sus Características**

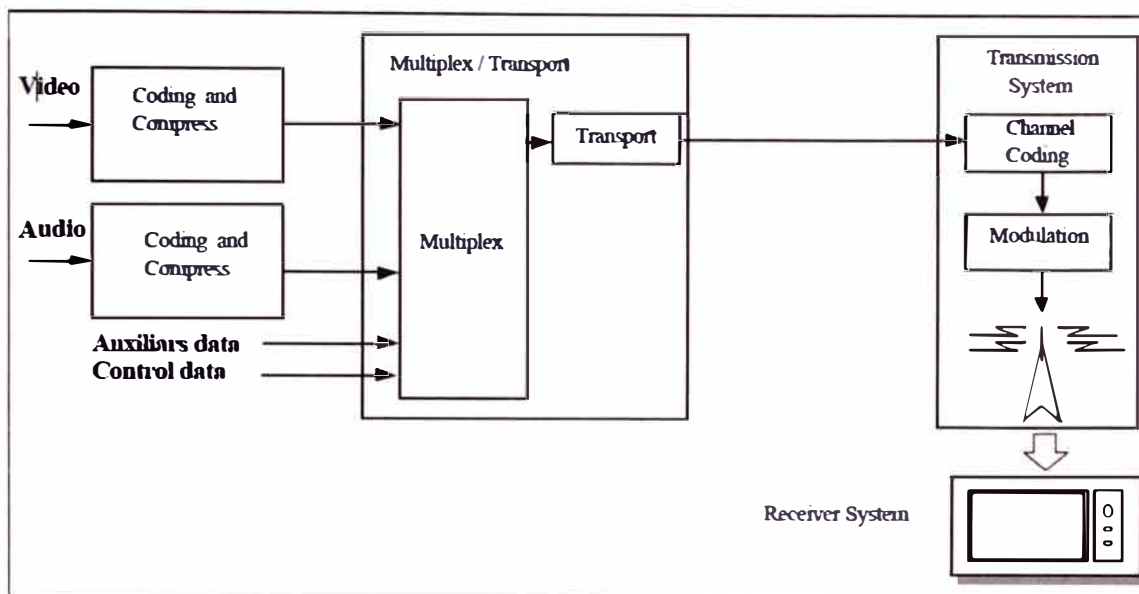
#### **ATSC:**

Como se mencionó anteriormente, Advanced Television System Committee (ATSC) es un grupo que se encarga del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los



Estados Unidos, y en base a estos estándares, en los países donde se adopte este estándar.

Después de una serie de investigaciones y pruebas, se presentaron los resultados finales de la propuesta, los cuales fueron sometidos a la evaluación por parte de los miembros de un comité (ACATS), nombrado por el gobierno. Finalmente la propuesta fue adoptada por el ATSC el 16 de Setiembre de 1995 generando el estándar A/53. Posteriormente el estándar fue ratificado por el ACATS el 28 de Noviembre de 1995. El sistema adoptado se bosqueja en la figura 3.1



**Fig. 3.1** *Sistemas propuesto por el ATSC*

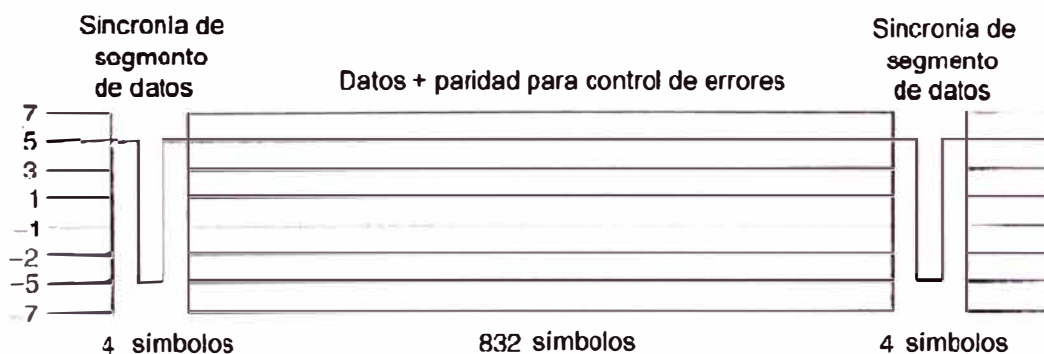
La entrada digital al sistema de transmisión de ATSC es un flujo de transporte MPEG-2, sincrónico y continuo a una tasa binaria de 19.39... Mbit/s. Este flujo de datos en serie está formado por paquetes MPEG de 187 bytes más un byte de sincronismo, dando lugar a una carga útil de información de 19.2895 Mbit/s. Dicha carga útil puede incluir paquetes codificados de vídeo o audio digitales y/o datos adicionales y llega al modulador a través de un cable coaxial de 75  $\Omega$  y un conector BNC de entrada y el nivel de la señal de entrada es de  $0.8\text{ V} \pm 10\%$  pico a pico. Los datos de sincronismo (reloj) van insertos en la carga útil. El ancho de banda del canal de RF es de 6 MHz. La señal de salida del modulador es una señal modulada en amplitud, con vestigio de banda lateral, de ocho niveles. Por lo general la salida del modulador es a una frecuencia intermedia entre la banda base y la frecuencia de salida de RF, por ejemplo 41 MHz. Dicha frecuencia intermedia, así como el nivel de salida y otras características, dependen de la elección del fabricante.

El modulador, de manera similar a los otros estándares, cumple dos funciones esenciales: primero, realizar la codificación de canal y segundo, la modulación

propriadamente dicha. La señal de salida del modulador pasa a un conversor ascendente que la traslada a la frecuencia del canal de RF. El codificador convolucional o trellis, que forma parte del codificador de canal entrega un código picado (*punctured code*) de tasa 2/3 ya que de cada bit alterno lo codifica en dos bits y el bit intermedio no lo codifica. En otras palabras, por cada dos bits de entrada produce tres bits de salida que luego son entrelazados o intercalados con un intercalador de 12 símbolos. Al haber 3 bits de salida por cada dos bits de entrada el flujo binario aumenta en una relación de 3/2, es decir a 32.28 Mbit/s. Los tres bits de salida del codificador trellis pueden considerarse como un alfabeto octal, es decir, pueden codificarse en ocho niveles designados como -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, que son los ocho niveles del modulador VSB. La tasa binaria de la señal modulada en estas condiciones es 10.76 Msímbolos/seg (1 símbolo = 3 bits). La eficiencia espectral, es decir la tasa binaria dividida por el ancho banda, resulta en este caso de:

$$\eta_s = \frac{32.28 \text{ Mbit/s}}{6 \text{ MHz}} = 5.38 \text{ bps/Hz} \quad (3.1)$$

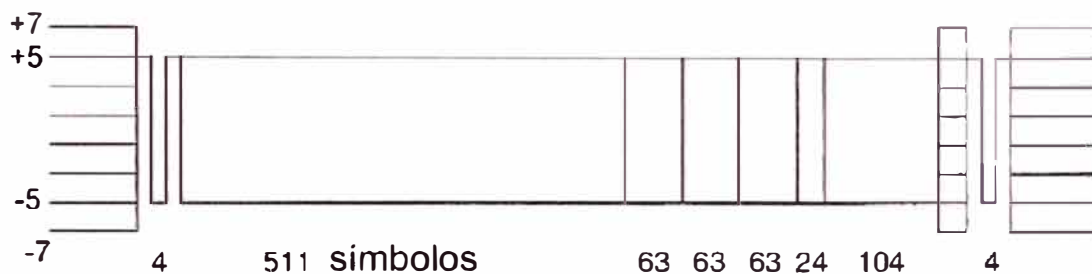
Los paquetes de transporte MPEG-2 en los estándares ATSC, DVB a ISDB son de 187 bytes más un byte de sincronismo que no se somete a codificación de canal. En ATSC la codificación de bloque (Reed-Solomon), agrega 20 bytes de redundancia, de modo que el paquete completo, incluyendo el byte de sincronismo, es de 208 bytes a los que se designa como *segmento de datos*. Con 8 bits/byte y 3 bits por símbolo, un segmento de datos tiene una longitud de  $208 \times 8 \times 3/2 \times 1/3 = 832$  símbolos, de los cuales 828 constituyen los datos codificados mediante R-S y los otros cuatro son símbolos de sincronismo del segmento. En total, se tienen  $3 \times 832 = 2496$  bits/segmento, de los que 2484 son de datos y 12 de sincronismo del segmento. La estructura del segmento de datos se ilustra en la figura Fig. 3.2



**Fig. 3.2** Estructura del segmento de datos.

A una tasa binaria de 32.28 Mbit/s, la duración por bit es de 31 ns ( $1000/32.28$ ), de modo que la duración de un segmento es de 77.3  $\mu$ s ( $1000/32.28 \times 2496/1000$ ), es decir 12.94 segmentos por segundo ( $1000/77.3$ ). Para barrido entrelazado se tienen 313 segmentos /campo, con lo que la duración de un campo es de 24.2 ms y la frecuencia de campo resulta de 41.3 kHz. La frecuencia de cuadro es la mitad de la frecuencia de campo, es decir, 20.66 kHz.

En el modulador ATSC, los segmentos de sincronismo de segmento y de campo se insertan a la salida del codificador trellis. Estos últimos son de 832 símbolos de longitud, cada símbolo codificado con nivel de +5 o -5. Recuérdese que en ATSC se tienen ocho niveles codificados de -7 a +7; dicho números no representan necesariamente voltajes. La estructura de un segmento de sincronismo de campo se ilustra en la figura 3.3



**Fig. 3.3** Segmento de sincronismo de campo.

Al inicio, del segmento de sincronismo de campo, El byte de sincronismo MPEG se reemplaza por cuatro símbolos de sincronismo de segmento de datos, a los que siguen una serie de secuencias pseudoaleatorias de longitudes 511, 63, 63 y 63 símbolos respectivamente. Las secuencias de 63 símbolos son idénticas, excepto que la secuencia central es de signo opuesto en campos alternos, a fin de que el receptor pueda reconocer la alternancia de campos que componen un cuadro.

Las secuencias pseudoaleatorias de 63 símbolos van seguidas de una secuencia de identificación de nivel de 24 símbolos. Los últimos 104 símbolos del segmento de sincronismo de campo están reservados: 92 de ellos pueden ser una continuación de la secuencia de 63 símbolos y los últimos 12 son duplicados de los últimos doce símbolos del segmento de datos precedente.

Además de proporcionar la información necesaria para sincronizar el receptor al formato de los datos, los segmentos de sincronismo como señales de entrenamiento al ecualizador del receptor, necesario para reducir las distorsiones lineales en éste.

Un comentario importante es que, aunque la estructura de campos y cuadros se asemeja a la de la televisión analógica, no debe asumirse que un campo de datos corresponde a

un campo de vídeo. Cada campo de datos puede incluir información de vídeo, audio u otros datos, de modo que por lo general no hay correspondencia entre los campos de datos y los campos de video.

### **Características de la Norma:**

- Basada en el sistema analógico NTSC
- Portadora única
- Modulación en 8 niveles y filtrado de banda lateral vestigial (8-VSB)
- Tasa de Datos fija: 19.34Mb/s
- Pre-corrección de errores Reed-Solomon RS (188, 208)
- Pre-corrección de errores convolucional: FEC=2/3
- Interleaving de datos
- Corrección de 'fantasmas' basada en NTSC
- Diseñada para la transmisión de imágenes en Alta Definición en un canal de 6MHz
- Compresión de video MPEG-2
- Compresión de audio Dolby-AC3, 6 canales
- Permite una señal en HDTV o varias en SDTV
- Permite movilidad y portabilidad (15 de Octubre de 2009 - Recomendación A/153 *ATSC Mobile DTV Standard*).
- No permite redes de frecuencia única (SFN).
- Permite Acceso Condicional (TV Paga).

### **Movilidad**

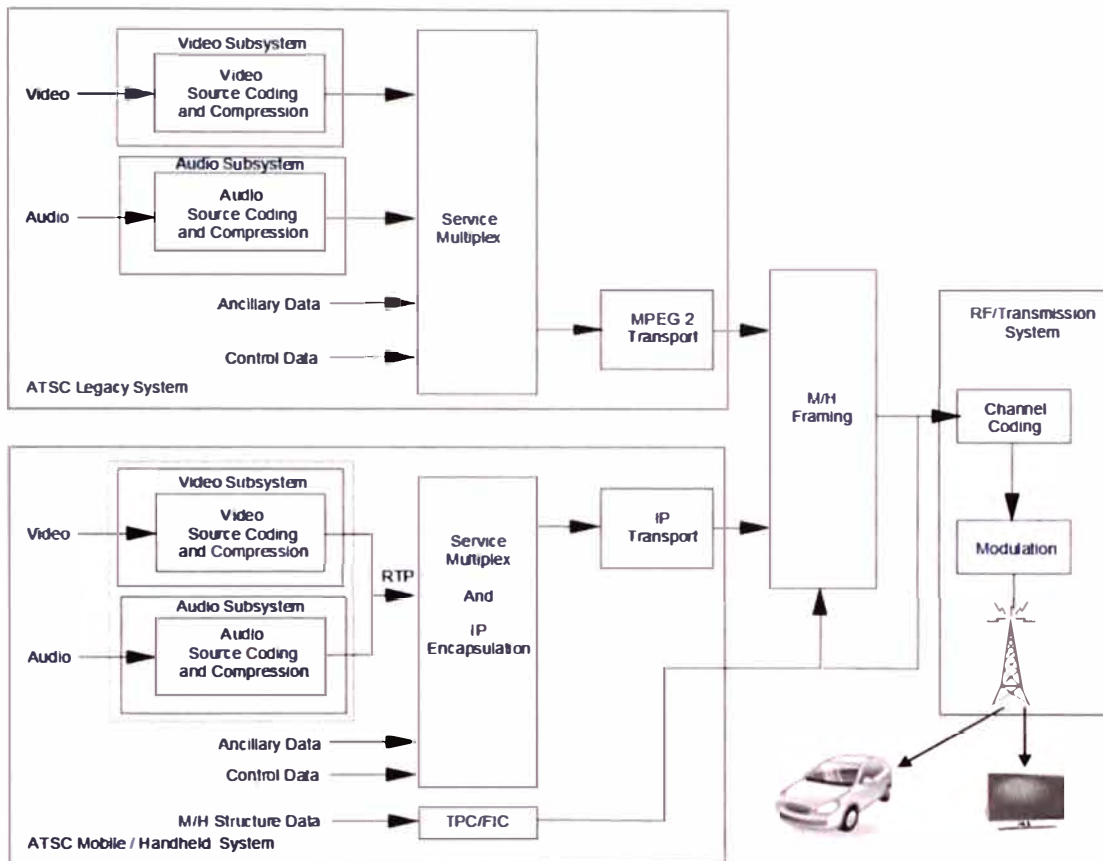
Llamado Mobile DTV o sistema M/H, y descrito por el estándar A/153 de ATSC, este sistema proporciona el servicio de movilidad/portabilidad usando una porción de los aproximadamente 19.39 Mbps de la tasa de datos, dejando el resto para la Alta Definición y/o los múltiples STV (televisión estándar). El sistema M/H crea doble flujo de información: El servicio multiplex ATSC (para el existente servicio de televisión digital y el servicio multiplex M/H para uno o más servicios móviles, peatonal y portátil).

El sistema M/H incluye un robusto sistema de transmisión basado en la modulación de banda lateral vestigial (VSB) acoplado con un flexible y extensible nivel de transporte basado en IP, un eficiente código MPEG AVC (H.264) en video y un HE AAC v2 en audio (ISO/IEC 14496-3).

El sistema M/H proporciona una aplicación marco para correr software en los receptores que hacen uso de una conexión opcional de internet lo que permitirá un servicio de interactivo de televisión para realizar transacciones con los contenidos de la televisión

digital. También permitirá a los radiodifusores desplegar nuevos servicios tales como navegación en tiempo real en un vehículo y proporcionar noticias y resúmenes deportivos para uso a demanda de los consumidores.

Este servicio móvil de televisión digital permitirá un consumo masivo de dispositivos de recepción inalámbrica incluyendo teléfonos móviles, equipos de TV de mano, laptops, etc. En la figura 3.4 se muestra el diagrama de bloques del sistema presentado.



**Fig. 3.4** Diagrama de bloques mostrando la norma A/153 de ATSC.

### Interactividad

El Comité de Sistemas Avanzados de Televisión (ATSC), ha creado como base común, la plataforma ACAP (Advanced Common Application Platform) para todos los sistemas de TV interactivos en USA, ya sean por cable, terrestres o por satélite.

El ACAP tiene como propósito, proporcionar a los consumidores de televisión un servicio interactivo avanzado y ofrece a proveedores de contenidos, radiodifusores y fabricantes los detalles técnicos necesarios para desarrollar los servicios y productos de interoperables.

El ACAP está pensado para ser un elemento esencial para el desarrollo de la televisión interactiva.

Con la combinación de la televisión e internet para dar el servicio de televisión digital integrada, IDTV conduce al surgimiento de aplicaciones potentes. Por ejemplo, las computadoras puede convertirse en un receptor de TV tradicional y Set top box's digitales pueden albergar aplicaciones tales como e-commerce y programas customizados. IDTV puede incluir noticias customizadas, reportes del trafica y del tiempo; datos de stock del mercado; resultados deportivos y estadísticas; juegos y video bajo demanda (VoD).

Como una especificación middleware para aplicaciones interactivas, ACAP da seguridad a los contenidos y aplicaciones de tal manera que sus programas y datos serán recibidos y correrán uniformemente en todas las marcas y modelos de receptores

Una aplicación ACAP es una colección de información procesada por un ambiente de aplicación para interactuar con un usuario final o para alterar el estado del ambiente de la aplicación.

Las aplicaciones ACAP son clasificadas en dos categorías, dependiendo si el contenido inicial de la aplicación procesada es de procedimiento o declarativa. Estas categorías de aplicaciones son referidas como de procedimiento (ACAP-J) y declarativa (ACAP-X).

Un ejemplo de una aplicación ACAP-J es Java TV Xlet que es un compuesto de código java compilado en conjunto con otro contenido multimedia tal como gráficos, video y audio. Un ejemplo de una aplicación ACAP-X es un documento multimedia compuesto de XHTML, reglas de estilo, scripts y gráficos, videos y audios incrustados.

La arquitectura y facilidades de ACAP tienen la intención de aplicar a los sistemas de radiodifusión y receptores para los sistemas TDT y de Cable.

El ACAP, como un sistema operativo, está disponible para los receptores de venta libre, y permite tanto a los Canales de TV como a los Operadores de Cable enviar, cada uno por separado, datos que serán interpretados por los televisores como textos, gráficos, símbolos, imágenes, juegos, entre otras aplicaciones.

Estos datos son trasmitidos conjuntamente con las imágenes y sonidos y se pueden almacenar en el televisor para interactuar en forma local o utilizar cualquier canal de retorno bajo protocolo IP para interactividad remota.

Las aplicaciones son muy variadas, tanto para los servicios como para el entretenimiento y abren un abanico de oportunidades para desarrolladores locales de software.

El Datacasting, o transmisión de datos para computadoras, puede ser destinado a Servicios Públicos, Institutos Educativos, Empresas, o como complemento de Programas de TV.

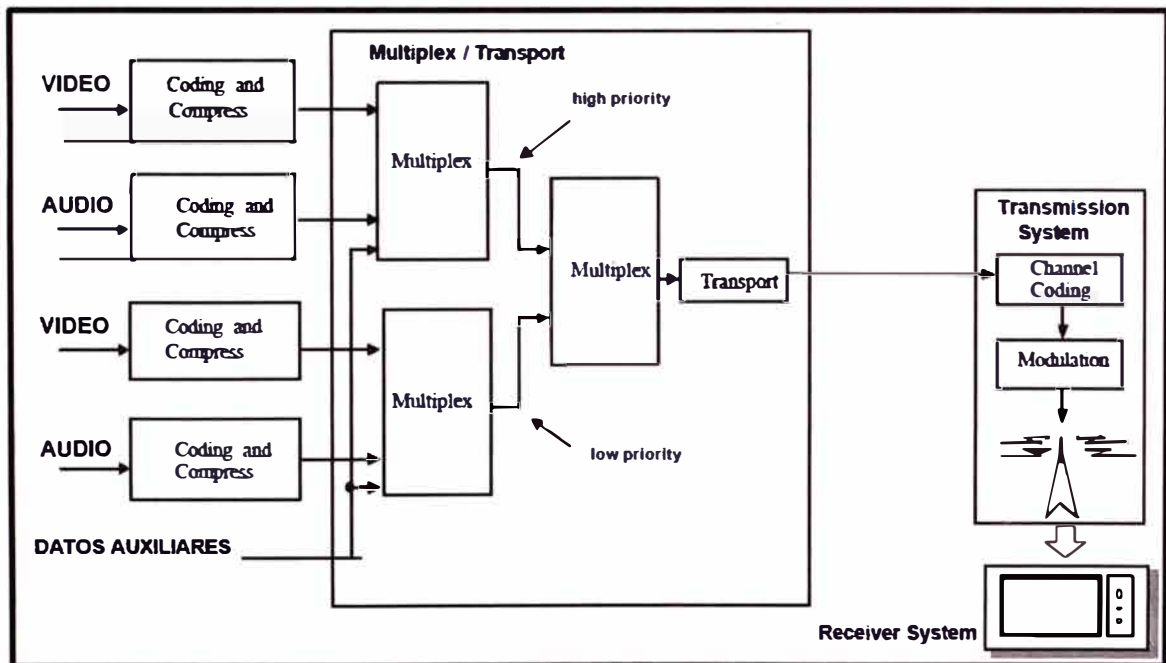
Esta herramienta, muy difundida en EEUU a través de la TV Pública, permite transmitir datos a Escuelas, denominada "Educasting," tal como contenidos audiovisuales y evaluaciones, mejorando así la calidad educativa de la población.

**DVB-T:**

**DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial)**, en castellano Difusión de Video Digital - Terrestre) es el estándar para la transmisión de televisión digital terrestre creado por la organización europea DVB. Este sistema transmite audio, video y otros datos a través de un flujo MPEG, usando una modulación COFDM.

La norma DVB, surgió con vocación universal, de tal modo que se contempló la idea de tener al fin un sistema global y por tanto compatible con el sistema internacional. Con ello se superarían los viejos problemas derivados de la incompatibilidad de los estándares NTSC, SECAM y PAL y sus versiones. Sin embargo, surgieron otras alternativas tecnológicas (estándares) al DVB y la reaparición del término HDTV en otras partes del mundo diferente a la europea.

Como ATSC, está basado en compresión MPEG-2 y la codificación de canal sigue una filosofía similar, es decir, aleatorización, codificación de bloque, entrelazado interno, codificación convolucional (trellis) y entrelazado externo, con pequeñas diferencias con ATSC. Sin embargo, la diferencia principal radica en el sistema de modulación empleado: Multiplexado por división de frecuencia ortogonal o COFDM. El esquema general se presenta en la figura 3.5



*Fig. 3.5* Sistemas propuesto por el DVB-T

A diferencia de ATSC en que los símbolos de información están constituidos por tres bits y modulan a una portadora única, el sistema DVB es de portadoras múltiples multiplexadas en un canal de RF, con dos variantes, una de 2048 portadoras, designado

como modo 2K y otro de 8192 (8K), en que cada portadora individual puede ser modulada con diversos esquemas (16QAM, 64QAM, 256QAM, QPSK, 8PSK, etc.) y permite la implementación de redes de frecuencia única (SFN), lo que no es posible en el estado actual de ATSC. Una red de frecuencia única es aquella en que todos los transmisores de una región, o de un país, utilizan la misma frecuencia sin interferirse. Esto permitirá un aprovechamiento del espectro muy superior al que se tiene con las redes actuales de frecuencias múltiples (MFM), que tienen que utilizar portadoras de frecuencias diferentes para evitar interferirse. En teoría, la idea de las redes SFN es relativamente simple, pero plantea problemas de implementación importantes, uno de ellos es que todos los transmisores de la red deben estar perfectamente sincronizados a una misma señal de referencia. Un receptor sintonizado a la frecuencia de la red puede recibir señales de varios transmisores simultáneamente, cada una con un retardo diferente. En condiciones de propagación multicamino, como es el caso de la transmisión en la cercanía de la superficie terrestre, la intensidad de la señal recibida de cada transmisor puede variar con el tiempo, sin embargo los intervalos de guarda y la ecualización utilizada en OFDM, facilitan la recepción satisfactoria en esas condiciones.

De manera similar a ATSC, la parte del transmisor más afectada por la transición del dominio analógico al digital es el excitador, en que los cambios principales afectan al procesado de la señal en banda base y al modulador.

La señal de entrada al sistema de transmisión DVB-T, al igual que en ATSC, es un flujo síncrono de transporte MPEG-2, compuesto por 187 bytes de datos más un byte de sincronismo. La carga útil de datos puede incluir paquetes de audio, vídeo y/o datos. El conector de entrada al modulador es, en el caso DVB-T, es DB25 hembra y la señal de sincronismo de datos (reloj) está separada de las líneas de datos.

La señal de salida del modulador es una señal COFDM, multiplexada ortogonalmente en frecuencia, generada a alguna frecuencia intermedia entre la de banda base y la portadora de RF. Dicha frecuencia intermedia, nivel de la señal y otras características del interfaz de FI, por lo general dependen de la elección de los diseñadores. Desde el punto de vista de las principales funciones que realiza el modulador, al igual que en ATSC, pueden definirse como la codificación de canal y la modulación propiamente dicha. Adicionalmente, se encuentran el mapeo de símbolos, adaptación de cuadros e inserción de pilotos. Al igual que en ATSC, la aleatorización y codificación de bloque no se aplican al byte de sincronismo en el paquete de transporte.

En ATSC la codificación de bloque agrega 20 bytes de redundancia y es capaz de corregir hasta diez errores de byte por bloque de datos, en DTV se agregan 16 bytes de paridad y es posible corregir hasta ocho de byte por bloque. A continuación del



codificador de bloque se encuentra un intercalador externo para dispersar los símbolos y proporcionar mayor protección contra errores.

Después de ser intercalados, los símbolos pasan a un codificador convolucional o trellis con una diferencia al caso de ATSC. En ATSC se utiliza un picado de  $2/3$ , es decir de cada dos símbolos que entran al codificador, se tienen tres de salida ya que sólo se codifica un símbolo de cada dos. En DVBT es posible utilizar otras relaciones de picado:  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ , o  $7/8$ , derivadas del código madre  $1/2$ . El intercalado se realiza a nivel de bit y a nivel de símbolo, el primero solamente sobre la carga útil. El propósito de intercalar los símbolos es el de mapear los bits sobre las portadoras OFDM activas y su funcionamiento depende del número de portadoras (modos 2K u 8K). No todas las portadoras transportan datos. Algunas de ellas se utilizan para transmitir información de referencia o señalización, es decir, selección de parámetros relativos al modo de transmisión. El número de portadoras utilizadas para datos en el modo 2K es de 1705 y de 6187 en el modo 8K. El flujo binario de datos no depende del modo, sino de la modulación elegida para mapear los datos en cada portadora. En DVB-T el flujo binario es variable entre 4.98 y 31.67 Mb/s, a diferencia de ATSC en que es fijo, a 19.29 Mb/s.

La salida del codificador de canal se entrega al modulador COFDM.

Los datos en serie se convierten a paralelo y se realiza la función de mapeo. Cada símbolo corresponde a un coeficiente de Fourier de modo que la señal puede aquí considerarse en el dominio de frecuencia.

El propósito del buffer es principalmente sincronizar el símbolo OFDM mapeado. A continuación se realiza la transformada inversa de Fourier para generar las portadoras múltiples en cuadratura. La señal de salida del bloque IFFT se convierte nuevamente a serie, ahora en el dominio del tiempo y se inserta el intervalo de guarda entre símbolos.

La señal transmitida se organiza en *cuadros*, cada uno con una duración  $T_F$  consistente en 68 símbolos OFDM, numerados de 0 a 67, cada uno conteniendo datos e información de referencia. Además, cada cuadro OFDM contiene celdas piloto y portadoras de señalización de parámetros (TPS). Las señales piloto pueden utilizarse para sincronización de cuadro, frecuencia, tiempo, estimación de canal e identificación de modo de transmisión. Las señales TPS se utilizan para seleccionar los parámetros relacionados con la codificación de canal y modulación.

En la modulación de las portadoras individuales suele emplearse principalmente QPSK, 16QAM y 64QAM. La selección de diferentes niveles QAM, junto con las diversas tasas de código interno e intervalos de guarda permite conseguir mayor robustez a expensas de la tasa binaria. Por ejemplo, una modulación QPSK es mucho más robusta que una 64QAM, sin embargo la tasa binaria es considerablemente menor.

### **Características de la Norma:**

- Multiportadora: 2k y 8k
- Modulación: COFDM; QPSK, 16QAM, 64QAM (a elegir).
- Permite Modulación Jerárquica (no se emplea).
- Tasa de Datos: Entre 4.98 y 31.67 Mb/s.
- Pre-corrección de errores Reed-Solomon: RS (188, 204)
- Pre-corrección de errores convolucional a elegir: FEC= 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Intervalo de Guarda a elegir: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Diseñada para la transmisión de programas múltiples en SDTV en un canal de 8MHz
- Compresión de video: MPEG-2
- Compresión de audio estéreo: MPEG-2. SDTV, 2 Canales. HDTV, 6 Canales.
- Permite varias señales en SDTV o una señal en HDTV (en desarrollo)
- Permite movilidad con modulación jerárquica (sólo en SDTV)
- Permite redes de frecuencia única (SFN)
- Permite Acceso Condicional (TV Paga)

### **Movilidad**

El sistema de difusión de televisión en movilidad DVB-H elegido por la Unión Europea está claramente diferenciado de la telefonía móvil. En Europa y en los demás países que hayan adoptado la norma DVB-H, cuando un teléfono móvil se utilice para ver la televisión digital, se está ante dos terminales, el de telefonía y el de televisión, que están montados en una misma carcasa y comparten la alimentación y la pantalla de visualización.

La figura 3.6 muestra en azul la estructura de la industria de televisión digital en movilidad mediante el sistema adoptado por la Unión Europea DVB-H. El recuadro gris muestra que las actividades de producción, programación y difusión son similares a las de la TDT.

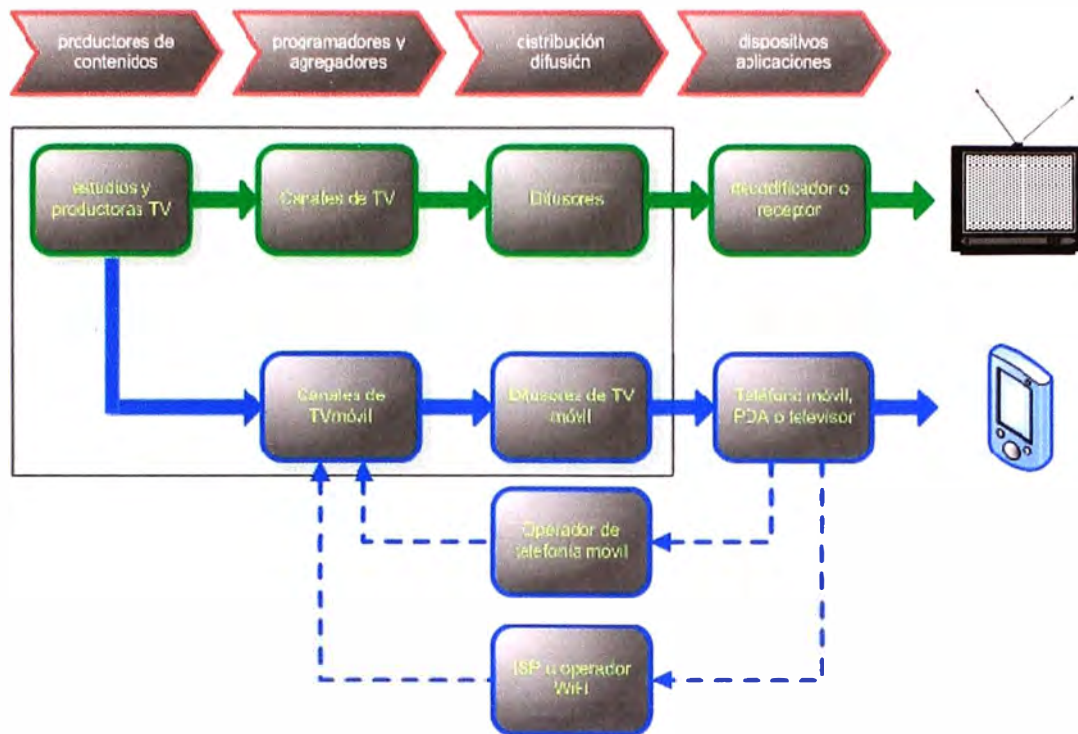
La señal emitida por vía terrestre sigue una normativa propia DVB-H que es una variante de la televisión digital terrestre.

Las normas técnicas de la televisión en movilidad también comprenden que las señales se puedan utilizar para difundir datos IP.

La Unión Europea publicó el 17 de Marzo de 2008, la Decisión 2008/286/CE para atender la difusión de TV en dispositivos de mano, DVB-H.

La mencionada Decisión establece que la norma técnica aplicable es la ETSI EN 302 304 (estándar europeo).

En la tabla 3.1 presenta la comparación entre ambos estándares.



**Fig. 3.6** Estructura DVB-H (en azul) establecido por DVB

La interacción con canal de retorno se puede efectuar por medio de un operador de telefonía móvil, con mensajes o funciones que están incluidas y quizás ocultas en el software del terminal, también puede efectuarse vía IP por el propio operador de telefonía móvil o mediante accesos WiFi.

**Tabla 3.1** Comparativa DVB-T vs. DVB-H Datacasting IP

	TV digital en DVB-T	Datacasting IP en DVB-H
<b>Tasa de datos</b>	4-5 Mbps (en España está limitada legalmente a un 20% de la capacidad del múltiple digital)	128-384 kbps
<b>Display</b>	Grande. El habitual de una TV	Pequeño. El de un teléfono móvil o PDA
<b>Antena</b>	Exterior y sintonizada	Interna
<b>Alimentación</b>	Continua: Red eléctrica.	Limitada: Pequeña batería
<b>Recepción</b>	Doméstica o en coche.	Dispositivo de mano

Los formatos DVB con MPEG-2 están normalizados por la EBU (European Broadcasting Union) y por ETSI (European Telecommunications Standards Institute); se subdividen en HDTV, SDTV y LDTV. Esta última variedad es la que corresponde al DVB-H y sus características se presentan en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Resolución LDTV

<b>Formato</b>	<b>Píxeles horiz.</b>	<b>Líneas de barrido vert.</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Barrido</b>	<b>Cuadros (hz)</b>
288	352	288	16:9, 4:3	Progresivo	24 - 25
240	352	240	16:9, 4:3	Progresivo	23,976 - 29,97

### **Objetivos**

Cuando se contempló la posibilidad de hacer unas normas para la televisión digital en movilidad se aceptó partir de la experiencia de la televisión digital terrestre.

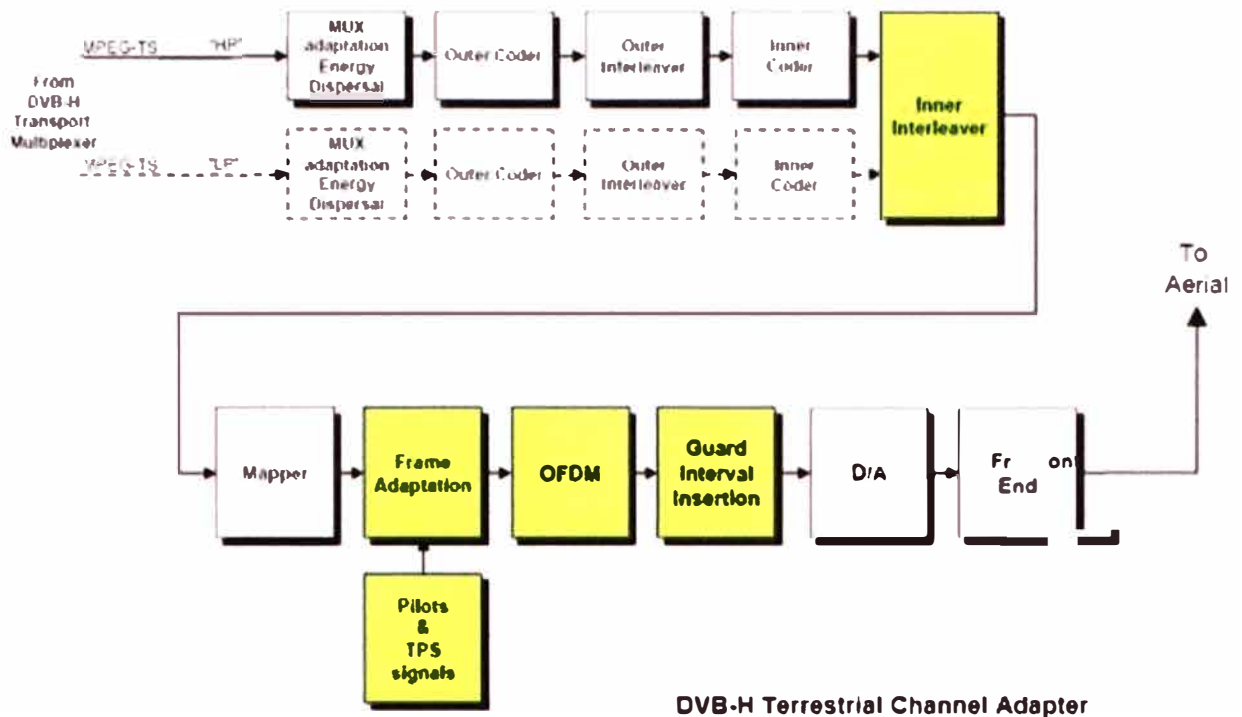
Como principales aplicaciones se contemplaban la TV móvil, streaming de video y descargas de ficheros para dispositivos de mano con conexión radio que tenía que funcionar correctamente con baterías de descarga limitada y en difíciles condiciones de recepción. De ello se dio mucha importancia al ahorro energético, comparado con la televisión digital terrestre, y a que los terminales funcionasen bien en entornos de telefonía móvil celular, con recepción en una antena pequeña, en redes radio isofrecuenciales.

### **Funcionamiento**

La parte de infraestructura de difusión de DVB-H se explica con la figura 3.7

El DVB-H es una extensión de DVB-T con quien mantiene una determinada compatibilidad, p.ej.: puede compartir el mismo multiplex y por tanto emisor y sistema radiante del DVB-T. Utiliza un mecanismo que se denomina encapsulación multi-protocolo, (multi-protocol encapsulation - MPE), que permite transportar datos junto con los flujos video MPEG-2. Tiene un mecanismo de corrección de errores, forward error correction (FEC) para reforzar la seguridad y por tanto la movilidad de la señal. Además de los modos 2k y 8k del DVB-T, el DVB-H tiene un modo 4k para que sea más flexible. En los modos de 2k y 4k se añadió un interleaver para que la tolerancia al ruido de impulsos fuese de similar robustez al del modo 8k.

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



**Fig. 3.7** Infraestructura de transmisión DVB-H

Otro elemento básico del DVB-H es la técnica para ahorrar energía mediante emisión en *ranuras de tiempo* o por ráfagas, que se conoce en inglés como "Time Slicing", cada uno de los programas (o de los servicios) de una señal DVB-H se transmite en ráfagas para que el receptor conmute entre cada ráfaga a una modalidad de "standby" del que saldrá al recibir la siguiente ráfaga. Esta técnica produce buenos ahorros de energía en el dispositivo móvil, lo que a su vez prolonga la duración de la carga de batería y una menor disipación de calor en el terminal. La parte radio de DVB-H contempla que se utilice en las bandas III, IV y V y en la banda L. También se pueden enviar diferentes flujos de datos con multiplexado estadístico.

### **Interactividad**

Actualmente existen dos sistemas de televisión interactiva asociados al estándar DVB: El MHP, cuya petición al radiodifusor se hace a través de un operador de telecomunicaciones a cuya red se une la televisión digital integrada a través de un modem.

El otro sistema es el RTC, que emplea el propio canal del radiodifusor como retorno. A continuación se describen ambos.

## MHP

El sistema MHP define una plataforma común para las aplicaciones interactivas de la televisión digital, independiente tanto del proveedor de servicios interactivos como del receptor de televisión utilizado.

Eso sí, éste último tiene que ser compatible y lo podemos identificar mediante el logo MHP en su frontal. No nos vale pues la mayoría de sintonizadores TDT de cada ni los incluidos en televisores. Los equipos que sí suelen llevarlo son los STB (receptores de medios digitales con TDT).

En cuanto al precio, no suelen ser mucho más caros que los tradicionales.

El estándar MHP lo que ofrece básicamente es interoperabilidad entre diferentes aplicaciones y terminales y entre los propios terminales por medio un interfaz genérico entre las aplicaciones digitales interactivas proporcionadas por DVB y los terminales en los cuales se van a ejecutar, que no tienen por qué ser receptores tradicionales, sino STB o incluso ordenadores personales.

Su arquitectura queda definida en tres capas: la capa de recursos (memoria, sistema de gráficos, procesador, dispositivos de entrada y salida...), el sistema de software, que es una capa intermedia, y finalmente la capa de aplicaciones, que se recibe junto con las señales de vídeo y audio.

El sistema MHP, de código abierto, utiliza el lenguaje de programación Java para sus aplicaciones y define la plataforma conocida como DVB-J, basada en la Máquina Virtual de Java (JVM).

En la televisión interactiva a través de MHP también podemos definir perfiles. El primer perfil, definido como MHP 1.0. no incluye canal de retorno, por lo que simplemente está pensado para la descarga de aplicaciones y proporcionar interactividad de forma local. Una segunda evolución de este mismo perfil sí que incluye canal de retorno, lo que nos dejaría la posibilidad de obtener aplicaciones como vídeo bajo demanda, comercio electrónico, tele-voto o concursos interactivos, entre otros.

El más interesante es el *Internet Acces Profile*, llamado MHP 1.1, que además de incluir las capacidades de los dos perfiles anteriores, permite el acceso a Internet.

En cuanto a la seguridad de este tipo de aplicaciones, el sistema MHP cubre la autenticación de las aplicaciones, la privacidad en el canal de retorno y certificados, todo ello con ayuda de la firma digital, el certificado digital, códigos de Hash y algoritmos RSA. De forma mucho más simple podemos decir que los equipos TDT con MHP incorporan capacidad de proceso para descargar pequeños programas que se pueden ejecutar solamente en un televisor, o aplicaciones con las que se puede recibir información o participar.

### **Servicios interactivos que puede ofrecer el estándar MHP**

El MHP soporta distintos tipos de aplicaciones interactivas, entre ellas algunas muy conocidas, como la Guía Electrónica de Programación (EPG), correo electrónico e Internet, información del tiempo, estado del tráfico o actualidad, así como muchas aplicaciones que se pueden explotar en el futuro más cercano, como la *tele enseñanza*, servicios públicos, comercio electrónico, etc.

En España, la inmensa mayoría de aplicaciones que se encuentran a nivel nacional (las ofrecen A3, Telecinco o TVE) están referidas casi exclusivamente a la guía de programación e información sobre el tráfico, noticias generales o el tiempo. A nivel local y autonómico, se puede encontrar alguna más, pero nada que realmente suponga un impacto importante en el televidente. La mayoría ignora el potencial de sus funcionalidades de la TDT y se demuestra con el escaso porcentaje de sintonizadores TDT que se venden con MHP.

### **DVB-RCT**

DVB-RCT (Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial) es un sistema estandarizado y publicado por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) en el año 2002 (EN 301 958v1.1.1 (2002-03)) que permite, mediante una transmisión sin hilos, la interactividad de los usuarios por un canal de retorno con la Televisión digital terrestre (TDT), del estándar DVB-T.

#### ***Características***

Este estándar permite un canal para interactuar sin hilos (bandas del UHF y VHF). Es el primer sistema basado en el sistema OFDM con acceso múltiple que proporciona un canal sin hilos para interactividad. Permite tener grandes celdas o pequeñas dependiendo de los bits de capacidad que se proporciona al usuario y puede soportar picos elevados de información. Proporciona interactividad a cualquier dispositivo que pueda recibir señal TDT. Utiliza eficientemente el espectro y tiene un coste bajo.

En la tabla 3.3 se presenta el resumen de las características de este estándar.

#### ***Costes y prestaciones del sistema DVB-RCT***

Básicamente, los costes del DVB-RCT constan del precio de los equipos del usuario y los de la estación base. También se ha de tener en cuenta el enlace de retorno desde la estación base hasta el proveedor de servicios (ISP) en el caso que no haya ningún enlace ya instalado. Con una sola unidad de recepción instalada a la estación base, esta puede tramitar hasta 20000 interacciones por segundo. Por ejemplo, en el modo 2k, se pueden gestionar hasta 59 interacciones de diferentes usuarios con una tasa de 600 por segundo. Todas estas características hacen que el sistema DVB-RCT tenga un coste

muy bajo (desplegarlo cuesta una pequeña parte de lo que cuesta desplegar redes XDSL, GSM o UMTS) y lo que es más importante, que en casa del usuario no se tenga que instalar ninguna antena ni transmisor que requiera llamar a un técnico para poder garantizar la interacción.

**Tabla 3.3** Resumen de las características del DVB-RCT

	<b>Características principales</b>
<b>Retorno de la interacción</b>	Multiple Acces OFDM (MA-OFDM)
<b>Tipos de OFDM</b>	1k (1024) y 2k (2048)
<b>Espaciado de portadoras</b>	~1kHz, ~2kHz, ~4kHz
<b>Intervalo de guarda</b>	1/8, 1/16, 1/32
<b>Transmisión de las tramas</b>	TF1, TF2
<b>Modulación</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM
<b>Codificación de canal</b>	Turbo, Concatenada
<b>Estructuras de ráfaga</b>	BS1, BS2, BS3
<b>Radio máximo de celda</b>	65 km

### **ISDB-T:**

ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) o Transmisión Digital de Servicios Integrados es el estándar de televisión digital y radio digital que Japón ha creado para permitir a las estaciones de radio y televisión la conversión a digital.

Además de transmisión de audio y video, ISDB también define conexiones de datos (transmisión de datos) con Internet como un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos.

Esto se usa, por ejemplo, para interfaces interactivas como la transmisión de datos y guías electrónicas de programas.

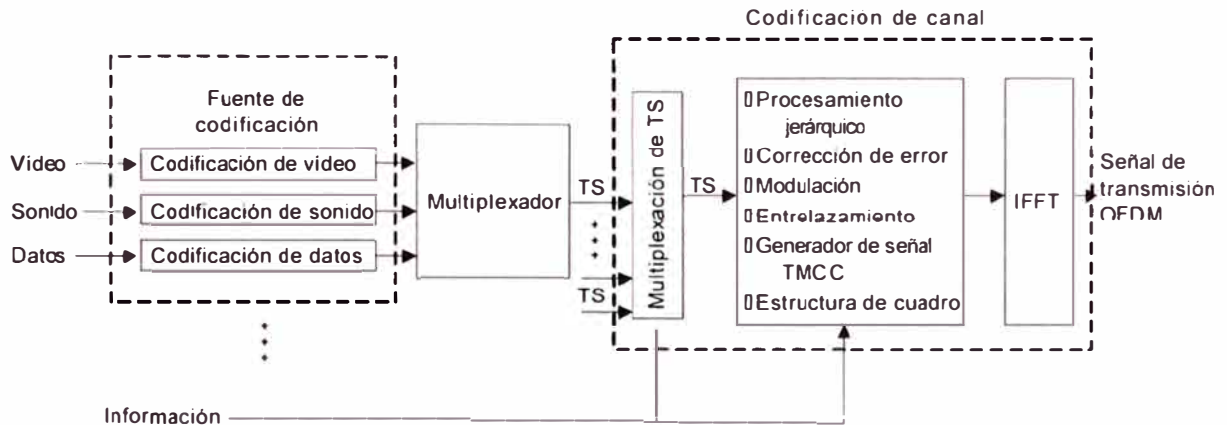
ARIB (Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión) es la entidad encargada de crear y mantener el ISDB-T, congrega a una multitud de empresas -japonesas y extranjeras.

Digital Broadcasting Experts Group (DiBEG) fue fundado en setiembre de 1997 para promover el estándar ISDB-T (Digital Terrestrial Broadcasting System) en el mundo. También DiBEG promueve el intercambio de información técnica y cooperación internacional.



El estándar ISDB-T es, en muchos aspectos, similar al DVB-T, si bien una diferencia importante es el uso de OFDM en bandas segmentadas (BST-OFDM18).

En la figura 3.8 se presenta el diagrama en bloques del transmisor ISDB-T.



**Fig. 3.8** Diagrama en bloques del sistema de transmisión ISDB-T

En ISDB-T, uno o varios flujos de transporte se remultiplexan para generar un flujo único de transporte (TS). Este TS se somete a procesos múltiples de codificación de canal, de acuerdo con los objetivos del servicio y se transmite finalmente como una señal OFDM única.

En ISDB-T también es posible el entrelazado en tiempo, con el objeto de proporcionar una codificación de canal más potente para recepción móvil, en que las considerables variaciones de nivel de la señal recibida son inevitables.

Para transmisión de televisión, el espectro consiste de 13 bloques sucesivos OFDM, también designados como segmentos OFDM, en que el ancho de banda de cada segmento es igual a 1/14 del ancho de banda de un canal de televisión.

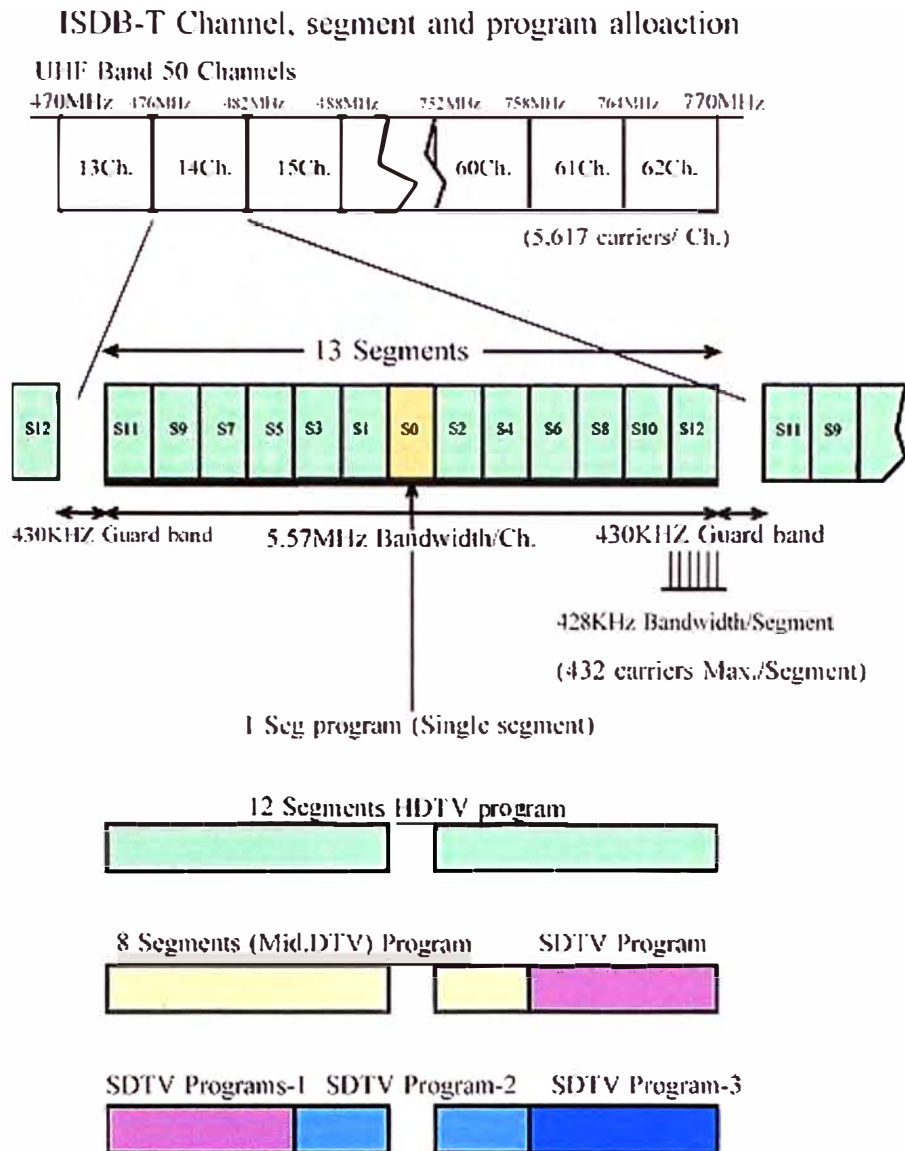
Esta configuración en segmentos permite el uso del mismo receptor tanto para televisión como para recepción de señales de radiodifusión de audio digital.

La figura 3.9 muestra la disposición segmentada según el estándar ISDB-T.

La codificación de canal se realiza en términos de segmentos, de modo que una parte de un canal de televisión puede utilizarse para servicio fijo el resto para servicios móviles en una forma designada como transmisión jerárquica.

Cada capa de la jerarquía consiste de uno o más segmentos y para cada capa se pueden especificar parámetros tales como el esquema de modulación de portadoras, tasa de codificación interna (picado) y longitud del intercalado en tiempo.

Se tienen hasta tres capas jerárquicas en que el segmento empleado para recepción parcial, también cuenta como capa jerárquica.



**Fig. 3.9** Esquema de la disposición de canales, segmentos y difusión de múltiples programas, según la norma ISDB-T.

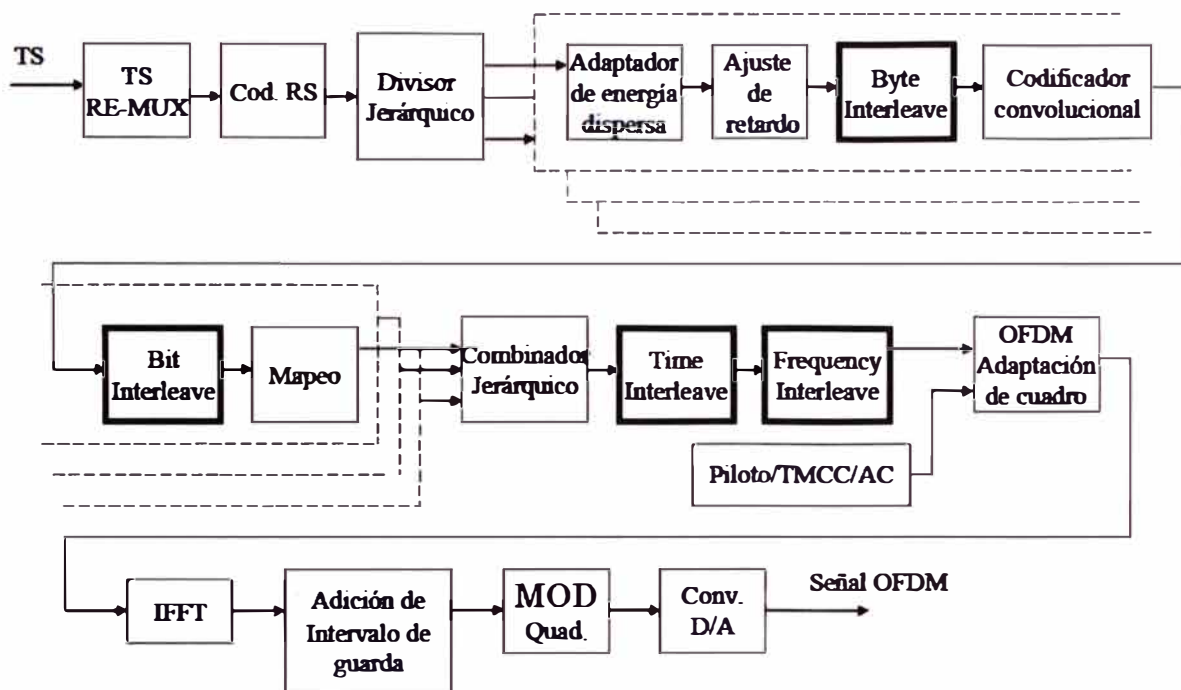
La codificación de canal en ISDB-T es más compleja que en DVB y el orden de la codificación de bloque y la dispersión de energía (aleatorización) se intercambian, como se ilustra en la figura 3.10

La dispersión de energía, ajuste de retardo, intercalado de bits y codificación trellis se aplican a cada segmento de datos separadamente, lo que permite que el intercalado y la tasa de código del codificador interno (trellis), así como la constelación de señales pueden seleccionarse independientemente para cada capa jerárquica.

El intercalado a nivel de bit difiere para cada capa, dependiendo de la codificación de canal y de la modulación.

Para compensar esto se inserta un ajuste de retardo antes del intercalado.

La salida de los codificadores trellis de cada capa se aplica al modulador OFDM de forma similar a DVB, lo que implica el cómputo de la IFFT para generar portadoras múltiples en cuadratura. Dependiendo del modo de transmisión, el número de portadoras varía de 1405 a 5617, de las que el número de portadoras activas varía de 1249 a 4993. El ancho de banda ocupado por la información es aproximadamente de 5.6, 6.5 y 7.4 Mhz para los canales de RF de 6, 7 y 8 MHz respectivamente.



**Fig. 3.10** Diagrama de bloques de la codificación de canal en ISDB-T

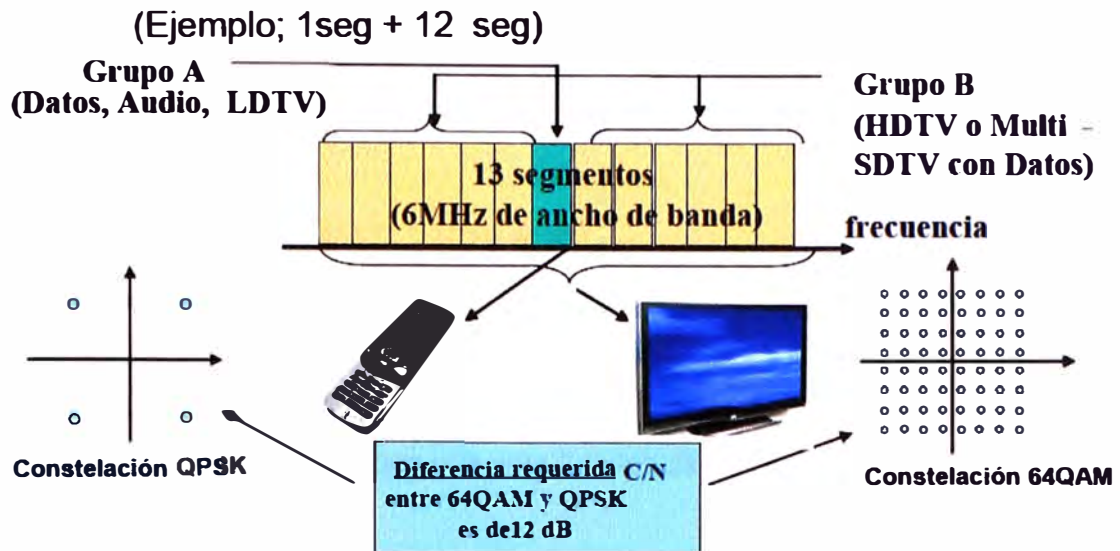
Además de las tres constelaciones usuales en DVB-T, en ISDB también se utiliza DPSK (modulación diferencial en cuadratura de fase).

Una vez llevada a cabo la modulación, la señal de salida ISDB-T está generada y el resto del sistema transmisor, al igual que en los otros sistemas tiene por finalidad la conversión de la salida de FI del modulador a la frecuencia del canal de RF y la amplificación subsiguiente para alcanzar el nivel de potencia requerido para transmisión.

La transmisión segmentada OFDM, es el único sistema de transmisión, que es capaz de transmitir diferentes parámetros de señal en el mismo ancho de banda.

A este sistema de transmisión se le llama “transmisión en modo jerárquico”.

La figura 3.11 nos muestra una imagen de la “transmisión en modo jerárquico”.



**Fig. 3.11** Imagen del "Sistema de transmisión en modo jerárquico" (caso de 2 grupos)

Se usa 1 grupo en el centro del ancho de banda para el servicio de recepción portátil, y los otros 12 grupos se usan para el servicio de recepción fija de HDTV.

Para la transmisión de 1 grupo, las condiciones de recepción, tales como bajo nivel de la altura de la antena, ganancia baja de la antena, fluctuación del nivel de la señal, son necesarios parámetros de transmisión más fuertes, y para esto se usa QPSK. Por otro lado, para 12 grupos, que se usa para recepción fija, si se considera una gran y alta ganancia de la antena, es deseable una más alta velocidad de transferencia en la transmisión, por lo que se usa 64QAM.

Como se mencionó anteriormente, en el modo de transmisión jerárquico, es posible seleccionar el adecuado parámetro de transmisión, de acuerdo al estilo de recepción en el mismo canal.

Con este sistema tenemos las siguientes ventajas:

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

#### Características de la Norma:

- Modulación: COFDM Segmentada; QPSK, DPSK, 16QAM, 64QAM.
- Multiportadoras. Espectro dividido en 13 segmentos.
- 3 Modos de Operación. Distancia entre portadoras: 4KHz, 2KHz y 1KHz.
- Tasa de Datos: 3.6 ... 23.2Mb/s
- Pre-corrección de errores Reed-Solomon: RS (188, 204)

- Pre-corrección de errores convolucional: FEC= 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Intervalo de Guarda a elegir: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Diseñada para la transmisión de HDTV con énfasis en la movilidad y portabilidad en un canal de 6MHz
- Compresión de video MPEG-2 HD y H.264
- Compresión de audio envolvente 5.1: MPEG -2 BC (Backward Compatible)
- Interleaving de tiempo, adicional al de frecuencia.
- Basado en la Modulación Jerárquica.
- Posibilidad de transmisión con una sola frecuencia (SFN).

### **Movilidad / Portabilidad**

Para permitir los servicios de recepción fija / móvil / portátil en el mismo canal, ISDB-T desarrolló una nueva tecnología, llamada "Sistema de Transmisión Segmentada OFDM". Como resultado, es posible el servicio fijo / móvil & portátil en un mismo canal. El servicio "One-seg", es un servicio portátil único del ISDB-T, usando 1 segmento de los 6MHz.

El receptor de "One-seg" se instala fácilmente en los teléfonos celulares, PDA portátiles, sintonizadores USB, etc., por lo que esto permite el servicio de transmisión a "Cualquier tiempo en cualquier lugar"

### **Servicio One-seg**

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

### **Interactividad**

Para la interactividad el ISDB define conexiones de datos con Internet como canal de retorno sobre distintos medios (10Base-T/ 100 Base T, módem, teléfono celular, LAN Inalámbrico (IEEE 802.11) y con diferentes protocolos. Esto se usa, por ejemplo para guía electrónica de programas (EPG) y transmisión de datos.

### **SBTVD**

Este sistema de TV digital elegido en Brasil en el 2006 es una mezcla de las tecnologías japonesa, ISDB (*Integrated Services for Digital Broadcasting*) y la tecnología brasileña. Internacionalmente, el sistema híbrido pasó a ser llamado de ISDB-T (*Integrated Services for Digital Broadcasting Terrestrial*) y en Brasil es conocido como Sistema Brasileño de

TV digital terrestre (SBTVDT). Este sistema se menciona por los aportes que está realizando a la tecnología de la televisión digital.

#### **Las características de la Norma:**

- Multiprogramación, donde cada empresa puede utilizar cuatro canales;
- Interactividad que puede ser usada en distintos niveles;
- Interoperabilidad entre los diferentes patrones de TVD;
- Robustez que permite recibir las distintas programaciones en todo el país;
- Movilidad, pues puede ser utilizada tanto en casa, como en el coche, en la calle o en un autobús;
- Portabilidad, es decir la TV digital está disponible en pantallas pequeñas que pueden ser llevadas en el bolsillo;
- Accesibilidad, para las personas con necesidades especiales;
- Está disponible tanto en alta definición como en el modelo estándar, siendo que este último es más sencillo y presenta pocos recursos digitales;
- Uso del MPEG 4 (h264), que ofrece una calidad superior al mpeg-2 con un consumo menor de ancho de banda.
- Señal portátil mejorada, ya que cuenta con 30fps (30 cuadros por segundos) a diferencia del estándar ISDB-T japonés que ocupa 15fps.

#### **Movilidad**

Por su estandarización, utiliza los mismos conceptos técnicos que el estándar ISDB-T

#### **Interactividad**

Entre los aportes brasileños está el **Ginga**, *middleware* que permite el uso de los tres patrones (norteamericano, europeo y el híbrido japonés-brasileño), es decir permite la interoperabilidad entre los sistemas; permite su utilización tanto en el modelo estándar como en alta definición (HDTV) y permite que sean rodados los aplicativos interactivos de distintos niveles. Además, permite que los contenidos de TV digital sean exhibidos en diferentes sistemas de recepción, independiente del fabricante o del tipo de receptor, pues el Ginga acepta TV, celulares, computadoras de mano (PDAs) o TV de pago, como cable y satélite, entre otros. El *middleware* Ginga ofrece código abierto y libre, además de interface con internet e interface gráfica.

Ginga es desarrollado en conjunto entre la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro y la Universidad Federal de Paraíba.

El *middleware* abierto Ginga se subdivide en dos subsistemas principales interrelacionados, que permiten el desarrollo de aplicaciones siguiendo dos paradigmas

de programación diferentes. Dependiendo de las funcionalidades requeridas en cada proyecto de aplicación, un paradigma será más adecuado que otro. Estos dos subsistemas se llaman Ginga-J (para aplicaciones procedimentales Java) y Ginga-NCL (para aplicaciones declarativas NCL).

### **DMB-T/H**

DMB-T/H o DTMB (2006), es la televisión digital terrestre estándar aplicado en la República Popular de China, incluyendo Hong Kong and Macau (2007). Este estándar cubrirá a terminales fijos y móviles y atenderá a más de la mitad de los televidentes en la República Popular, especialmente a aquellos de los suburbios y de áreas rurales.

El estándar es oficialmente llamado en inglés, Digital Terrestrial Multimedia Broadcast (DTMB). Anteriormente se le denominó Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld (DMB-T/H). La confusión con la norma coreana DMB hizo que el estándar haya sido oficialmente bautizado como Transmisión Digital Terrestre Multimedia (DTMB por las siglas en inglés de Digital Terrestrial Multimedia Broadcast). 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, no existe ninguna relación.

DTMB es fruto del trabajo en la Universidad de Jiaotong donde se desarrolló el estándar ADTB-T (similar al ATSC, el cual coexiste con DVB-T) en Shanghai and Tsinghua University desarrolló DMB-T en Beijing. Al final, se decidió por una opción dual compatible con ADTB-T, DMB-T y DVB-T.

La metodología de la transmisión de los datos implementada por el estándar es la TDS-OFDM ("Time Domain Synchronuous-Orthogonal frequency-division multiplexing"), la cual principalmente es una tecnología de modulación de de portadora múltiple, soportando ambas (modulación de portadora simple y un esquema de modulación dual). El estándar, de acuerdo a la universidad de Tsinghua es capaz de transmitir "aceptable" calidad de señal para el receptor HDTV que se esté moviendo a 200 km/h. El estándar también tiene el soporte del servicio de TV digital móvil en portátiles como el ISDB-T. El radio del área de cobertura usando el estándar DTMB es de 10 km mayor a la norma europea DVB-T. También permite la transmisión de varios canales por una misma frecuencia

La norma no define codecs de compresión (como MPEG-4 y MPEG-2), dejando esa decisión a los broadcasters. Cada broadcaster tiene la discreción de utilizar cualquier codificador que soporte video de alta definición así como sistemas que proporcionen subtítulos, guía de programación electrónica y características interactivas. Eso significa

que los receptores tendrán que ser capaces de descifrar múltiples formatos, lo que los hace más caros.

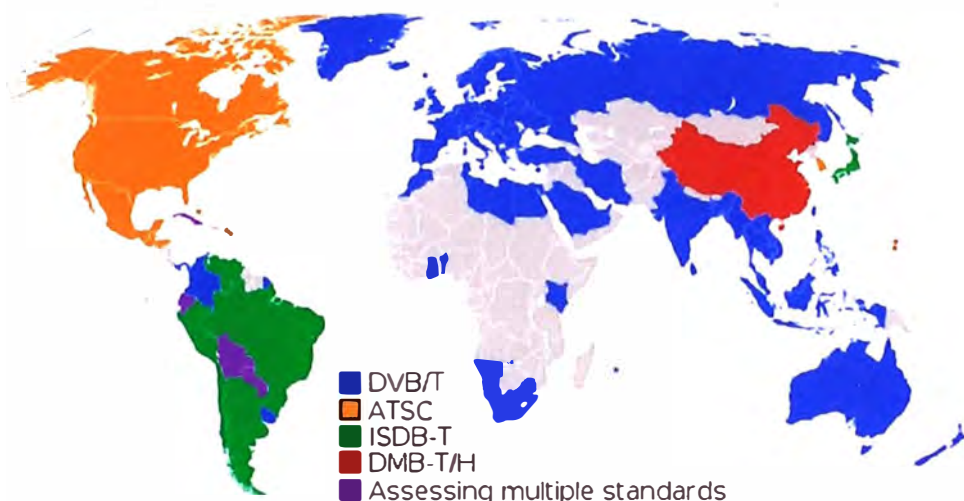
Las Olimpiadas Beijing 2008 se transmitieron en China y Hong Kong en el formato DTMB, en alta definición (720p o 1080i) y con sonido Dolby Digital 5.1.



## CAPITULO IV DESARROLLO Y DESPLIEGUE DE LA TDT EN EL MUNDO

### 4.1 Introducción

Muchos países en el mundo han definido ya su estándar de TDT y se encuentran en la etapa de implantación y regulación. Otros países están aun en el proceso de adopción. Para la decisiones de adopción del estándar más apropiado, se debe tomar en cuenta los aspectos técnicos, los aspectos socioeconómicos, estratégicos y los aspectos jurídicos; todos con igual nivel de importancia. En la fig. 4.1 se muestra el panorama actual.



*Fig. 4.1* Sistemas de televisión digital terrestre en el mundo

### 4.2 En Norteamérica (ATSC)

#### EEUU

La TDT empieza en Estados Unidos en 1996 gracias a la FCC (Federal Communications Commission), que aprueba el estándar de televisión digital propuesto por el ATSC (Advanced Television Systems Committee).

Se establecen los plazos de implantación, con el inicio de emisiones para el mes de mayo de 1999.

Este proceso debía concluir con el apagón analógico, fijado inicialmente para diciembre de 2006 ó cuando el 85% de hogares tenga capacidad para recibir la señal TDT.

Por imperativo legal, los broadcasters se ven obligados a migrar del sistema tradicional de difusión analógico terrestre a un sistema digital que emplea el estándar ATSC, norma fruto del deseo de creación de la Gran Alianza por parte de la Administración, esto es, unificar los esfuerzos de investigación para mejorar la televisión en color NTSC, con el propósito de saltarse el estadio intermedio de tránsito analógico-digital.

La injerencia del Estado en la regulación del sector responde a sus intereses de hegemonía económica e industrial, y de carácter estratégico.

El estándar americano ATSC define sus formatos de emisión en función del número de líneas de la imagen y la forma en que las líneas se presentan en la pantalla.

EE UU toma un modelo de implantación del TDT que se sostiene sobre los broadcasters existentes. Para ello, le atribuye a cada uno una licencia para explotar un canal analógico, un canal digital de 6 MHz, de manera gratuita con la condición de que cumpla el objetivo del "Apagón analógico".

En ese momento, los broadcasters devuelven al Estado las frecuencias que ocupaban para emitir en analógico, que se destinarán a nuevos usos y servicios. Así pues, el regulador flexibilizó las exigencias y aplazó la obligación de emitir totalmente en digital. Las estaciones comerciales sólo están obligadas a operar en simulcast (programación analógica que debe ser emitida simultáneamente en digital) en el primer tiempo.

Por su parte, la FCC dio un importante impulso a la multiplicación de televisiones con sintonizador de TDT incorporado, aprobando la propuesta de fabricar televisores digitales que reciben señales de televisión digital conectados directamente al cable, denominados plug and play. Las tres grandes redes de televisión (ABC, CBS y NBC) apostaron por la HDTV, mientras que la Fox se decantó por la emisión de SDTV en relación de aspecto 16:9 (EDTV o Enhanced Definition Television). Así, la propuesta dominante en Estados Unidos es privilegiar una mayor calidad de imagen y sonido, antes que multiplicar la oferta de programas.

La opción de tomar la HDTV como elemento dinamizador promueve la apuesta de otros operadores para competir en el terreno de la TDT, dejando en segundo plano la oferta de servicios innovadores de carácter interactivo. Actualmente la tremenda aceptación y éxito de la HDTV hacen que la implantación esté asegurada.

El apagón analógico en EEUU se realizó el 12 de junio de 2009 aunque dos millones de usuarios no pudieron cambiar a televisor digital.

El Gobierno norteamericano apoyará con \$40.00 para que puedan ver a través de los decodificadores.

El 15 de Octubre de 2009 ATSC adopta el estándar digital para equipos móviles y portátiles mediante la aprobación de la recomendación *A/153 ATSC Mobile DTV Standard*.

### **Canadá**

La TDT en Canadá está basada en el estándar ATSC.

La Comisión de Radio Televisión y Telecomunicaciones Canadiense (CRTC) inicialmente decidió no establecer una fecha para el fin de la difusión de la televisión analógica, dejando que el mercado forzara la decisión para el apagón. De acuerdo a ello, la decisión está programada para 31 de agosto de 2011. Mientras tanto, un grupo de radiodifusoras está trabajando en sentar las bases para la emisión terrestre en televisión de alta definición.

Mientras los convertidores digitales se están introduciendo lentamente, las autoridades de Canadá han decidido no seguir el patrón estadounidense, que consiste en usar fondos para el apoyo a la población en la adquisición de los set-top boxes; sino que han dictado normas a favor de que los aparatos de televisión sean capaces de recibir la señal digital.

### **México**

El Gobierno adoptó el estándar ATSC esgrimiendo como argumento principal para adoptar dicha decisión, las oportunidades estratégicas que ofrece la frontera con Estados Unidos, aunque no existen estudios serios que respalden la conveniencia de este estándar para el territorio mexicano. México determinó operar con el sistema de compresión MPEG-2, H.264 (ATSC 2.0).

El apagón analógico está programado para 31 de diciembre de 2021.

Asimismo, se ha desarrollado un Calendario de Obligaciones para que los concesionarios y permisionarios de televisión transiten a la TDT, en el cual se comprende seis períodos, en las que inicialmente se contará con presencia de señales, para que en la etapa siguiente se logre la réplica del servicio.

Para llevar a cabo esta transición de la televisión analógica a la TDT se requiere de la asignación temporal de canales adicionales con objeto de garantizar la continuidad del servicio al público, poder elevar la calidad de las señales y favorecer la convergencia. Los canales adicionales pueden ser solicitados por los concesionarios y permisionarios que hayan manifestado su compromiso en los términos de la Política de la TDT, conforme al trámite publicado en Registro Federal de Trámites y Servicios de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria.

## **4.3 En Centroamérica y el Caribe**

**Costa Rica**

Se adoptó el estándar norteamericano ATSC. Costa Rica determinó operar con el sistema de compresión MPEG-2, H.264 (ATSC 2.0). El apagón analógico está programado para el año 2018.

**Cuba**

De acuerdo a las fuentes oficiales del MIC (Ministerio de Informática y Telecomunicaciones), la isla caribeña se decidiría por el formato DTMB utilizado por China. Los especialistas cubanos están realizando pruebas en DTMB y en DVB-T pero no se menciona fechas para una transmisión oficial ni para el apagón analógico.

**El Salvador**

En Abril de 2009 se optó por el estándar norteamericano ATSC. El Salvador determinó operar con el sistema de compresión MPEG-2, H.264 (ATSC 2.0). El apagón analógico está programado para el año 2014.

**Honduras**

Se adoptó el estándar norteamericano ATSC el 16 de Enero de 2007. El apagón analógico está programado para el año 2022.

**Nicaragua**

Es muy probable que se opte por el estándar chino DTMB. Se anunció que cualquiera sea el sistema elegido, éste operará con el sistema de compresión H.264/MPEG-4 AVC.

**Panamá**

Mediante Decreto Ejecutivo número 96 del 12 de mayo de 2009, se adoptó el estándar DVB-T de origen Europeo como norma oficial para todo el territorio nacional.

**4.4 En Europa (DVB-T)**

La Unión Europea, recomendó en diciembre de 2006 que sus estados miembros cesen toda transmisión analógica para el año 2012. Algunos países han adelantado la fecha, mientras que Polonia y Bulgaria lo han decidido para junio de 2013.

**España**

El planteamiento elegido inicialmente para impulsar la TDT fue conceder en 1999 la primera licencia de explotación a Onda Digital S.A. que empezó a emitir en el año 2000

bajo la modalidad de pago y la marca Quiero TV, concediéndole el papel de promoción de la TDT. Adicionalmente se dividió un canal múltiple en cinco programas que se repartieron entre los operadores estatales analógicos existentes, dos para RTVE y uno para cada uno de los emisores privados (Antena 3, Tele 5 y Sogecable).

El fracaso comercial sufrido por Quiero TV hace replantearse la situación y durante el 2003 se flexibilizan las condiciones de concesión a los operadores que emitían exclusivamente en TDT (NetTV y VeoTV).

El 30 de noviembre de 2005 se realiza el relanzamiento de la TDT en España, con la asignación de las frecuencias de ámbito nacional que estaban disponibles desde el cierre de Quiero TV y el inicio de emisiones de los canales que se sumaban a los que ya estaban emitiendo desde el 2002, para totalizar una oferta de 20 canales nacionales en TDT (5 de RTVE, 3 de Telecinco, Antena 3 y Sogecable y 2 de Veo TV, Net TV y La Sexta). Por medio del *Plan Técnico Nacional de la Televisión Terrestre*, aprobado por Real Decreto 944/2005 de 29 de julio, se fija el 3 de abril de 2010 como fecha de cese de las emisiones de televisión analógica terrestre. Igualmente, se establece un cronograma de ampliación de la cobertura hasta alcanzar niveles de 95% y 98% de la población en 2010 con una serie de hitos intermedios.

Los datos de cobertura correspondientes a diciembre de 2009 son del 97,27% de la población a nivel nacional.

### **Portugal**

En Portugal al igual que en el resto de Europa el sistema TDT es el DVB-T, pero también se emitirá en MPEG-4, aunque solamente se hayan asegurado la emisión de aproximadamente 5 canales gratis hasta ahora (un quinto canal público está en discusión). También serán emitidos canales pagados e serán controlados por "Zon TvCabo".

El apagón analógico se producirá en principio el 26 de abril de 2012. En Lisboa, su capital, ya han empezado las emisiones de la TDT, al igual que se había hecho en otra pequeña ciudad que empezó un tiempo antes.

### **Reino Unido**

En el Reino Unido, la TDT fue lanzada en noviembre de 1998 inicialmente como un servicio de suscripción con el nombre de ONdigital, una empresa en joint venture entre Granada Television y Carlton Communications, con solo unos pocos canales disponibles aire. Ondigital pronto cayó en dificultades financieras por la menor suscripción de espectadores a lo esperado, y para revertir la situación fue relanzada, con gran publicidad en el 2001 con el nombre de ITV Digital. Pese a los esfuerzos, tuvo que cerrar su servicio

en el 2002. Posteriormente fue relanzada como un servicio al aire libre en la plataforma de Freeview en el 2002. Luego, un servicio de pago por suscripción bajo demanda estuvo disponible en el 2004.

En los últimos tiempos, han aparecido múltiples radiodifusoras de servicio público y algunas áreas serán capaces de recibir servicios de televisión de alta definición utilizando decodificadores de segunda generación DVB-T2 y MPEG4.

El apagón analógico está programado para diciembre de 2012.

### **Holanda**

Holanda lanzó su servicio TDT en abril de 2003 y su transmisión analógica concluyó en diciembre de 2006. KPN es propietaria de Digitenne la que provee del servicio de TDT y está compitiendo fuertemente con el cable. Digitenne también provee un servicio móvil de transmisión DVB-H.

### **Suecia**

En Suecia, la TDT fue lanzada en 1999 solamente como un servicio de pago. Desde el 2007 hay 38 canales distribuidos en 5 grupos de canales de ondas de radio. Once de estos, son irradiados libremente por diferentes radiodifusores. El apagón analógico se inició el 19 de setiembre de 2005 y finalizó el 29 de Octubre de 2007. La compañía Boxer empezó el despliegue de receptores MPEG-4 a nuevos suscriptores. En los siguientes 6 años posteriores al 2008 Suecia migrara gradualmente del estándar MPEG-2 a MPEG-4, H.264. Desde abril de 2008, Boxer es también responsable de aprobar dispositivos para usar en la red TDT y no aceptará más receptores MPEG-2 para probar y aprobar. Los decodificadores deben ser compatibles con las versiones anteriores de manera que puedan decodificar ambos formatos MPEG-2 y MPEG-4.

### **Finlandia**

Finlandia lanzó la TDT en el 2001 y canceló la transmisión analógica el 1 de setiembre de 2007.

Finlandia ha lanzado exitosamente un servicio mixto de pago y libre en la transmisión por el aire.

La compañía Digita opera las redes TDT y Móviles y alquila a los radiodifusores capacidad de su red en un mercado base neutral.

El servicio TDT de pago proporcionado por Boxer ha adquirido una mayor participación en el operador Plus TV el cual ofrece un número de canales comerciales por suscripción. Esto se inició en Octubre de 2006. Boxer también proporciona el servicio TDT por pago en Suecia y Dinamarca.

## **Alemania**

Alemania lanzó una plataforma TDT al aire libre, región por región, iniciándose en Berlín en noviembre de 2002. Las transmisiones analógicas cesarían tan pronto se iniciaran las digitales. Berlín se volvió completamente digital el 4 de agosto de 2003 continuando el resto hasta el 2008.

El cambio a digital ha sido completado en toda la extensión alemana el 2 de diciembre de 2008 y los servicios son disponibles al 100% de la población, luego de actualizar 79 lugares de transmisión e instalar 283 nuevas estaciones de transmisión.

## **Francia**

La compañía nacional de Francia TNT (Télévision Numérique Terrestre) ofrece 18 canales libres y 11 canales de paga. Un 89% de la penetración TDT se esperaba para diciembre de 2008. Desde ese año, TNT utiliza el formato de compresión MPEG4 AVC/H.264.

Desde el 30 de octubre de 2008, Francia tiene cuatro canales de alta definición (TF1 HD, France2 HD, Arte HD, M6 HD) y uno de paga (Canal+ HD) en TNT, utilizando el formato de compresión MPEG4 AVC/H.264. Siguiendo los éxitos de TNT en señal abierta, otros radiodifusores de canales de pago se están alineando. ASO lo hará para el 30 de noviembre de 2011.

El apagón analógico está programado para el 30 de noviembre de 2011. La TDT deberá Alcanzar una cobertura del 91% antes del apagón indicado.

La autoridad independiente CSA (Conseil supérieur de l'audiovisuel) ha programado las diferentes fases del apagón analógico, de manera que en 2012, año límite establecido por la Unión Europea para efectuar el apagón analógico, no habrá ninguna señal analógica en funcionamiento.

## **Bulgaria**

Bulgaria lanzó una plataforma de señal abierta en la región de Sofía en noviembre de 2004. Los estándares escogidos fueron DVB-T/DVB-T2 y el formato de compresión MPEG4/H.264. La Comisión Reguladora de Comunicaciones (CRC) ha manifestado que ha recibido 6 ofertas por la licencia de construir y operar dos redes TDT a nivel nacional en Bulgaria. Una segunda licencia para la operación de 3 multiplexores TDT en Bulgaria cuyas ofertas se recibieron hasta el 27 de mayo de 2009. Siguiendo de cerca este proceso, Hanny Pro, parte de Silicon Group, y con Baltic Operations ha asegurado la licencia para operar los 3 multiplexores TDT mencionados. Esto será el impulso para completar la transición a la transmisión digital hasta diciembre de 2012.

## **Rumania**

En Rumania, las regulaciones de radiodifusión han sido enmendadas para que los proveedores de servicios de TDT tengan un sola licencia, en vez de las dos que anteriormente eran requeridas por la National Audiovisual Council (CNA). Los servicios de TDT se lanzarían en diciembre de 2009 usando el formato de compresión MPEG-4 (H.264 AVC) siguiendo el plan estratégico para la transición a la transmisión digital publicado por el Ministerio de Comunicaciones.

El Ministerio de Comunicaciones estima que el 49% de los 7.5 millones de hogares rumanos tiene televisión por cable, 27% tiene servicio DTH (direct-to-home), mientras que la TDT es usada por el 18%. Se han considerado subsidios para aquellos sectores de bajos recursos para el apagón analógico, el cual está programado para enero de 2012.

Mientras tanto, la National Audiovisual Council encargada del servicio público de radiodifusión, ha otorgado licencias para la transmisión digital para los canales TVR1 y TVR2.

El primer multiplex rumano tendrá cinco canales comerciales líderes: Pro TV, Antena 1, Prima TV, Kanal D and Realitatea, así como TVR1 and TVR2.

## **Polonia**

Un nuevo plan para la introducción del servicio TDT en Polonia sería adoptado a inicios de 2010.

Las compañías Polsat, TVN y TV4 han propuesto que el primer multiplexor, el cual debutó en setiembre de 2009, debería ser explotado solo por el propietario de la publicidad TVP, mientras que ellos deberían ser colocados en un segundo multiplexor.

Tres de los principales radiodifusores públicos TVP1, TVP2 y TVP Info ya se han asignado la capacidad del multiplexor. Una licencia de TV móvil ha sido otorgada a Info TV FM para usar el estándar DVB-H.

Polonia tiene programado efectuar el apagón analógico el 31 de julio de 2013.

## **4.5 En Asia**

### **Japón**

En Japón, el ISDB-T fue adoptado para las transmisiones comerciales en diciembre de 2003. Abarca un mercado de cerca de 100 millones de televisiones (ISDB-T tenía 10 millones de suscriptores para el final de abril de 2005). El precio del Set Top Box ISDB-T en el extremo inferior del mercado era de ¥19800 (\$169 dólares de los E.E.U.U) al 19 de abril de 2006.



El 24 de julio de 2011, en Japón dejarán de transmitir televisión de manera análoga entrando de lleno a la televisión digital.

El gobierno japonés distribuirá un millón de sintonizadores digitales de funcionalidades simplificadas a igual número de hogares y ya han encargado a los fabricantes que presenten propuestas con un costo de menos de 46 dólares, lo cual es un cuarto del precio que estos dispositivos tienen actualmente en el mercado. Los sintonizadores permiten recibir la señal digital en televisores análogos y significarán una inversión de más de 46 millones de dólares.

El servicio de televisión para receptores portátiles o teléfonos celulares llamado "One-Seg service" empezó a comercializarse en Japón a partir de abril de 2006. Desde entonces se ha incrementado expansivamente el número de los usuarios de One-Seg en la sociedad japonesa hasta llegar a una cifra de 38 millones.

### **China**

El gobierno chino, aprobó el estándar DMB-T en Agosto de 2007. Todo contenido de video de las Olimpiadas de 2008 de Beijing fueron transmitidas en alta definición (720p o 1080i). Aunque no fue requerido por el gobierno chino, Hong Kong tomó la decisión de usar el estándar DMB - T/H y sus inicios empezaron el 31 de diciembre de 2007 como la primera señal digital. En Octubre de 2007, las compañías radiodifusoras TVB y ATV acordaron utilizar el formato de video MPEG2 y el H-264. La especificación oficial será en 576i en 25 cuadros por segundo y en alta definición 720p en 50 hz. o 1080i en 25 hz. Para el audio, soportaran MPEG-1 Audio Capa II (MP2) y Dolby AC-3.

### **Corea del Sur**

Inicialmente, Corea del sur adoptó el estándar ATSC con la modulación digital terrestre 8-VSB en 1997.

En el 2001 se lanzaron los servicios comerciales y se extendieron hasta los alrededores de la provincia de Kionggi en el 2002.

Durante el 2003, la Comunidad de Radiodifusión de Corea bajo los auspicios de la Comisión Coreana de radiodifusión criticaron la adopción del ATSC basado en la pobre performance de la tecnología. Luego de procesos y discusiones en varios niveles de la industria, la decisión del estándar ATSC se mantuvo, ampliándose al formato de alta definición.

El Gobierno surcoreano impulsa el desarrollo de la televisión digital con una inversión de 300 millones de euros. El objetivo es equipar con medios tecnológicos al país para el "apagón analógico" que tendrá lugar el 31 de diciembre de 2012. Estos fondos se

utilizarán, para mejorar los lazos corporativos entre los fabricantes de tecnología y las emisoras televisivas.

#### **4.6 En Oceanía**

##### **Australia**

El 26 de mayo de 1993, se realiza la primera reunión del Grupo de Especialistas de la Autoridad Australiana de Radiodifusión de la TDT. El 30 de enero de 1997, el Grupo de Especialistas, emite su informe final.

En junio de 1998, un Panel de Selección TDT acuerda por unanimidad recomendar el sistema DVB-T. El 30 de julio de 1998, el Grupo de Especialistas anuncia recomendaciones técnicas adicionales las cuales son: 1920/1080/50Hz entrelazado, código de audio Dolby AC-3 y el servicio de información estándar.

El apagón analógico está proyectado para el 31 de diciembre de 2012.

##### **Nueva Zelanda**

Nueva Zelanda ha elegido la familia de estándares DVB para la Televisión Digital. El 2 de abril de 2008, se inició el cambio tecnológico hacia la TDT en ese país.

El apagón analógico está proyectado para el 31 de diciembre de 2012.

#### **4.7 En África**

Dados los antecedentes históricos y nexos con Europa, la decisión de adoptar el estándar DVB-T sería la que se tome para los países de este continente.

Por lo pronto, Argelia, Marruecos, Mauricio, Namibia y Sudáfrica ya lo hicieron y se encuentran en la etapa de cambio a la tecnología digital con el estándar DVB-T.

#### **4.8 En Sudamérica**

##### **Argentina**

En 1998 se había elegido el estándar ATSC, pero no hubo transmisiones regulares en ese estándar, solamente por cable o satélite a través del sistema PAY PER VIEW. A través de la Resolución 4/2006, la Secretaría de Comunicaciones estableció los criterios que utilizará la Argentina para elegir nuevamente el estándar. Se realizarían las pruebas para determinar la conveniencia de los diferentes estándares que operarán en el país, las mismas serán hechas por el estatal Canal 7. La presentación que hiciera el Gobierno

Argentino del anteproyecto de la nueva Ley de Servicios de Contenidos Audiovisuales aceleraría la elección. El viernes 28 de agosto de 2009 se publicó la Resolución 171/2009 de la Secretaría de Comunicaciones que anula la Res. 2357/98 y recomienda adoptar el estándar ISDB-Tb o SBTVD. Horas después en Bariloche en el marco de la Cumbre Unasur se anunció oficialmente que Argentina adopta el estándar japonés-brasileño ISDB-T. Japón aportará tecnología y no cobrará regalías por este trabajo en conjunto. El gobierno argentino firmó un convenio con el gobierno de Japón y otro convenio con Brasil, creando un Consejo a nivel gubernamental y Foro Consultivo de los sectores público y privado para hacer el seguimiento de la puesta en marcha de la norma. El 1 de septiembre del 2009 se publicó el Decreto 1148/09 creando el Sistema Argentino de Televisión Digital Terrestre y estableciendo el apagón analógico para el 1 de septiembre de 2019.

### **Brasil**

País pionero en TDT en la región. En Junio del 2006 Brasil adoptó el ISDB-T como su sistema de transmisión terrestre. Actualmente el ISDB-T se ha vuelto ISDB-T Internacional. El sistema Brasileño no es exactamente igual al sistema Japonés por lo que se le clasifica como un sistema de televisión digital híbrido. El estándar Brasileño utiliza la tecnología H.264 para codificación de SDTV y HDTV (compresión de video MPEG-4 en vez de MPEG-2), así como también otras tecnologías para middleware.

El modelo híbrido brasileño posibilita el uso de la interactividad, interoperabilidad entre los distintos sistemas, uso de multiprogramación y el uso de los modelos de alta definición y/o estándar, entre otros recursos tecnológicos. Luego de seis meses de implantación, la TDT en Brasil ya estaba presente en São Paulo, Rio de Janeiro y Belo Horizonte. El objetivo es llegar a las demás 24 capitales provinciales hasta finales del 2009. La robustez del sistema garantiza que las personas logren recibir la señal de TV digital para televisiones abiertas y gratuitas, aunque vivan en regiones distantes o en ciudades con muchos edificios. Además de tratar de los cambios tecnológicos, el trabajo apunta para los cambios en el comportamiento de la gente, así como la necesidad de plantear nuevos oficios y habilidades para atender las demandas de la televisión digital.

El apagón analógico está programado para 29 de junio de 2016.

### **Chile**

También mostró interés en el sistema ISDB-Tb, siendo preferido por la ANATEL, que originalmente apoyaba al ATSC. En abril del 2008, los embajadores de Brasil y Japón fueron a ese país y transmitieron sus propuestas. El mercado potencial de Chile es mínimo de 1,5 millones de televisores analógicos que se van a cambiar por otros

digitales. Cadenas televisivas como Canal 13 y Chilevisión ya están realizando transmisiones experimentales en ISDB-T. En el 2008 la Asociación Nacional de Televisión (ANATEL) afirmó en El Mercurio su rechazo a la norma norteamericana (ATSC) en favor de la norma ISDB-T como estándar definitivo de la Televisión Digital. Según un estudio realizado por el DICTUC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, reveló que en las pruebas de campo realizadas en Santiago el sistema ISDB-T fue el mejor evaluado. El 14 de septiembre de 2009 la Subsecretaría de Telecomunicaciones SUBTEL confirmó la decisión gubernamental de adoptar el sistema japonés ISDB-T con compresión MPEG-4 (ISDB-Tb) como norma de televisión digital en Chile.

El apagón analógico en el país, está programado para el 2017.

### **Colombia**

El sistema de televisión digital elegido es el europeo DVB-T. La decisión de la Comisión Nacional de Televisión fue anunciada el 28 de agosto de 2008, después de diferentes retrasos y negociaciones. Colombia determinó operar con el sistema de compresión MPEG-4. El apagón analógico está programado para el año 2017. La comisión tenía previsto iniciar el proceso de implementación de la televisión digital terrestre para el año 2009. La decisión fue tomada luego de analizar diferentes aspectos, tales como pruebas técnicas realizadas con los tres estándares en todo el territorio nacional, un estudio sobre hábitos de consumo en Colombia (Contratado con la firma encuestadora Napoleón Franco y finalmente el Estudio sobre el Impacto Socioeconómico realizado por la Universidad de Antioquia, el cuál simuló y evaluó el impacto que tendría implementar los tres estándares. El estudio de más de 400 páginas fue contratado por el Ministerio de Comunicaciones y es uno de los más completos y rigurosos que se ha realizado hasta ahora en América Latina, no solamente por su extensión sino por el número de variables involucradas.

### **Ecuador**

Hacia abril de 2009, se estaba estudiando el estándar japonés ISDB, la versión Brasileña modificada de éste y el estándar europeo DVB-T. En aproximadamente dos años los canales de TV local comenzarán la transmisión digital. Se planea como fecha tentativa el 2019 para el apagón análogo.

### **Venezuela**

Desde el 15 de junio de 2007, se están realizando en la ciudad de Caracas pruebas de Televisión Digital Terrestre, a fin de evaluar el desempeño de los estándares ISDB-T (japonés), DVB-T (europeo) y DTMB (chino). La Comisión Nacional de

Telecomunicaciones, CONATEL dio comienzo a las pruebas bajo el estándar europeo DVB-T. Posteriormente se probó con el estándar japonés ISDB-T.

La norma a elegir tendría que tener una capacidad de compresión MPEG 4, permitir TV móvil y ofrecer la posibilidad de transmitir en automóviles y trenes. La Comisión Nacional de Telecomunicaciones de Venezuela (Conatel) está trabajando en la reserva del espectro en la banda entre 500 Mhz y 800 Mhz para la llegada de la TV digital.

El 7 de Octubre de 2009 Venezuela se convierte en el quinto país de la América Latina en abrazar el estándar japonés ISDB-T en su versión brasileña.

Se estima que el denominado *apagón analógico*, ocurrirá en el 2018 aproximadamente.

## **Uruguay**

Mediante decreto del poder ejecutivo del 27 de agosto de 2007, se ha optado por el estándar europeo DVB-T / DVB-H. No está definida aún la fecha de inicio de las transmisiones pero el apagón analógico está proyectado para el 2012.

## **4.9 Desarrollo y Despliegue en el PERU**

### **4.9.1 Implementación De La Televisión Digital En El Perú**

#### **a) La Comisión Multisectorial**

Mediante Resolución Suprema N° 010-2007-MTC, publicada en el diario oficial El Peruano el 21 de febrero de 2007, se constituyó La Comisión Multisectorial encargada de recomendar al Ministerio de Transportes y Comunicaciones el estándar de televisión digital terrestre a ser adoptado en el Perú.

La Comisión Multisectorial estuvo está integrada por los siguientes representantes:

- Un representante del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (quien la preside)
- Dos representantes de la Presidencia del Consejo de Ministros a propuesta del Instituto de Radio y Televisión del Perú – IRTP y del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI
- Un representante del Ministerio del Ministerio de la Producción – PRODUCE
- Un representante del Ministerio de Relaciones Exteriores - RREE
- Un representante de la sociedad civil a propuesta del Consejo Consultivo de Radio y Televisión – CONCORTV.

La Comisión Multisectorial tenía que considerar los siguientes aspectos:

- Características técnicas de los estándares.
- Eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico.

- La convergencia de servicios.
- Contribución al acceso universal, la reducción de la brecha digital y el desarrollo de la Sociedad de la Información en el país.

El 22 de Mayo de 2007 se instala la Comisión, iniciando sus actividades con la elaboración del plan de trabajo, para luego establecer las metodologías, protocolos y pruebas de campo, estudios y coordinaciones técnicas que deberían realizarse para llevar a cabo la evaluación técnica y económica de los estándares.

El 28 de Febrero de 2009, la Comisión Multisectorial aprueba el informe de recomendación del estándar de televisión digital terrestre en el Perú. Durante este periodo, se recibieron los apoyos técnicos y de pruebas por parte de diversas instituciones. Asimismo, se le amplió el encargo, a fin de evaluar el estándar de televisión digital considerando el desarrollo del servicio de radiodifusión por televisión en terminales de servicios móviles.

El informe final consta de cinco capítulos:

- ❖ **El Capítulo I** menciona los antecedentes, indicando la situación actual de la televisión desde el punto de vista normativo y de cómo se encuentra la industria televisiva. Asimismo, se muestra la situación de las bandas de frecuencia y su adaptación para las pruebas y el despliegue a nivel nacional. Igualmente hace mención a las ventajas y beneficios de la televisión digital. En la última parte presenta su plan de trabajo, la metodología que empleó y los criterios para la recomendación del estándar.
- ❖ **El Capítulo II** muestra el objetivos de la prueba de campo, las tres localidades más representativas para las pruebas (Lima, Cusco e Iquitos), los equipos utilizados (Sistemas de antenas, amplificadores, moduladores) de los diversos estándares. Asimismo, los equipos de recepción a utilizar, así como las diferentes pruebas de recepción y grabación en formato HDTV (Alta definición), SDTV y de portabilidad en las localidades mencionadas. De los resultados de las pruebas se llegan a las siguientes conclusiones:
  - La calidad de la señal en recepción fija con HD del estándar DTMB es superior a los otros estándares.
  - La calidad de la señal en recepción fija con SDTV del estándar DTMB es superior a los otros estándares.
  - La calidad de la señal en recepción de movilidad del estándar DTMB es superior a los otros estándares.
  - La calidad de la señal en recepción en portátiles (celulares) del estándar ISDB-T es superior al estándar DVB-T.

- De acuerdo a los resultados finales, los estándares ISDB-T y DTMB son superiores a los estándares DVB-T y ATSC.
- ❖ **El Capítulo III** se refiere a la evaluación económica donde se considera los beneficios netos para la sociedad (consumidores y radiodifusores), desarrollándose estimaciones económicas de la adopción de un estándar u otro. Para ello se utilizan dos perspectivas:
- La de los beneficios para los hogares (disponibilidad a pagar por características de la TDT, por recibir señales de televisión en los teléfonos móviles).
  - La de los costos, para los hogares, presentándose estimaciones de costos de los diversos equipos terminales de acuerdo a la adopción de los diferentes estándares (ATSC, DVB-T, ISDB-T y DTMB).
- Asimismo, se presentan los costos de equipos clave (básicamente, los transmisores de cada estándar) para las empresas de televisión. De los resultados de la evaluación se llegan a las siguientes conclusiones:
- La evaluación económica considera los beneficios netos para la sociedad (consumidores y productores).
  - Dado que todos los estándares evaluados presentan prácticamente todos los atributos requeridos de la TDT, no es posible atribuir a un estándar un atributo determinado deseado por los consumidores.
  - Los consumidores prefieren la calidad de imagen y sonido seguido de la posibilidad de contar con más canales.
  - La disponibilidad a pagar por consumir un atributo determinado esta largamente superada por el costo del equipo más barato.
  - La información sobre los costos de los equipos permiten establecer escenarios. En la mayoría de ellos el estándar ISDB-T implica menores costos.
  - El potencial beneficio para los radiodifusores de TV por adoptar la TDT aun no se manifiesta debido a que es prematuro calcular costos.
- ❖ **El Capítulo IV** trata de la evaluación sobre la cooperación técnica y económica ofertados por cada uno de los estándares tomando en consideración los diferentes niveles de compromiso de las propuestas. Para ello se evalúan diversos rubros:
- Proceso de Implementación (Gestión del espectro radioeléctrico y asistencia en aspecto normativo).

- Desarrollo de Capacidades (Seminarios, talleres, becas, intercambios estudiantiles, capacitación in house y otros).
- Oportunidades de Negocio (investigación y desarrollo, transferencia tecnológica, ensamblaje/fabricación de productos y desarrollo de contenidos).
- Estandarización de la TV digital (posibilidad de desarrollo de normas técnicas propias).
- Financiamiento, para la adquisición de equipos para las emisoras y de investigación y desarrollo.
- Foro Internacional, propuestas de beneficio para los países que adopten un estándar determinado.

La recomendación en este capítulo, considera al estándar DVB-T como la propuesta más completa en el criterio de cooperación técnico-económica.

❖ **El Capítulo V** presenta las conclusiones y recomendaciones. Este capítulo los divide en tres partes:

1) Consideraciones.- Se cita la ley de Radio y Televisión N°28278, en la parte que indica que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones toma las medidas necesarias para adoptar los estándares técnicos internacionales en función de las tendencias, la mayor eficiencia y el máximo beneficio para el país. El análisis se ciñó a los siguientes criterios:

- Características técnicas de los estándares, para la evaluación técnica.
- Eficiencia en el uso del espectro, para la evaluación técnica.
- Convergencia de los servicios, para la evaluación técnica.
- Reducción de la brecha digital, fomento de la sociedad de la información y ampliación del acceso universal al conocimiento, para las evaluaciones económica y de Cooperación.

Asimismo, se tomo en cuenta el desarrollo tecnológico de cada uno de los estándares para lo cual se evaluó en base a la información disponible hasta el 20 de febrero de 2009.

2) Aspectos evaluados.- Se evaluaron los siguientes aspectos:

- Técnico: Cada uno de los estándares en exterior e interior, pruebas de campo (Lima, Cusco e Iquitos). Los estándares ISDB-T y DTMB mostraron mejor calidad en audio y video. El estándar ISDB-T mostro mayor eficiencia en el uso de frecuencia que el DVB-T para las pruebas de recepción fija y portátil; (los otros estándares no participaron en estas pruebas).



- Económico: Se enfocó en el impacto que tendría la nueva tecnología en el consumidor como principal beneficiario. Consideró la coexistencia de las dos señales (HD y SDTV). Se asume que el costo de los receptores bajarán por efecto de la masificación. Se contempló 12 escenarios de costos donde el estándar ISDB-T ofrece mejores beneficios.
  - Cooperación Técnica.- La adopción de un estándar de TDT contribuirá al desarrollo de capacidades y al fomento de la Sociedad de Información en la medida de la capacidad e iniciativa del Estado así como de los sectores involucrados. La Comisión consideró que la propuesta del estándar DVB-T es la más completa, seguida de la del estándar ISDB-T.
- 3) Recomendación.- Sobre la base de los aspectos evaluados se obtienen los resultados que se indican en la tabla 4.1

**Tabla 4.1** Calificación final de la evaluación TDT en el Perú

<b>Criterios/Estándares</b>	<b>ATSC</b>	<b>DVB-T</b>	<b>ISDB-T</b>	<b>DTMB</b>
Aspecto Técnico	4°	3°	1°	1°
Aspecto Económico	3°	2°	1°	4°
Aspecto de Cooperación	3°	1°	2°	4°

Cabe indicar, que el estándar SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital) según la Comisión Multisectorial, por no ser internacional y único, no se tomó en cuenta en la evaluación, por lo que los resultados de las pruebas de este estándar, solo se consideraron como información referencial.

### **La Recomendación**

El 28 de Febrero de 2009, la Comisión Multisectorial recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones el estándar ISDB-T, con las mejoras tecnológicas que hubiere al momento de su implementación.

### **Consolidación**

En los primeros días de marzo de 2009, la SNRTV (Sociedad Nacional de Radio y Televisión) y la ANRTV (Asociación Nacional de Radio y Televisión) manifestaron su preferencia sobre el estándar japonés-brasileño ISDB-T.

### **Adopción Oficial del estándar TDT para el Perú**

El 23 de Abril de 2009, mediante Resolución Suprema N° 019-2009-MTC, publicada en el diario oficial El Peruano, se resuelve adoptar el estándar ISDB-T basados en los fundamentos expuestos en el informe de recomendación del Estándar de Televisión Digital Terrestre de febrero de 2009.

#### **b) La Comisión Multisectorial Temporal**

Mediante Resolución Suprema N° 082-2009-PCM, publicada en el diario oficial El Peruano el 24 de Abril de 2009, se constituye **La Comisión Multisectorial Temporal** encargada de formular recomendaciones al Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la elaboración del Plan Maestro de Implementación de la Televisión Digital Terrestre. La Comisión Multisectorial está integrada por los siguientes representantes:

- Un representante del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien la presidirá.
- Un representante del Instituto de Radio y Televisión del Perú -IRTP.
- Un representante del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual- INDECOPI.
- Un representante del Ministerio de la Producción PRODUCE.
- Un representante de la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios - ASPEC.
- Un representante de las principales instituciones que agrupan a los titulares del servicio de radiodifusión por televisión en el Perú.
- Un representante del Colegio de Ingenieros del Perú - CIP.

El 14 de mayo de 2009 se instala la Comisión cuyas funciones de la Comisión son las siguientes:

- ✓ Efectuar recomendaciones para el proceso de implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú en aspectos relacionados a cronogramas, etapas y mecanismos de financiamiento del mismo.
- ✓ Efectuar recomendaciones para la difusión del proceso de transición de la Televisión Digital Terrestre en el Perú en los siguientes temas:
  - Beneficios de la Televisión Digital Terrestre.
  - Características de televisores y decodificadores.
  - Implementación de mecanismos de información para la absolución de dudas, consultas y registro de problemas de cobertura y señal.

El 11 de Agosto de 2009, la Comisión Multisectorial Temporal presenta el informe final, el cual consta de las siguientes partes:

- ❖ **Antecedentes.**- Se muestran las resoluciones, oficios y demás documentos donde se nombran a los miembros de la Comisión.

❖ **Desarrollo.**- Consta de las partes siguientes:

- Presenta las funciones de la Comisión (indicadas líneas arriba).
- El plazo que tenía la Comisión para emitir su informe (60 días).
- Propuesta de Cronograma y Etapas de implementación de la TDT:
  - Consideraciones: Adecuación de la legislación a la tecnología digital que garantice la libre y leal competencia y el acceso libre gratuito de los usuarios. La determinación de los plazos de implementación deberá tomar en cuenta las características económicas, sociales y geográficas de cada zona del país. La difusión de la información deberá ser la apropiada, mostrándose las ventajas de la TDT y características de los receptores, set top box, etc. para que los involucrados tengan cabal conocimiento de lo que van a adquirir. Se propone la migración a la TDT por etapas a fin de que se respete los derechos adquiridos por las radiodifusoras y evitar interferencias entre señales de TV analógicas y digitales o entre las digitales. De acuerdo a lo manifestado, el Perú ha sido dividido en cuatro territorios:
    1. Territorio 1: Lima y Callao.
    2. Territorio 2: Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo.
    3. Territorio 3: Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno, Tacna y Ayacucho.
    4. Territorio 4: El resto del país.
  - Implementación: Esta basada en el Plan de Canalización Digital que presente el MTC, acerca de las frecuencias que serán reservadas a los titulares actuales de la señal analógica para la operación en simulcast (coexistencia de transmisiones analógica/digital fijo y portátil para una misma programación en simultáneo), para lo cual tendrán un plazo para presentar su solicitud. El periodo de simulcast finalizará con el apagón analógico de acuerdo al cronograma siguiente:
    1. Territorio 1: 2020
    2. Territorio 2: 2025
    3. Territorio 3: 2030
    4. Territorio 4: Sin plazo determinado.
- Mecanismos de Financiamiento: Para atender las oportunidades de negocio que ofrece el despliegue de la TDT, se requiere recursos financieros nacionales e internacionales. Los gobiernos de Japón y Brasil ofrecieron

cooperación técnica y económica para la etapa de implementación. Desde el punto de vista nacional, el estado como principal promotor, deberá tomar las medidas necesarias para apoyar a las radiodifusoras a través de sus entidades financieras (COFIDE y Banco de la Nación. La Comisión también recomienda que el programa tenga la siguientes características;

- Línea de radiodifusión: Inversión en la red digital, Capacitación de equipo técnico, Modernización de estudios y producción.
  - Línea de Proveedores: Decodificadores, Receptores, Contenidos, Desarrollo de aplicaciones, Investigación y Desarrollo, Publicidad y Producción Cultural.
  - Implementación de la TDT: Promoción, Monitoreo, Desarrollo de Capacidades, Asistencia Técnica, Normativa, Investigación y Estudios, Transferencia Tecnológica y Normalización.
  - Recomendación para un programa de incentivos tributario: La Comisión recomienda reducir o suspender los impuestos (Impuesto selectivo al consumo, impuesto general a la renta).
- Plan de Comunicación para la transición a la TDT:
- Campaña de difusión que se brinde a los televidentes con información acerca de los beneficios de la TDT. Informar a la población (usuarios, industria televisiva, sector académico, del exterior), los beneficios del cambio tecnológico de la televisión y su implementación en el Perú. Promover la investigación y desarrollo basados en la TDT. Se debe crear una Oficina o Area Especializada de Comunicación que se encargue de la promoción y difusión de la TDT.

### **c) Receptores de TV (Perú) – Especificaciones Técnicas**

El 21 de Setiembre de 2009, se aprueban las especificaciones técnicas mínimas de los receptores de televisión digital terrestre del estándar ISDB-T a ser utilizado en el Perú. En la tabla 4.2 se detallan las especificaciones:

**Tabla 4.2** Especificaciones técnicas de los receptores TDT en el Perú

N°	PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN	
1	Estándar de televisión digital	ISDB-T (Estándar Japonés-Brasileño)	
2	Estándar de de televisión analógica	NTSC-M	
3	Banda de Operación (Recepción de canales)	470 a 746 MHz (Canales 14 a 59)	
4	Ancho de banda de canal	Full Seg	5.7 MHz
		One Seg	0.43 MHz
5	Frecuencia de la portadora central de canales	Banda UHF: 473 + 1/7 a 743 +1/7 MHz	
6	Sensibilidad	Menor o igual que – 20 dBm y mayor o igual que - 77 dBm	
7	Relación de protección (Selectividad)		
	Interferente (Señal no deseada): Señal analógica		
	- Co-canal	Menor o igual a +18 dB	
	- Canal adyacente inferior	Menor o igual a -33 dB	
	- Canal adyacente superior	Menor o igual a -35 dB	
	Interferente (Señal no deseada): Señal digital		
	- Co-canal	Menor o igual a +24 dB	
	- Canal adyacente inferior	Menor o igual a -26 dB	
- Canal adyacente superior	Menor o igual a -29 dB		
8	Desmapeo	Full Seg	16QAM y 64QAM
		One Seg	QPSK y 16QAM
9	Terminales de entrada y salida de RF	Deben tener, conectores (uno de entrada y otro de salida) del tipo F, con una impedancia de 75 ohmios, desbalanceados. En el caso de los set top box la salida de antena debe ser pass through	
10	Estándar de codificación de video	MPEG-4 (H.264/AVC)	
11	Perfiles y niveles del video	Full Seg	H.264/AVC HP @ L4.0
		One Seg	H.264/AVC BP @ L1.3

12	Formatos de Video	Full Seg	720x480i (4:3 y 16:9), 720x480p (16:9), 1280x720p (16:9) y 1920x1080i (16:9)
		One Seg	SQVGA 160x120 (4:3), SQVGA 160x90 (16:9), QVGA 320x240 (4:3), QVGA 320x180 (16:9) y CIF 352x288 (4:3)
13	Tasa de cuadros (frame rate)	Full Seg	30/1.001 Hz y 60/1.001 Hz
		One Seg	5 fps, 10 fps, 12 fps, 15 fps y 24 fps
14	Salida de video compuesto (CVBS)	Deben estar equipados con, por lo menos, una salida de este tipo, codificado en NTSCM, con un conector del tipo RCA, con una impedancia de 75 ohmios	
15	Estándar de codificación de audio	MPEG-4 AAC	
16	Perfiles y niveles del audio	Full Seg	LC AAC @ L2, LC AAC @ L4, HEAAC+ SBR v.1 @ L2 y HEAAC+SBR v.1 @ L4
		One Seg	LC AAC @ L2 y HEAAC+SBR+PS v.2 @ L2
17	Salida de audio	Deben estar equipados, por lo menos una salida de audio con dos canales (estéreo), con un conector del tipo RCA	
18	Frecuencia del Oscilador Local	Debe estar asignada en la banda superior a la frecuencia recibida	
19	Frecuencia Intermedia (FI)	44 MHz (Opcionalmente se podrá convertir directamente a banda base)	
20	Idioma	Español	
21	Alimentación de Energía Eléctrica (Voltaje / Frecuencia)	220 V / 60 Hz	

#### 4.9.2 Importancia de la TDT para el Perú

La importancia de la adopción de la televisión digital en el Perú radica en:

- La digitalización, compresión y modulación de la señal permite un mejor uso del ancho de banda que ocupa un canal analógico de 6 Mhz, varios canales (de 4 a 8) de televisión digital con definición estándar (SDTV) o uno o dos canales de alta definición (HDTV).
- Permite recibir una señal de alta calidad de imagen y sonido.
- Posibilita la transmisión de varios contenidos y programaciones de manera simultánea con contenidos interactivos en un mismo canal.
- Posibilita la recepción portátil y móvil de las señales transmitidas.
- Facilita el acceso universal, al tener una mayor capacidad de transmisión que la televisión analógica, puede llegar a los lugares más apartados del territorio nacional.
- Posibilita la oferta de características y servicios adicionales a la televisión tradicional como:
  - Hacer pausa y grabar los programas que se estén viendo en otro canal.
  - Enviar correos electrónicos.
  - Acceder al servicio de televisión por demanda.
  - Contar con una mayor variedad de canales disponibles.
  - Brindar aplicaciones de televisión interactiva (descargar contenidos como películas, música o juegos, así como realizar compras y pagos).

Un aspecto que hay que reiterar sobre la TDT, es el uso más eficiente del espectro de frecuencia, razón por la cual se va a tener que liberar parte del espectro de frecuencias no usado. Una vez que se realice la transición hacia la televisión digital, el Estado podrá disponer del espectro liberado para fines relevantes como educación a distancia, seguridad pública, comunicaciones de emergencia, etc., o podrá efectuar los concursos de concesión de frecuencia correspondientes, para adjudicar a sectores interesados (operadores privados, universidades, instituciones, etc.).

## CAPITULO V PRODUCTOS COMERCIALES

### 5.1 Plataforma De Usuario

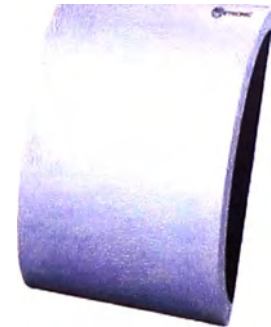
#### 5.1.1 Recepción Fija

##### a) Antena Interior

###### ***METRONIC Antena TDT Digitech***

###### **Características técnicas:**

- **Descripción:** Antena TDT interior mixta UHF/VHF/FM
- **Gama de frecuencia:** 40-860 Mhz
- **Cobertura:** 20 dB
- **Dimensiones:** 20,7 x 7,3 x 37 cm
- **Peso:** 1,04 Kg



##### b) Antena Exterior

###### ***ANTENA Exterior Terrestre Con Triple Brazo***

###### **Especificaciones técnicas:**

Frecuencia: 470-862 Mhz (UHF)

Ganancia: 10-18 dB

Relación D/A: 30 dB

Angulo de apertura: 2 x 19°

Tipo de conector: F

Diámetro de Mástil: 50 mm

Longitud: 1,2 m

Peso: 4,5 Kg

Garantía: 2 años

Precio: 39,94€

Proveedor: Antag





### c) Sintonizador (Set top Box)

#### **RCA DTA800**

#### **Características:**

##### **Sistema**

- A/V Recomendado para el uso del hogar.
- Control de padres, si.

##### **Video**

- Compatibilidad Closed Caption, si.

##### **Sintonizador Digital**

- Tipo ATSC / 8-VSB
- Cantidad, 1.

##### **Control Remoto**

- Tecnología infraroja.

##### **Conexiones**

- Conector Tipo 1 x entrada RF (conector F) – Posterior, 1 x salida RF (conector F) – Posterior, 1 x salida video/audio compuesto (audio RCA x 3) – Posterior.



### d) Televisor TDT

#### **FTE 420-T.**

Se trata de uno de los receptores más potentes de reciente fabricación para la recepción de canales libres digitales que cubren en la mayoría de las ocasiones todas las necesidades que precisemos cubrir en TDT MHP. Destacan por su completa renovación y no ha sido un cambio exclusivamente estético (nuevo frontal con botoneras que permiten el acceso al total control del receptor, etc.), sino que también se les ha aplicado un aún más sencillo y práctico software al que se le ha incluido auto instalación, e infinidad de ayudas. La disponibilidad de botonera en el frontal facilita el acceso a los menús posibilitando realizar las mismas funciones que con el mando a distancia. Es un receptor que pertenece a lo más alto de la gama de FTE que ha hecho un notorio esfuerzo por mejorar recursos que se hacen



efectivos en su panel trasero con un gran número de conexiones muy interesantes. Este es un modelo que ha mirado de frente al futuro. Destacan sus múltiples prestaciones en imagen y, sobre todo, en sonido con su salida AC3. Su precio aproximado es de 160€

#### **Características:**

- Novedoso, práctico y completo menú
- Gran número de conectores tipo RCA, en total 6
- Gran calidad de imagen de vídeo y audio. Salida digital AC3
- Sonido Dolby Surround
- Menú multilingüe, idioma castellano
- Mando muy intuitivo
- Firmware muy estable, salida a PC
- Manual de instrucciones preciso
- Rápido en el manejo
- Fácil manejo y sencillez de puesta en marcha
- Contamos con un mando a distancia para el FTE 420 muy intuitivo y fácil de usar que nos resulta muy práctico para su puesta en marcha

### **5.1.2 Recepción Móvil**

#### **Nokia N96**

#### **Especificaciones técnicas:**

##### **Cobertura**

- WCDMA2100/900 (HSDPA) / EGSM900, GSM850/1800/1900 MHz (EGPRS)
- Cambio automático de una banda a otra y de un modo a otro
- DVB-H Clase C, 470-750 MHz

##### **Formatos y códecs de vídeo**

- MPEG-4 Parte 2 (H.263/SP), hasta VGA 30 fps, códec acelerado mediante hardware, ampliación a máx. QVGA en la pantalla del dispositivo, o a máx. SDTV en la salida de TV
- MPEG-4 Parte 10 (H.264/AVC), hasta VGA 30 fps, códec acelerado mediante hardware,



ampliación a máx. QVGA en la pantalla del dispositivo, o a SDTV en la salida de TV

- Windows Media Video (WMV9), hasta CIF/QVGA 30 fps, códec acelerado mediante hardware, ampliación a máx. QVGA en la pantalla del dispositivo, o a SDTV en la salida de TV
- RealVideo QCIF a 30 fps
- Admite vídeos Flash en el navegador
- Formatos de DRM admitidos: OMA DRM 1, OMA DRM 2, WM DRM

### **TV en directo**

- Retransmisiones de Televisión (DVB-H)
- TV móvil basada en DVB-H con antena interna
- DVB-H Clase C, 470-750 MHz

### **Alimentación**

- Batería: Batería Nokia BL-5F, 950 mAh
- Tiempo en conversación: hasta 150 / 220 minutos (WCDMA / GSM)
- Tiempo en espera: hasta 200 / 220 horas (WCDMA / GSM)
- Reproducción de vídeo: hasta 5 horas (modo Fuera de línea)
- Reproducción de música: hasta 14 horas (modo Fuera de línea)
- Reproducción de TV: hasta 4 horas (DVB-H)

### ***RECEPTOR TDT Axil RT0176 USB para vehículos***

Receptor de TDT **Axil RT176** para vehículo con alimentación a 12V y 230V con función de grabación mediante tarjeta de memoria. El **RT0176** dispone además de puerto USB para lectura de contenidos multimedia desde dispositivos USB.

El **Axil RT176** se suministra con mando a distancia y controles frontales de fácil manejo, menús en pantalla del sistema multimedia o TV del vehículo a través de la salida AV

### **Principales Características:**

- REC TDT/TRAVELLER-AXIL RT176-USB/PVRready+Lect.mem
- Receptor TV Digital Terrestre compatible con DVB
- Sintonización automática y manual
- Alimentación a 12 Vcd y 230 V
- Salidas AV para televisor y vídeo



- Mando a distancia y controles frontales de fácil manejo
- Gestión de programas y lista de favoritos
- Control paterno
- Alimentación de antena (5 Vcd)
- Información y Guía electrónica de programas (EPG)
- Menus en pantalla multi-idioma
- Teletexto digital
- Lector de tarjetas
- Puerto USB

## 5.2 Plataforma de Radiodifusores

### 5.2.1 Cámara De Video De Estudio

#### **SONY HDC-1000R**

#### **Cámara de estudio HD multiformato para producciones de alto nivel**

El inicio de una nueva era en producción HD

Sony no cesa en su búsqueda del sistema HD definitivo, presente y futuro, y marca un nuevo hito en la historia de los sistemas de cámara HD multiformato: el modelo HDC-1000R, que ofrece una variedad más amplia de formatos entrelazados y progresivos, una calidad de imagen muy superior y más flexibilidad operativa. HDC-1000R incorpora CCD y DSP LSI de nuevo desarrollo, dos componentes clave que permiten obtener la máxima calidad de imagen en toda una variedad de modos de exploración. El CCD empleado en esta cámara admite todos los formatos existentes de exploración entrelazada y progresiva, desde 1080/50i y 1080/59,94i hasta 1080/24P. También es capaz de capturar asombrosas imágenes a 1080/59,94P\* y 1080/50P\*, además de ofrecer máxima calidad en generación de imágenes a 720/50P y 720/59,94P\*. Esta calidad de imagen se ve respaldada por los prácticos periféricos de la cámara, que simplifican la instalación y utilización de cadenas HDC-1000R. El adaptador para óptica grande HDLA-1500/HDLA-1505 incorpora un mecanismo exclusivo que permite montar y desmontar el objetivo y la cámara portátil en cuestión de segundos, lo que evita a los operadores un sinfín de



ajustes mecánicos. \*Las señales 1080/59,94P y 1080/50P sólo pueden enviarse desde HDC-1500R en su configuración autónoma.

### 5.2.2 Grabador De Estudio

El HVR-1500A es el grabador HDV idóneo para entornos donde la robustez y funcionalidad son la principal preocupación. \*1 El modo HDV no permite edición.

#### **SONY SRW-5000**

##### **Grabador de estudio HDCAM-SR**

El SRW-5000 es un magnetoscopio digital de Alta Definición que utiliza el formato HDCAM-SR, pero sus aplicaciones abarcan desde la televisión en HD hasta el cine digital y entre sus principales características figuran: grabación y reproducción de alta calidad a 1080i, 1080PsF o 720P, la posibilidad de convertir el material a una amplia variedad de formatos (incluyendo de 4:4:4 a 4:2:2) y la capacidad de reproducir cintas HDCAM y Betacam Digital.ts.



### 5.2.3 Monitor Para Producción

#### **SONY LMD-2450W**

##### **Monitor LCD multiformato Full HD de 24"**

El nuevo LMD-2450W es un monitor LCD de 24" con pantalla panorámica y un elegante diseño pensado para las aplicaciones profesionales y de broadcast más exigentes. En el ámbito profesional, las pantallas LCD van sustituyendo progresivamente a los monitores de tubo gracias a su flexibilidad de manejo y su bajo coste de explotación. Este monitor, que redefine el concepto de rendimiento en el segmento de gama media, integra un panel LCD de resolución HD WUXGA de 1920 x 1200 píxeles, lo que se traduce en imágenes con altos niveles de brillo y contraste, y un ángulo de visión de nada menos que 178 grados. El nuevo monitor ofrece una reproducción del color precisa y estable gracias a la exclusiva tecnología ChromaTRU de Sony. Esto permite tomar



decisiones sobre la calidad de la imagen con más confianza y obtener colores similares en todas las pantallas cuando se utilizan paneles de monitoreo. En respuesta a las preferencias de los usuarios, la unidad de procesamiento de la señal, que antes estaba separada, se ha integrado en el cuerpo del monitor, aunque se han mantenido la ligereza, la escasa profundidad y la excepcional flexibilidad de instalación características de los modelos anteriores. Ahora, el soporte del monitor se incluye en el paquete. A la ya impresionante gama de especificaciones, se añade el procesado digital de 10 bits, lo que proporciona transiciones más suaves en los colores y la escala de grises.<BR><BR>Entre otras mejoras, se incluyen también una entrada DVI-D (que permite por ejemplo conectar un procesador multimagen de otras marcas), el control de retroiluminación de la pantalla LCD y una función de control remoto mediante conexión Ethernet, perfecta para paneles de monitoreo. Incluye también un nuevo medidor del nivel de audio en pantalla y visualización de la forma de onda de vídeo, además de un modo PiP (imagen en imagen) que añade flexibilidad operativa.

#### **5.2.4 Mezclador De Producción y Efectos Digitales**

##### ***SONY BRS-200***

##### **Mezclador de vídeo SD/HD compacto**

El mezclador BRS-200 ofrece un funcionamiento sencillo y una flexibilidad de sistemas exquisita para producciones y presentaciones en directo. BRS-200 puede utilizarse en configuraciones de sistema con definición estándar (SD) y alta definición (HD). BRS-200 es una herramienta idónea en una amplia variedad de aplicaciones como montaje de eventos en directo, conferencias, conciertos, operaciones de broadcast y mucho más.



### 5.2.5 Mezclador De Audio

#### SONY SRP-X500P

##### Mezclador digital

Al igual que el modelo SRP-X700P, el SRP-X500P integra las funciones de los siete siguientes dispositivos para satisfacer los requerimientos de las presentaciones de hoy en día con gran variedad de fuentes audiovisuales y todo en un compacto chasis de 3U montable en rack. Ideal para salas de conferencia, auditorios y otras aplicaciones de presentaciones. Contiene las funciones de un mezclador de audio digital de alta calidad, mezclador RGB, mezclador de vídeo, estación base de recepción multicanal inalámbrica, mezclador de audio, amplificador de potencia, reductor de sonido ambiental, ecualizador, diseño todo en uno, procesador digital de alta calidad, interfaz versátil, ranuras integradas para unidades de recepción multicanal inalámbrica, completo mando a distancia, amplificador digital integrado de cuatro canales.



### 5.2.6 Software

#### SONY ACID Pro 7

##### Estación de trabajo de audio digital profesional

El software ACID Pro 7 es una potente estación de audio digital que combina completas funciones de grabación y mezcla multipista, secuenciación MIDI y la legendaria función de composición mediante bucles ACID para permitir una creación de música perfecta y ofrecer un entorno de postproducción inigualable.

Más que una herramienta de producción, el software ACID Pro 7 se comporta como un instrumento creativo que le servirá de enorme inspiración. Gracias a su diseño Transparent Technology, el software ACID Pro 7 elimina los tradicionales inconvenientes que presenta el flujo de trabajo creativo para que pueda transformar sus ideas en resultados reales sin apenas esfuerzo.



## CONCLUSIONES

Cabe destacar que nuevamente, como ocurrió en el momento de elegir las normas de la televisión color (PAL, NTSC ó SECAM), no hay un consenso para la adopción de una norma regional para toda Sudamérica, ni tampoco el Mercosur aunque Brasil lo haya sugerido, porque los países de la región tienen culturas y características geográficas similares, lo que deja la ISDB-T delante de los demás, debido a su robustez de transmisión, gratuidad y middleware (interactividad), desarrollado para la realidad latinoamericana.

La influencia de los EEUU con el ATSC, prácticamente no ha llegado a Sud América como si lo fue con sistema de color analógico NTSC.

El Sistema Europeo DVB prácticamente cubre también gran parte de Asia y probablemente cubrirá toda África, dada la influencia en estas regiones de los países europeos; como lo tuvo Francia en África con el estándar PAL.

El Sistema Japonés ISDB se está imponiendo en América del Sur dado a que tiene en Brasil a su principal aliado.

El sistema Chino DTMB, impuesto en su país probablemente se extienda a pocos países, los cuales están en etapa experimental con este estándar (Iraq, Jordania y Siria).

Dado que la extinción de la televisión analógica liberará frecuencias, los gobiernos de cada país obtendrán el llamado 'dividendo digital' el cual les permitirá lanzar licitaciones y concursos para aquellas entidades y/o instituciones que estén interesadas en acceder a las concesiones de dichas frecuencias.

En el Perú, el hecho de haber adoptado el estándar japonés ISDB-T implica mejores beneficios para los Broadcasters y usuarios, ya que dos de las más grandes marcas a nivel mundial de equipos electrónicos de audio y video (Sony y Panasonic), son japonesas y su presencia está consolidada en el mercado peruano. Pero en el campo de receptores de televisión, existen dos marcas que han desarrollado su calidad y están a la par de las nombradas; estas son LG y Samsung por lo que el Perú obtendrá los beneficios tanto técnicos como económicos en la implementación de la TDT.



**ANEXO**  
**GLOSARIO DE TERMINOS**

**720p:** Nombre corto para una de las categorías de los modos de vídeo HDTV. La resolución de 720p es de 1280x720 píxeles.

**1080i:** Es el nombre corto para una categoría de modos de vídeo HDTV. El número 1080 significa 1080 líneas en resolución vertical, mientras que la letra i significa entrelazada.

**1080p:** Es el nombre corto para una categoría de modos de vídeo HDTV. El número 1080 representa 1080 líneas de resolución de pantalla vertical, mientras que la letra p significa progresiva y no entrelazada.

**Analógico:** Sistema de transmisión de una señal que varía de forma continua.

**Apagón Analógico:** Término que hace referencia al cese de emisiones de televisión analógicas en un determinado territorio geográfico.

**ATSC:** Advanced Television System Committee. Estándar americano de la TV digital. Tiene como uso principal la TV de alta definición (HDTV).

**BitRate (Flujo de bits/datos):** Flujo de bits, ó de datos. Cantidad de datos o bits por segundo que son procesados en un vídeo.

**Buffer:** Espacio de memoria dedicado a almacenar temporalmente la información que debe de procesar un dispositivo *hardware*.

**Canal Digital:** Es el conjunto de procesos a que se somete la información ya estructurada (empaquetada) siguiendo los procedimientos de su norma (DVB, ATSC, ISDB-T, etc.), para generar finalmente una portadora de radiofrecuencia modulada.

**Canal de retorno:** El que permite la comunicación del usuario con el operador para poder hacer uso de ciertos servicios interactivos.

**Cobertura:** Ámbito geográfico en el que pueden recibirse las señales correspondientes. En el caso de la TDT local, la cobertura viene determinada por el ámbito especificado para cada demarcación en el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Local.

**Codificación:** Acción de aplicar un código para transformar informaciones electrónicas para facilitar su tratamiento o su transformación. También se da en las imágenes digitales.

**Codificación de Canal:** Son las diversas técnicas utilizadas en la transmisión de señales digitales de vídeo, audio y datos a través del canal digital.

**Codificación de la Fuente:** Son las diversas técnicas (incluida la digitalización y la compresión) utilizadas para procesar una señal analógica de televisión y convertirla en una señal digital antes de la codificación de canal y la emisión.

**Compresión:** Método utilizado para reducir la cantidad de información que transporta una señal, en mayor o menor grado.

**Crominancia:** Es uno de los dos componentes de una señal de vídeo que porta la información del color.

**Decodificador:** Es el aparato físico utilizado para decodificar una señal digital. En el ámbito de la televisión digital, puede ser externo o integrado dentro de un televisor.

**DVB (Digital Video Broadcasting):** Organización que promueve estándares de televisión digital aceptados internacionalmente.

**DVB-H:** Conjunto de estándares establecidos por DVB, indicados para la transmisión de televisión digital para terminales móviles.

**DVB-T:** Conjunto de estándares establecidos por DVB, indicados para la transmisión de televisión digital por vía terrestre. Es el aceptado en la mayoría de países europeos que ofrecen televisión digital terrestre.

**EPG (Electronic Program Guide):** Guía en pantalla que informa de los programas y orienta al usuario para seleccionar un programa.

**Formatos de barrido:** Se aplica para convertir un arreglo de información bidimensional en unidimensional (cámara de TV) y viceversa (receptor de televisión).

**Formatos de Muestreo:** Se refiere a la forma como son distribuidas las muestras de luminancia y crominancia en la imagen.

**HDTV (High Definition Television):** Televisión en Alta Definición. Determina el formato de transmisión, la resolución y la relación de aspecto de la imagen. En Europa, un canal de televisión se suele considerar HD si emite con una definición por encima de los 720p.

**ISDB: (*Integrated Services Digital Broadcasting*)** o Transmisión Digital de Servicios Integrados es un conjunto de normas creado por Japón para la TV y Radio digital.

**Luminancia:** Es uno de los dos componentes de una señal de vídeo que porta la información del brillo, la luz, de la imagen, lo que corresponde al blanco y negro.

**MHP (multimedia home platform):** Plataforma para la ejecución de aplicaciones interactivas en los receptores de televisión digital.

**MPEG:** Grupo de normas técnicas de implementación internacional, para la compresión de audio y video en señales digitales. Su presencia es mayoritaria en todos los medios, ya sea televisión en cualquier plataforma, Internet o dispositivos móviles. Tiene variantes como el MPEG-2 o el MPEG-4, entre otros, cada uno indicado para un determinado uso.

**Múltiplex:** Canal que permite albergar varios programas digitales de televisión (al menos 4) y otros servicios digitales (radio, datos, etc.).

**NTSC (National Television System Committee)** Organismo americano que, en 1954, estableció las especificaciones del sistema de televisión en color, conocido como NTSC.

**PAL (*Phase Alternation Line*)** Estándar de televisión a color de origen alemán, adaptado a partir de 1966, en muchos países.

**Píxeles:** El pixel o pel (*picture elements*) es la menor unidad en la que puede descomponerse una imagen digital.

**Receptor digital terrestre:** Equipo doméstico utilizado en la recepción y decodificación de señales de TDT. Puede estar integrado en el televisor (IRD, integrated receiver decoder), o ser un elemento externo (STB, Set Top Box).

**Red de radiodifusión:** Conjunto de un número determinado de estaciones de emisión de televisión conectadas entre sí de forma que todas pueden emitir el mismo programa simultáneamente.

**Resolución espacial:** Se define como la cantidad de píxeles que conforma un cuadro (imagen estática) de la secuencia de vídeo.

**SECAM (Séquentiel À Mémoire):** Estándar de televisión creado por Henri de France. El SECAM sólo se utiliza para las emisiones de los canales franceses analógicos.

**Servicios Interactivos:** Contenidos asociados o no a la programación tradicional en los que el televidente a través de su mando a distancia puede participar aportando, modificando o eligiendo el contenido final.

**Simulcast:** Transmisión de la misma señal de televisión en analógico y digital.

**Smart-card (tarjeta inteligente):** Tarjeta con circuito integrado que es capaz de almacenar los datos necesarios para descifrar las claves de descryptación que le llegan codificadas al receptor. Por medio de estas claves se pueden descodificar los servicios audiovisuales.

**STB (Set Top Box):** Término inglés que hace referencia al descodificador de televisión digital.

**UHF (Ultra High Frequencies):** Banda de frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 MHz. En esta banda se encuentran los canales de televisión (en Perú, numerados del 14 al 59).

## BIBLIOGRAFIA

1. Tomás Perales, "Radio y Televisión Digitales", Limusa – España, 2006.
2. José Huidobro, Ramón Millan, David Roldán, "Tecnologías de Telecomunicaciones", Creaciones Copyright - España, 2005.
3. Walter Fischer, "Digital Video and Audio Broadcasting Technology", Springer - Alemania, 2008.
4. Hervé Benoit, "Digital Television", Elsevier - Francia, 2008.
5. Margherita Pagani, "Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking", Information Science Reference – USA, 2009.
6. Constantino Pérez Vega, José María Zamanillo Sainz de la Maza, "Fundamentos de televisión analógica y digital", Ed. Universidad de Cantabria – España, 2003.
7. <http://es.wikipedia.org>
8. <http://en.wikipedia.org>
9. <http://es.wikitel.info/>
10. <http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/tdt.html>
11. <http://www.dibeg.org>
12. <http://www.dvb.org/>
13. <http://www.atsc.org/>
14. <http://www.itu.int/en/pages/default.aspx>
15. <http://www.forumsbtvd.org.br>
16. <http://www.isdb-t.org/>
17. <http://www.televisiandigital.es/Terrestre/Paginas/Index.aspx>