

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING), Y PROPUESTA DE REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PAULO ANDRES CAMPOS MARIÑO
pacm_mcap@hotmail.com

DIRECTORA: ING. TANIA PÉREZ
tania.perez@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Marzo 2010

DECLARACIÓN

Yo, Paulo Andres Campos Mariño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Paulo Andres Campos Mariño

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paulo Andres Campos Mariño, bajo mi supervisión.

Ing. Tania Pérez
DIRECTORA DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la salud y la vida para poder cumplir mis metas.

A mis padres

*Por todo su amor y comprensión, por su apoyo constante,
y por haberme inculcado el espíritu de lucha ante las adversidades.*

A mi directora de tesis la Ing. Tania Pérez

Por su valiosa asesoría, así como, por su dedicación y tiempo.

DEDICATORIA

*A Díos,
A mis padres*

*Este proyecto es el resultado y un tributo a su
esfuerzo y compromiso como padres durante 24 años.*

ÍNDICE

CONTENIDO.....	I
LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABLAS.....	VI
RELACIÓN DE ABREVIACIONES Y SIGLAS.....	VII
RESUMEN.....	X
PRESENTACIÓN.....	XI

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL

1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1	TELEVISIÓN ANALÓGICA VS TELEVISIÓN DIGITAL.....	2
1.2	TELEVISIÓN DIGITAL.....	3
1.2.1	TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV).....	3
1.3	TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	4
1.3.1	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	4
1.3.2	DIAGRAMA DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT).....	5
1.3.2.1	Codificación de Fuente.....	6
1.3.2.2	Multiplexación y Transporte.....	6
1.3.2.3	Codificación de Canal.....	6
1.3.2.4	La Capa Física.....	6
1.3.2.5	Factores de Planificación y Características de Recepción.....	7
1.3.3	TECNOLOGÍAS QUE PERMITEN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	7
1.3.3.1	Digitalización de las Señales de Audio y Video.....	7
1.3.3.2	Compresión y Codificación de la Información.....	8
1.3.3.3	Multiplexación y Demultiplexación de Señales.....	10
1.3.3.4	Modulación y Demodulación Digital.....	10
1.3.3.5	Sistemas de Transmisión.....	11
1.3.4	VENTAJAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	12
1.3.4.1	Mejor Calidad de Señal de Transmisión.....	12
1.3.4.2	Optimización del Espectro Radioeléctrico.....	12
1.3.4.3	Mejor Calidad de Imagen y Sonido.....	13
1.3.4.4	Interactividad.....	14
1.3.4.5	Portabilidad y Movilidad.....	15
1.3.4.6	Otros.....	15
1.3.5	DESVENTAJAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	16
1.3.6	APAGÓN ANALÓGICO.....	17

1.4	ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	18
1.4.1	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	19

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING)

2.1	INTRODUCCIÓN.....	22
2.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES.....	24
2.3	ESTRUCTURA DEL SISTEMA DEL ESTÁNDAR.....	26
2.3.1	INTERFAZ.....	27
2.3.1.1	MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group 2).....	28
2.3.1.1.1	<i>Multiplexación de secuencias MPEG-2</i>	29
2.3.1.1.2	<i>Estructura del Paquete Básico</i>	30
2.3.1.1.3	<i>Trama Transporte</i>	31
2.3.1.2	MPEG-4 (Moving Pictures Experts Group 4).....	32
2.3.1.3	AVS (Audio Video Coding Standard).....	34
2.3.2	SCRAMBLING.....	37
2.3.3	FEC (FORWARD ERROR CORRECTION).....	38
2.3.3.1	BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem).....	38
2.3.3.2	LDPC (Low Density Parity Check).....	40
2.3.4	CONSTELACIONES MAPEADAS.....	42
2.3.4.1	QAM (Quadrature Amplitude Modulation).....	42
2.3.5	SYMBOL INTERLEAVING.....	43
2.3.5.1	Interleaving Convolutacional.....	45
2.3.6	ESTRUCTURA DE TRAMA.....	46
2.3.6.1	Secuencia PN.....	48
2.3.6.2	Información de sistema.....	49
2.3.7	PROCESAMIENTO DEL CUERPO DE TRAMA.....	49
2.3.8	TDS-OFDM (TIME DOMAIN SYNCHRONUOUS-ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING).....	50
2.3.8.1	OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)....	50

2.3.8.2	Modelo TDS-OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).....	52
2.3.9	FRAMING.....	53
2.3.10	PROCESAMIENTOS DE DATOS BANDABASE.....	54
2.3.11	UP CONVERTER.....	55
2.3.12	CARGA ÚTIL DE DATOS BANDABASE.....	55
2.4	SERVICIOS INTEGRADOS.....	58
2.4.1	SOPORTE DEL SERVICIO DE REDES DE FRECUENCIA ÚNICA.....	58
2.4.2	TRANSMISIÓN MPE CON DTMB.....	59
2.4.2.1	Tiempo de Corte.....	60
2.4.2.2	Encapsulación de los Servicios Móviles.....	61
2.4.2.3	Corrección de Errores.....	62
2.4.2.4	Sistema de Transmisión MPE-DTMB.....	62
2.5	CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING).....	64
2.5.1	ARQUITECTURA.....	65
2.5.2	TECNOLOGÍA.....	66
2.5.3	ESTRUCTURA DE TRAMA.....	68
2.6	PRUEBAS Y APLICACIONES.....	69
2.6.1	CHINA Y HONG KONG.....	69
2.6.2	CONTINENTE AMERICANO.....	69
2.6.2.1	Venezuela.....	75
2.6.2.2	Cuba.....	77
2.6.2.3	Perú.....	77
2.6.2.4	Ecuador.....	79
2.6.2.4.1	<i>Pruebas Subjetivas</i>	80
2.6.2.4.2	<i>Pruebas Técnicas</i>	81
2.6.2.4.3	<i>Resultados Finales Globales</i>	82

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE COSTOS

3.1	INTRODUCCIÓN.....	89
3.2	COSTO DE RECEPTORES, DECODIFICADORES Y OTROS.....	90

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE NORMATIVA

4.1	INTRODUCCIÓN.....	101
4.2	MODIFICACIONES DE LEY NECESARIAS.....	102
4.3	NORMA TÉCNICA.....	105
4.3.1	PLANIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.....	106
4.3.2	NORMA TÉCNICA QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS QUE DEBERÍAN CUMPLIR LOS RECEPTORES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE.....	110
4.4	PROPUESTA DE REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR.....	112

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES.....	118
5.2	RECOMENDACIONES.....	124

BIBLIOGRAFÍA.....	127
--------------------------	------------

ANEXOS

ANEXO 1: “TECHNICAL TEST REPORT ON THE DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION SYSTEMS IN COMPLIANCE WITH THE NATIONAL STANDARD” (SUMMARY OF THE LABORATORY TEST IN BEIJING)

ANEXO 2: “RESUMEN ESTADÍSTICO DEL N° DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN, TELEVISIÓN Y TV POR SUSCRIPCIÓN AUTORIZADAS EN EL ÁMBITO NACIONAL, POR PROVINCIAS”

ANEXO 3: "NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES"

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Comparación de la SDTV vs HDTV.....	3
Figura 1.2 Antena UHF de exteriores convencional.....	4
Figura 1.3 Sistema de Televisión Digital Terrestre.....	5
Figura 1.4 Diagrama TDT.....	5
Figura 1.5 Digitalización de una señal analógica.....	8
Figura 1.6 Optimización del espectro radioeléctrico.....	13
Figura 1.7 a) Portabilidad b) Movilidad.....	15
Figura 1.8 Recepción de la TDT.....	17
Figura 1.9 Apagón analógico.....	17

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Estructura de Transmisión del Estándar DTMB.....	27
Figura 2.2 Interfaz del estándar DTMB.....	28
Figura 2.3 Estructura simplificada del Packetized Elementary Stream.....	30
Figura 2.4 Estructura del Paquete de Transporte.....	31
Figura 2.5 Proceso de multiplexación de paquetes en la Trama de Transporte.....	32
Figura 2.6 Codificación MPEG-4.....	33
Figura 2.7 Estructura del codificador de audio AVS.....	36
Figura 2.8 Diagrama del Scrambling.....	37
Figura 2.9 Matriz de Chequeo de Paridad y Gráfico Tanner para un código (7,4).....	41
Figura 2.10 Diagrama del FEC del estándar DTMB.....	42
Figura 2.11 Ejemplos de constelaciones QAM.....	43
Figura 2.12 Interleaver Convolutivo.....	45

Figura 2.13 Estructura de Trama (a) 8MHz (b) 6MHz.....	46
Figura 2.14 Paso del dominio del tiempo al de la frecuencia.....	51
Figura 2.15 Condición de Ortogonalidad.....	51
Figura 2.16 Estructura de Trama del sistema TDS-OFDM.....	53
Figura 2.17 Estructura simplificada del sistema de transmisión/recepción de TDS-OFDM...53	
Figura 2.18 Framing.....	54
Figura 2.19 Señal de datos banda base en el espectro de frecuencia para 6 y 8MHz.....	54
Figura 2.20 UP Converter.....	55
Figura 2.21 Topología SFN.....	58
Figura 2.22 Servicio SFN en DTMB.....	59
Figura 2.23 Ejemplo (a) Servicios sin tiempo de corte (b) Servicio 1 con tiempo de corte....	60
Figura 2.24 Sistema de transmisión MPE-DTMB.....	63
Figura 2.25 Estructura de CMMB.....	65
Figura 2.26 Diagrama de bloques STIMI.....	66
Figura 2.27 Estructura de trama de CMMB.....	68
Figura 2.28 Estándares de Televisión Digital Terrestre en el mundo.....	69

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Configuración de la red de difusión de la TDT.....	95
---	----

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Estándares MPEG.....	9
Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de la transmisión digital.....	11
Tabla 1.3 Calidad de la Transmisión Digital.....	12
Tabla 1.4 Fortalezas de los estándares de Televisión Digital Terrestre.....	18
Tabla 1.5 Características principales del estándar ATSC.....	19
Tabla 1.6 Características principales del estándar DVB-T.....	19

Tabla 1.7 Características principales del estándar ISDB-T.....	20
Tabla 1.8 Características principales del estándar SBTVD-T.....	20
Tabla 1.9 Características principales del estándar DTMB.....	21

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Características Técnicas Principales del estándar DTMB.....	26
Tabla 2.2 Características de la codificación de AVS audio.....	35
Tabla 2.3 Tasas de transmisión del estándar DTMB.....	57
Tabla 2.4 Características de CMMB.....	67
Tabla 2.5 Plan de desarrollo de China para DTMB.....	70
Tabla 2.6 Comparación entre DTMB y DVB-T.....	70
Tabla 2.7 Plan de transmisión en DTMB de ATV y TVB.....	71
Tabla 2.8 Plan de desarrollo para DTMB en Hong Kong.....	71
Tabla 2.9 Comparación entre DTMB, DVB-T e ISDB-T.....	75
Tabla 2.10 Resultados de la evaluación técnica de los estándares de TDT en el Perú.....	78

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Industrialización del estándar DTMB.....	89
Tabla 3.2 Receptores, decodificadores y otros.....	93
Tabla 3.3 Equipos de la red de difusión de la TDT.....	99

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Banda UHF para TV analógica y digital.....	108
Tabla 4.2 Propuesta de Norma Técnica para receptores de TDT.....	112

RELACIÓN DE ABREVIACIONES Y SIGLAS

ABS Chinese Academy of Broadcasting Science

ADTB-T	Advanced Digital Television Broadcasting – Terrestrial
ASK	Amplitude-Shift Keying
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATSC	Advance Television System Committee
AVS	Audio Video Standard
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
BER	Bit Error Rate
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BST-OFDM	Band Segmented Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CBC	Context-Dependent Bitplane Coding
CMMB	China Mobile Multimedia Broadcasting
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DFT	Transformada Discreta de Fourier
DMB	Digital Media Broadcasting
DMB-T/H	Digital Multimedia Broadcast – Terrestrial/Handheld
DMB-T	Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting
DTTB	Digital Terrestrial Television Broadcasting
DTV	Televisión Digital
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Handheld
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
DVD	Digital Versatil Disc
ESG	Guía de Servicios Electrónicos
FEC	Forward Error Correction
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HDTV	High Definition Television
IDFT	Transformada Discreta de Fourier Inversa
IP	Protocolo de Internet
ISDB-T	Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial
ISI	Intersymbol Interference
LCD	Liquid Crystal Display
LDPC	Low Density Parity Check coding
MDCT	Modified Discrete Cosine Transform

MFN	Multi Frequency Network
MPE	Multi-Protocol Encapsulation
MPEG	Moving Picture Experts Group
NR	Nordstrom-Robinson Code
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PCM	Modulación por Código de Pulsos
PDA	Personal Digital Assistant
PDH	Plesichronous Digital Hierarchy
PDP	Plasma Display Panel
PN	Pseudo-random Noise
PQSPSC	Post-Quantization Square Polar Stereo Coding
PSK	Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RS	Reed Solomon
SARFT	State Administration of Radio Film and Television
SBTVD-T	Sistema Brasileiro De Televisión Digital Terrestre
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDTV	Standard Definition Television
SFN	Single Frequency Network
STIMI	Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure
SVCD	Super Video Compact Disc
TCP/IC	Familia de protocolos de Internet, Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP)
TDS-OFDM	Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
TDT	Televisión Digital Terrestre
TEEG	Technical Executive Expert Group
TIMI	Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure
TV	Televisión
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
8T-VBS	8 Trellis-Vestigial Side Band

RESUMEN

Este proyecto tiene como objeto describir el estándar de Televisión Digital Terrestre Chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) y proponer el Reglamento para la Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador.

En el primer capítulo, se hace una introducción a la televisión digital, donde se presentan sus ventajas y desventajas, las tecnologías que han permitido su desarrollo, y se termina con un breve análisis de los distintos estándares que existen en el mundo para la transmisión de Televisión Digital Terrestre.

En el segundo capítulo, se describe el estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting), y como solución de movilidad y portabilidad se analiza el estándar CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting).

En el tercer capítulo, se hace un breve análisis de los costos de receptores, decodificadores y otros.

En el cuarto capítulo, se propone las modificaciones de ley necesarias, la norma técnica y el reglamento para la prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador.

Finalmente en el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de contribuir al enriquecimiento científico, al conocer a cabalidad el estándar de Televisión Digital Terrestre DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting), y presentar los parámetros mínimos necesarios que deben ser tomados en cuenta a la hora de que las autoridades pertinentes en el Ecuador; una vez adoptado el estándar y realizado el análisis regulatorio pertinente; presenten al público en general el reglamento de prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre, y con ello fomentar una conciencia crítica.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La televisión es sin duda el medio de comunicación masiva con más impacto y responsabilidad de los mayores cambios culturales a gran escala tanto positivos como negativos, superado en los últimos tiempos por el Internet. Este impacto lejos de decrecer puede incrementarse y transformarse, con la aparición de nuevas tecnologías como la televisión digital.

A finales de los años 80, 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 digitalización de la transmisión.

En cuanto a la producción se desarrollaron varios sistemas. Los primeros de ellos estaban basados en la digitalización de la señal compuesta de video que no tuvo éxito. El planteamiento de digitalizar los componentes de la señal de video, es decir, la luminancia y las diferencias de color, fue el que resultó más idóneo. En un principio se desarrollaron los sistemas de señales en paralelo, con gruesos cables que precisaban de un hilo para cada bit, pronto se sustituyó ese cable por la transmisión multiplexada en tiempo de las palabras correspondientes a cada una de los componentes de la señal, además este sistema permitió incluir el audio, embebiéndolo en la información transmitida, y otra serie de utilidades.

Por otro lado en la transmisión, el proceso de digitalización de una imagen convencional de televisión de 525 o 625 líneas produce una secuencia de datos de vídeo en el orden de los 270Mbps, la digitalización de imágenes en alta definición está en el orden de los 1200Mbps. Por tal razón, la digitalización de la transmisión fue posible gracias a las técnicas de compresión que lograron reducir el flujo de

datos a menos de 5Mbps. Una muestra de ello es el apareamiento del algoritmo más utilizado para la compresión de audio y video llamado MPEG (Moving Picture Experts Group) en sus varios estándares, que producen flujos de entre 4 y 6Mbps sin pérdidas apreciables de calidad subjetiva.

Hace varios años era difícil imaginar canales de televisión y productoras completamente digitales. Hoy es posible equipar una planta con 100% de equipos digitales como Routers, Mixers de video, Matrices de video y audio, Consolas de audio, Cámaras y, desde no hace mucho tiempo, una amplia gama de video grabadoras digitales. Sin embargo, a pesar de tener estudios digitalizados en su totalidad, las señales deben ser convertidas a analógicas antes de ser transmitidas, pero con la introducción de la televisión digital esto cambiará.

En la actualidad la televisión digital representa el cambio tecnológico más radical en la industria televisiva después de la aparición de la TV a color. Introduce nuevos servicios como la movilidad, portabilidad e interactividad para hacer del aparato receptor de televisión una terminal multimedia de excelentes características.

1.1.1 TELEVISIÓN ANALÓGICA VS TELEVISIÓN DIGITAL

La televisión actual analógica es aquella en la que los parámetros de la imagen y el sonido son representados por magnitudes de una señal eléctrica, cuyos niveles varían en forma continua, sin interrupciones. El principal problema de la televisión analógica es que no se beneficia del hecho de que en la mayoría de los casos, las señales de video varían muy poco al pasar de un elemento de imagen (pixel) a los contiguos, en pocas palabras se derrocha espectro electromagnético. Además al crecer el número de estaciones transmisoras, la interferencia es un grave problema.

La televisión digital en cambio se basa en el muestreo de voltajes, tomando muestras a intervalos iguales. Cada muestra se transforma en un número digital binario que corresponde al nivel de voltaje que tiene la señal analógica, donde se tomó la

muestra. Luego esta muestra digital se transmite y se recibe en el receptor, donde el número binario es reconvertido nuevamente en la señal analógica original, permitiendo someter la señal a procesos muy complejos, sin degradación de calidad, ofreciendo múltiples ventajas y abriendo la posibilidad de nuevos servicios.

1.2 TELEVISIÓN DIGITAL

La televisión digital (DTV) es aquella en la cual se transmite, recibe y procesa señales de audio, video y datos de manera discreta 1s y 0s, en contraste con la forma continua usada por la TV analógica.

1.2.1 TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV)

La televisión de alta definición (HDTV High Definition Television), permite mostrar mucho más detalle en comparación con la televisión analógica o de definición estándar (SDTV Standard Definition Television), tiene por lo menos el doble de resolución que la SDTV. En otras palabras la nitidez de la imagen transmitida en HDTV es superior a la transmitida en SDTV. Además, los estándares técnicos para transmitir HDTV permiten que se proyecte utilizando una relación de aspecto de 16:9 sin utilizar franjas negras y por lo tanto se puede incrementar la resolución del contenido, tal como muestra la Figura 1.1.

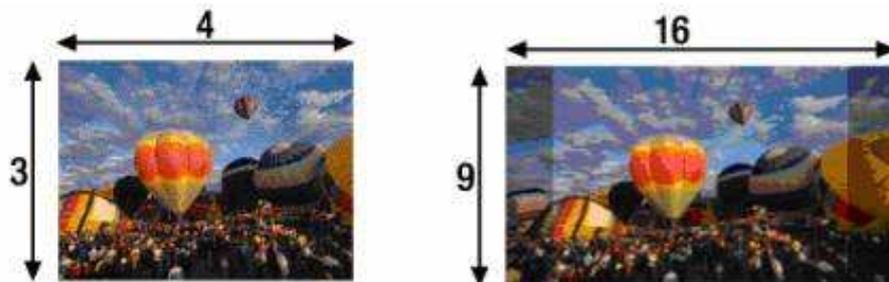


Figura 1.1 Comparación de la SDTV vs HDTV

Fuente: http://es.wikitel.info/wiki/Televisi3n_digital_terreste

1.3 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla por medio de ondas hertzianas terrestres, es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas VHF/UHF convencionales.

Estas antenas pueden ser como la que se observa en la Figura 1.2.



Figura 1.2 Antena UHF de exteriores convencional
Fuente: <http://www.televisiodigital.es/Terrestre/Que/Que.htm>

1.3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La Televisión Digital Terrestre mantiene algunos aspectos de la televisión analógica existente, por ejemplo las bandas de frecuencia que pueden utilizarse para el servicio de Televisión Digital Terrestre son las mismas que las utilizadas para la televisión analógica terrestre, en concreto las bandas VHF (entre 30 y 300 MHz) y UHF (entre 300 y 3000 MHz).

El espectro dedicado a la transmisión de canales de televisión se divide en canales de frecuencias o canales múltiples. Cada uno de estos canales, puede utilizarse para albergar varios programas digitales de televisión (de 4 a 6) acompañados o no de otros servicios digitales, lo que no sucede con la tecnología analógica, en donde un solo programa de televisión ocupa un canal completo. Igualmente, un canal múltiple completo puede dedicarse a la transmisión de un solo programa digital de televisión de alta definición.

En cuanto a la estructura del sistema no hay un cambio radical, lo que sí existe es una renovación tecnológica en todos los ámbitos. La Figura 1.3 muestra el sistema televisión totalmente digital.



Figura 1.3 Sistema de Televisión Digital Terrestre

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

1.3.2 DIAGRAMA DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT)

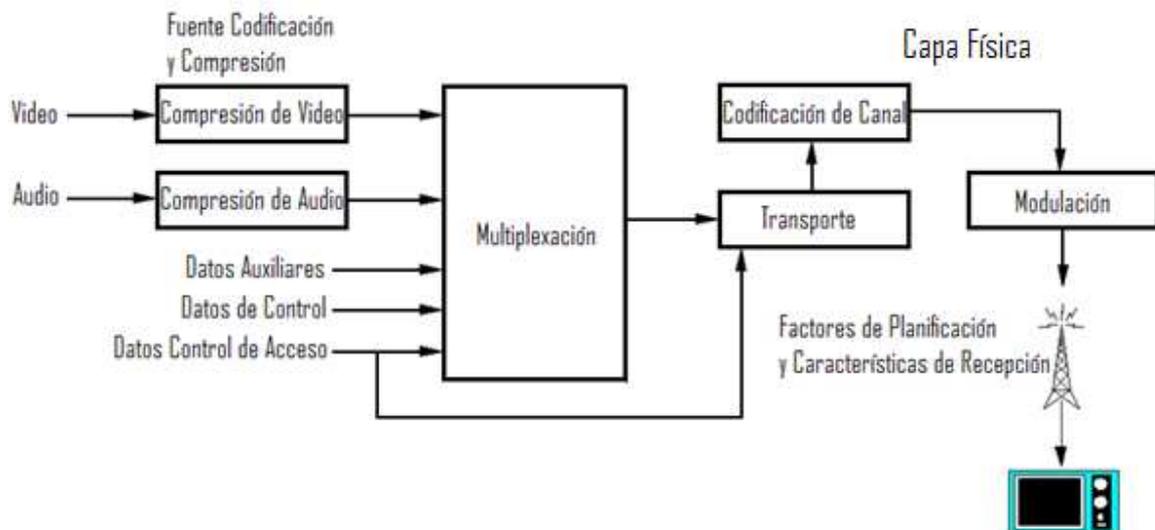


Figura 1.4 Diagrama TDT

Fuente: Document 11-3/3-E, 15 January 1996, Task Group 11/3
 "A GUIDE TO DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING IN THE VHF/UHF BANDS"
 Updated Version after March 1998 Working Party 11A meeting

1.3.2.1 Codificación de Fuente

Se refiere a los métodos de reducción de velocidad de la tasa bits y a técnicas adecuadas de protección contra errores para la aplicación en los flujos digitales de datos auxiliares, de vídeo y audio. Los datos auxiliares pueden ser datos de control, incluidos los del control de acceso condicional y datos asociados con los programas de audio y vídeo, como los subtítulos. Los datos auxiliares también pueden referirse a servicios de datos como el clima, temperatura etc.

1.3.2.2 Multiplexación y Transporte

Se refiere a los métodos para dividir el flujo de datos digitales en "paquetes" de información, a las maneras de identificar cada paquete o el tipo de paquetes y a los medios más apropiados para multiplexar los paquetes de vídeo, audio y datos auxiliares en una sola trama binaria que transporte la información. La interoperabilidad o armonización entre medios digitales, tales como la transmisión terrestre, distribución por cable, distribución por satélite, medios de grabación e interfaces de equipo deben ser una consideración primordial en el desarrollo de un mecanismo de transporte adecuado.

1.3.2.3 Codificación de Canal

Esta etapa tiene que ver con la introducción de códigos de protección contra errores, códigos de encriptación de la información, y es también donde se adecúa la forma de onda de las señales para que puedan ser directamente utilizadas por la etapa de modulación o transmisión.

1.3.2.4 La Capa Física

Se refiere a los métodos de utilización del flujo de datos digitales correspondientes a la información para modular la señal a ser transmitida. La discusión de técnicas de

modulación incluye la codificación de canal y técnicas de protección contra errores mediante una sola portadora y múltiples portadoras.

1.3.2.5 Factores de Planificación y Características de Recepción

Incluyen la discusión de estrategias apropiadas para la introducción y aplicación del servicio de difusión de Televisión Digital Terrestre, teniendo en cuenta los servicios de difusión existentes. Finalmente las características de recepción deben analizarse dependiendo del sistema de transmisión utilizado.

1.3.3 TECNOLOGÍAS QUE PERMITEN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

El advenimiento de la Televisión Digital se sustenta en un gran número de procesos y subsistemas entre los cuales se destacan los siguientes:

1.3.3.1 Digitalización de las Señales de Audio y Video

Es el procesamiento de una señal continua para obtener como resultado una señal discreta o binaria, este proceso se puede resumir de la siguiente manera:

- Muestreo: Representa la medida de la amplitud de la señal análoga en intervalos periódicos. En esta etapa la señal es muestreada periódicamente a intervalos T , y donde la frecuencia de muestreo ($f_s = 1/T$) es la tasa a la cual el codificador digital examina la señal analógica y la convierte a números digitales. Según el Teorema de Nyquist para que una señal pueda recuperarse por completo, debe hacerse a $f_s \geq 2fb$ donde fb es la anchura de banda de la señal.

- Cuantificación: Asigna valores numéricos discretos a cada muestra. El número de bits por muestra utilizados, determina la resolución o profundidad de digitalización.
- Codificación: Asigna una palabra código o símbolo (una serie de bits) a cada valor cuantificado

En la Figura 1.5 se presenta gráficamente el proceso de digitalización de una señal analógica.

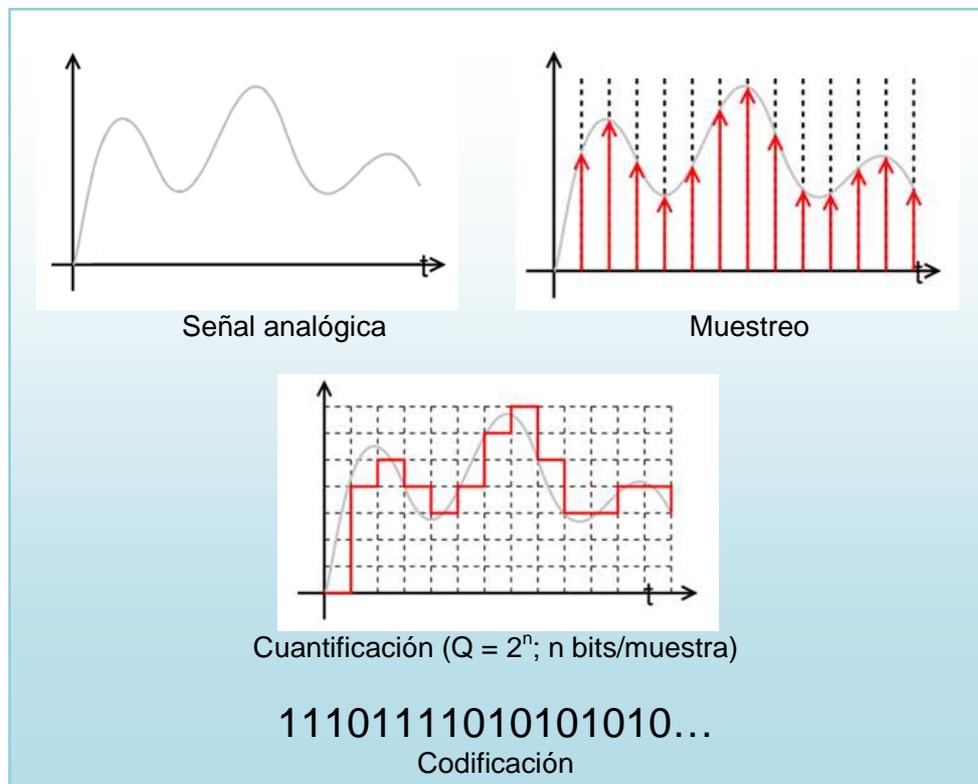


Figura 1.5 Digitalización de una señal analógica
Fuente: Elaboración propia

1.3.3.2 Compresión y Codificación de la Información

La compresión reduce el ancho de banda requerido para la transmisión de una señal digital. Los métodos de compresión han evolucionado notablemente con el fin de comprimir más la señal sin afectar la calidad de la señal original.

La compresión se fundamenta básicamente en dos conceptos, espacial y temporal. En el primero, se aprovecha el hecho de que existe información redundante en una misma escena, comprimiendo esa información. Mientras que en el segundo, se beneficia de la información redundante entre escenas consecutivas, generalmente la técnica consiste en tomar una escena base, y almacenar las diferencias con las escenas de la secuencia, sin tomar en cuenta la información redundante. La compresión espacial se usa para definir la escena de partida, y el resto de las escenas se calcula a partir de las diferencias.

Los estándares MPEG (Moving Picture Experts Group), han sido diseñados para codificación y compresión de audio y video. La Tabla 1.1 define los principales estándares MPEG.

MPEG 1	Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta aproximadamente 1,5Mbps. Para audio el MPEG-1 o MP3 es el más conocido.
MPEG 2	Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociado. Codifica audio y vídeo para señales de transmisión en televisión digital terrestre, por satélite o cable. Con algunas modificaciones, es también el formato de codificación usado por los discos SVCD y DVD comerciales de películas.
MPEG 3	Se diseñó originalmente para HDTV pero se abandonó cuando se descubrió que MPEG 2 era suficiente para este propósito.
MPEG 4	Estándar de codificación de audio y video que se basa en el éxito de tres campos: La televisión digital - Aplicaciones gráficas interactivas (el contenido sintético) - Multimedia interactiva (World Wide Web, la distribución y el acceso a contenido)
MPEG 7	Se le conoce como interfaz de descripción para contenidos multimedia. Es un estándar para describir el contenido de los datos multimedia que soporta un cierto grado de interpretación del significado de la información, que pueden ser pasados o acceder a un dispositivo o código informático.
MPEG 21	El objetivo principal de este estándar es definir todo lo necesario para intercambiar, consumir y acceder a contenidos digitales de forma transparente y eficaz.

Tabla 1.1 Estándares MPEG
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

La codificación digital aporta una mejora en la calidad de imagen y sonido de la Televisión Digital con respecto a la Televisión Analógica. Cuando se produce alguna distorsión en la señal, lo que afecta la calidad de la recepción, aquella puede ser corregida ya que la codificación digital sigue algoritmos lógicos que permiten identificar y corregir errores.

1.3.3.3 Multiplexación y Demultiplexación de Señales

El concepto de multiplexación varía dependiendo del proceso en que se aplique. En telecomunicaciones es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión, sin olvidar que cuando existe un esquema o protocolo de multiplexación pensado para que múltiples usuarios compartan un medio común, como por ejemplo en telefonía móvil o WiFi, suele denominarse control de acceso al medio o método de acceso múltiple.

En la Televisión Digital para transmitir los canales de televisión por aire, se va a tener un ancho de banda determinado, el cual habrá que multiplexar para que entren la mayor cantidad posible de canales de televisión. La trama de bits asociada a un canal puede estar formada por varios programas, cada uno de los cuales está constituido por una fuente de video y uno o varios canales de audio y datos. La información de audio y datos deben intercalarse entre la información de video para poder mantener una sincronía perfecta durante su reproducción.

1.3.3.4 Modulación y Demodulación Digital

Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de la portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada modulante, con la finalidad de posibilitar el transporte de informaciones a través de un canal de comunicación, y recuperar la señal en su forma original en el otro extremo de dicho canal. Esta técnica permite un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo

que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

El proceso inverso, que consiste en separar de la señal modulada, la onda que contiene solamente la información, se llama demodulación.

En la modulación digital la información es una señal binaria, la cual se utiliza como modulante.

1.3.3.5 Sistemas de Transmisión

Uno de los avances importantes en este tema es la transmisión digital, que puede definirse como la transmisión de pulsos digitales entre dos puntos distantes a través de un sistema de comunicación.

La Tabla 1.2 nos presenta varias de las características de la transmisión digital.

Ventajas	Desventajas
Mejor detección y corrección de errores	Requiere mayor ancho de banda en transmisiones en banda base
Inmunidad al ruido	Requiere sincronización precisa entre transmisor y receptor
Calidad independiente de la distancia	Es necesario convertir señales analógicas a digitales
Menor consumo de potencia	Sistemas incompatibles con las instalaciones analógicas existentes
Posibilita nuevos servicios (RDSI)	

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas de la transmisión digital
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

Cuando se transmiten bits a través de los medios de transmisión se producen errores los cuales pueden cuantificarse mediante el BER (Bit Error Rate), que es la relación entre el número de bits erróneos recibidos y el número total de bits recibidos.

Dada la Tabla 1.3, hay ciertos niveles de BER que nos permiten determinar la calidad de la transmisión digital.

Calidad de la Transmisión Digital	
Buena	$BER < 10^{-6}$
Degradada	$10^{-3} < BER < 10^{-6}$
Mala	$BER > 10^{-3}$

Tabla 1.3 Calidad de la Transmisión Digital
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

1.3.4 VENTAJAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La TDT revoluciona la forma de ver la televisión, puesto que aporta muchas ventajas como las siguientes:

1.3.4.1 Mejor Calidad de Señal de Transmisión.

La ventaja de la transmisión digital frente a la analógica es que es inmune a interferencias causadas por ruidos electromagnéticos, entonces, en la información binaria a lo mucho se producirán errores de número, que pueden ser corregidos, por eso la señal digital es siempre limpia. Si los errores de número son grandes (gran interferencia o baja señal), la señal se corta o interrumpe sin ruidos. En muchos casos queda en pantalla la última imagen buena (como una foto) hasta que se mejoran las condiciones.

1.3.4.2 Optimización del Espectro Radioeléctrico

La televisión digital terrestre constituye una manera mucho más eficiente de radiodifusión que la televisión analógica, ya que tanto el vídeo como el audio son transmitidos como datos comprimidos, lo que significa más servicios en menos ancho de banda. Esto da la oportunidad de recuperar y reutilizar valiosamente el espectro para otros servicios inalámbricos innovadores.

Por ejemplo, en el mismo ancho de banda en que la televisión analógica terrestre transmite un canal, la televisión digital terrestre puede transmitir cuatro o más canales con calidad digital estándar o uno o más canales con calidad de alta definición (HDTV), como se muestra en la Figura 1.6.

Dependiendo del estándar que se adopte en el País, la oferta de canales podría ser de entre 3 o más canales por cada 6MHz. Sin embargo dependerá del estándar que se determine a su debido momento.

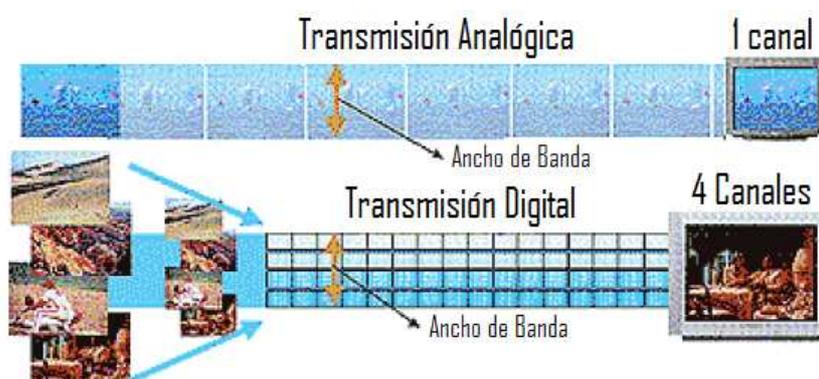


Figura 1.6 Optimización del espectro radioeléctrico
Fuente: http://es.wikitel.info/wiki/Televisión_digital_terreste

1.3.4.3 Mejor Calidad de Imagen y Sonido

Gracias a la mayor robustez que tiene la Televisión Digital frente a interferencias, aumenta la posibilidad de emitir calidades de imagen y de sonido con prestaciones más avanzadas. Esto da solución a uno de los problemas de la televisión analógica que es la resolución del televisor, la misma que controla todos los detalles y nitidez de lo que se ve en la pantalla. Dicha resolución está determinada por el número de píxeles en la pantalla.

Por su parte, el sonido que acompaña a la señal de vídeo en la transmisión es receptada en estéreo, con sistema envolvente o en múltiples idiomas, y todo ello con unos requisitos de ancho de banda muy inferiores a los de la televisión analógica. Se

habla que la calidad del audio en el peor de los casos es similar a la de un CD o superior.

Comparando la resolución entre un monitor de PC y un televisor normal, podemos decir que el peor de los monitores, tiene mejor resolución que el mejor de los televisores analógicos, adicionalmente, el mejor de los monitores puede mostrar diez veces más píxeles que un monitor de baja calidad. Simplemente no hay comparación entre un televisor digital y uno analógico en términos de detalle y estabilidad de imagen y color.

Otra de las ventajas del empleo de técnicas digitales de transmisión es que ya no se producirían imágenes dobles o "fantasmas".

1.3.4.4 Interactividad

La interactividad permite establecer un diálogo entre el telespectador y el proveedor de servicio, que puede ir desde el aporte de información hasta la oferta de servicios de transacción, por ejemplo: permiten consultar información (programación, noticias, el tiempo) o participar proactivamente en concursos, encuestas, juegos, compras, o servicios bancarios por televisión, todo mediante el control remoto. A la larga, la convergencia tecnológica hará posible que la televisión pase a ser el receptáculo de numerosas funciones.

Esta interactividad puede aumentarse aún más mediante el uso de un canal de retorno a través del cual los televidentes pueden solicitar el contenido específico de la radiodifusión. Existen múltiples tecnologías para aplicar el canal de retorno, incluyendo redes fijas y móviles de banda ancha o incluso un canal de retorno propio, si se dispone de espectro adicional.

Obviamente para poder disfrutar de estos servicios o aplicaciones interactivas, el receptor digital debe ser compatible con los servicios interactivos de la TDT.

1.3.4.5 Portabilidad y Movilidad

Portabilidad se refiere a que es posible recibir señales de televisión en el exterior o en cualquier parte del interior de un domicilio, inclusive hasta en un dispositivo de bolsillo, Figura 1.7 (a). No obstante, teniendo en cuenta la infraestructura de radiocomunicación, se trata de una solución costosa ya que los transmisores principales necesitarán nuevos retransmisores o más potencia para que todos los espectadores de la zona de cobertura de la TDT obtengan una recepción en óptimas condiciones.

La movilidad es la capacidad para recibir la señal de TDT en receptores que están en movimiento, por ejemplo, en camiones, trenes, autobuses o automóviles. Figura 1.7 (b). La movilidad no implica necesariamente un bajo consumo de energía y por lo general requiere medianas y grandes pantallas de recepción, por tanto, no debe confundirse con los servicios prestados a dispositivos de mano (celulares, PDA's) en donde la prioridad es el bajo consumo de energía. Los servicios móviles se caracterizan por la rápida recepción en vehículos en movimiento, que presenta importantes retos técnicos fiables para la recepción de la señal.



Figura 1.7 a) Portabilidad b) Movilidad
Fuente: <http://www.supertel.gov.ec/> (Presentación TDT Ecuador, mayo 2009)

1.3.4.6 Otros

En resumen, con la entrada de la televisión digital terrestre se generaran nuevos servicios y beneficios dentro de los que se pueden mencionar los siguientes:

- Acceso a información como teleducación, telemedicina y otras aplicaciones particulares.
- En los desastres naturales, las guerras y otras circunstancias, comparado con los sistemas de televisión de cable y por satélite, la transmisión de la TV Digital Terrestre tiene mucha más capacidad de reanudación de la transmisión.
- Para los operadores de televisión digital, la posibilidad de establecer nuevos modelos de negocio basados en la interactividad, creación de nuevos canales, que para un modelo de televisión como el de hoy en día que está sustentado en los ingresos publicitarios representará una nueva vía para aumentar sus ingresos.
- Para la industria de la electrónica, al tener que renovar el parque de aparatos receptores de televisión o por lo menos el uso de decodificadores, supondrá mayores ingresos para todos los agentes que forman la cadena de valor.
- Para los creadores de contenidos, tendrán nuevas vías para comercializar sus productos, representando así un crecimiento en esta industria.
- Para las empresas en general tendrán más canales de comunicación para llegar al consumidor, que además estará más segmentado pudiendo así focalizar sus mensajes publicitarios.

1.3.5 DESVENTAJAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

A pesar de que la televisión Digital Terrestre es gratuita, es necesario realizar un gasto previo para poder disfrutar de la misma. Los televidentes debemos adquirir un televisor con sintonizador digital integrado, Figura 1.8 (a), o un decodificador (set top

box), que permite el cambio de formato digital al analógico convencional para poder recibir la señal en nuestro televisor analógico actual, Figura 1.8 (b).

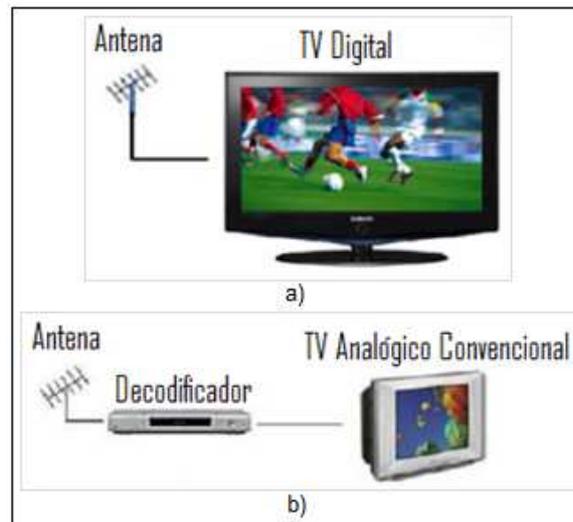


Figura 1.8 Recepción de la TDT
 Fuente: SUPERTEL, Revista Institucional N°3, Diciembre 2008

La otra cara de la moneda son los canales de televisión que en una fase inicial deberán asumir el costo de modernizar sus equipos, pero a la larga la transmisión de programas empleando tecnología digital resulta menos costosa, ya que, entre otras razones, permite un uso más eficiente de la potencia de emisión de los transmisores.

1.3.6 APAGÓN ANALÓGICO

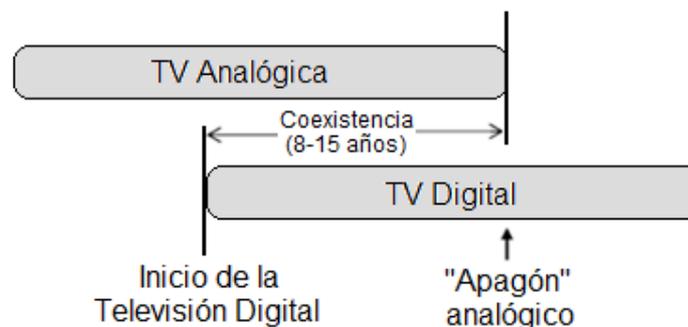


Figura 1.9 Apagón analógico
 Fuente: http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/TV_DIGITAL_EXPLICATIVO_usuario_Final_04112008.pdf

El apagón analógico corresponde al cese por completo de las emisiones analógicas de las señales de televisión. Esto conlleva un largo proceso en cual debe haber un periodo en que tanto la televisión analógica como la digital deben coexistir, de acuerdo a la experiencia internacional puede ser de 8 a 15 años, Figura 1.9. Pero realmente el tiempo para que se dé el apagón depende de la situación social, económica, cultural y tecnológica de cada país.

1.4 ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La Televisión Digital Terrestre está operando mundialmente con cuatro estándares: el Americano ATSC (ADVANCE TELEVISION SYSTEM COMMITTEE), el Europeo DVB-T (DIGITAL VIDEO BROADCASTING - TERRESTRIAL), el Japonés ISDB-T (INTEGRATED SERVICE DIGITAL BROADCASTING - TERRESTRIAL) y el Chino DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING), considerando que en Brasil se utiliza un estándar propio que es una variación del estándar Japonés y se denomina SBTVD-T (SISTEMA BRASILEIRO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE).

Estos sistemas tienen sus propias características técnicas que hacen que requieran equipos de recepción particulares. En la práctica, esto se traduce en que si se quiere que la televisión abierta sea recibida por todos, tanto el canal de televisión como los televidentes deben contar con el mismo estándar de televisión digital, en la transmisión y en la recepción. En la Tabla 1.4 se presentan los aspectos en que más destacan cada uno de los estándares de Televisión Digital Terrestre

Estándares	Fortalezas
ISDB-T	Portabilidad, movilidad.
DVB-T	Interactividad, desarrollo de aplicaciones multimedia.
ATSC	Alta definición, HD en puntos fijos.
DTMB	Alta definición, movilidad, portabilidad.

Tabla 1.4 Fortalezas de los estándares de Televisión Digital Terrestre

Fuente: SUPERTEL, Revista Institucional N°4, Febrero 2009

La Diferencia entre cada estándar radica principalmente en el tipo de modulación que utiliza cada uno.

1.4.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

ATSC (ADVANCE TELEVISION SYSTEM COMMITTEE)	
Ancho de banda del Canal	6Mhz
Flujo de datos	19.4Mbps
Codificación de video	MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group-2)
Codificación de audio	Audio Digital AC-3(Audio Codec 3), Dolby Surround Sound 5.1
Transmisión, Modulación	8T-VBS (8 Trellis-Vestigial Side Band)
Solución de Movilidad y Portabilidad	ATSC M-H (Advanced Television Systems Committee - Mobile/Handheld), existen dos soluciones A-VSB (Advanced VSB) desarrollado por Samsung/Rhode & Schwarz y MPH (Mobile/Pedestrian/Handheld) desarrollado por LG/Zenith/Harris

Tabla 1.5 Características principales del estándar ATSC
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

DVB-T (DIGITAL VIDEO BROADCASTING - TERRESTRIAL)	
Canal	8Mhz, 7Mhz, 6Mhz
Flujo de datos	Varia de 3.69-23.5Mbps, 23Mbps en 6MHz
Codificación de video	MPEG-2 MP@ML (Main Profile at Main Level)
Codificación de audio	MP2 (MPEG-1 Audio Layer II), posteriormente fue incorporado el Sonido Dolby AC-3.
Transmisión, Modulación	COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
Solución de Movilidad y Portabilidad	DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld)

Tabla 1.6 Características principales del estándar DVB-T
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

ISDB-T (INTEGRATED SERVICE DIGITAL BROADCASTING – TERRESTRIAL)	
Canal	6Mhz
Flujo de datos	Varia de 3.65-23.23Mbps
Codificación de video	MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group-2)
Codificación de audio	MPEG 2-AAC (Moving Pictures Experts Group-2 Advanced Audio Coding)
Transmisión, Modulación	OFDM Segmentado (Orthogonal Frequency Division Multiplex)
Solución de Movilidad y Portabilidad	“One-Seg”

Tabla 1.7 Características principales del estándar ISDB-T
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

SBTVD-T (SISTEMA BRASILEIRO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE)	
Canal	6Mhz
Flujo de datos	Varia de 3.65-23.23Mbps
Codificación de video	H.264/MPEG-4 AVC
Codificación de audio	<ul style="list-style-type: none"> - Stereo: MPEG-4 AAC@L2 (Advanced Audio Coding, Level 2) o MPEG-4 HE-AAC v1@L2 (High Efficiency AAC, Version 1, Level 4) - Multi-Channel 5.1: MPEG-4 AAC@L4 o MPEG-4 HE-AAC v1@L4
Transmisión, Modulación	BST-OFDM (Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing).
Solución de Movilidad y Portabilidad	Modificación del estándar japonés, mediante el concepto de recepción parcial de un segmento “1seg”.

Tabla 1.8 Características principales del estándar SBTVD-T
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING)	
Canal	6MHz y 8MHz
Flujo de datos	Varia de 3.65-23.23Mbps
Codificación de video	MPEG-4 y MPEG-2
Codificación de audio	MPEG 2 y AVS (Audio Video Estándar).
Transmisión, Modulación	TDS-OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
Solución de Movilidad y Portabilidad	CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting)

Tabla 1.9 Características principales del estándar DTMB

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING)

2.1 INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital Terrestre es una nueva era de la televisión, sus bondades y la mayor capacidad para la aplicación de otros servicios son de gran trascendencia para el desarrollo de la industria afín a ella. Cuando la TDT reemplace por completo a la televisión analógica será un componente importante en el sistema de radio y de televisión, junto con la televisión digital por cable, satélite y otros sistemas auxiliares proporcionarán gran cobertura de audiencia.

La Republica Popular de China gracias a su crecimiento económico, es de los más destacados generadores de tecnología. Es un gran proveedor de televisores a color, así como de usuarios ya que cuenta con una población de más de 1.300 millones de habitantes, que le otorgan un potencial enorme en el mercado de la Televisión Digital Terrestre.

China empieza la investigación y el desarrollo oficial de la DTTB (Digital Terrestrial Television Broadcasting) en el año de 1994, el gobierno fundó el grupo TEEG (Technical Executive Expert Group), cuyos miembros vinieron de varias universidades e institutos de investigación a trabajar en el desarrollo de la Televisión Digital Terrestre. Los requerimientos impuestos por el gobierno chino fueron: alta eficiencia de ancho de banda, gran cobertura, bajo consumo de potencia y alta movilidad. Además soporte para SDTV, HDTV, y recepción fija/móvil interna y al aire libre. Después de cinco años de esfuerzo, el grupo desarrolla el primer prototipo de HDTV/DTTB, el cual fue aplicado satisfactoriamente para la transmisión en vivo del 50 aniversario del Día Nacional Chino en 1999.

En el año 2001, China hizo el llamado para recibir propuestas de un estándar de Transmisión de Televisión Digital Terrestre, cinco fueron presentadas entre las cuales estaban DMB-T (Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial), y ADTB –T (Advanced Digital Television Broadcasting – Terrestrial) que son fusión de varias tecnologías e incluyen derivaciones de los estándares americano ATSC y europeo DVB-T.

En 2002 se realizaron las pruebas de laboratorio, pruebas de campo y el análisis del estado de propiedad intelectual (IP). Adicionalmente en este año surge TIMI (Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure) desarrollado por la Chinese Academy of Broadcasting Science (ABS) del State Administration of Radio Film and Television (SARFT).

En el 2004, DMB-T desarrollado por la Universidad de Jiaotong de Shanghai, ADTB–T desarrollado por la Universidad Tsinghua de Beijing, y TIMI comienzan a fusionarse. Para luego ser fundamento básico del estándar definitivo.

Finalmente después de pruebas de laboratorio y de campo, la administración de estandarización de la Republica Popular de China, el 30 de agosto del 2006 presenta el estándar nacional de Transmisión de Televisión Digital Terrestre DMB-T/H (Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld), pero por la confusión con la norma coreana para dispositivos móviles DMB (Digital Media Broadcasting) hizo que finalmente optaran por el nombre DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting), el cual fue estandarizado en China con el nombre oficial de GB 20600-2006 “Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System”.

DTMB (GB 20600-2006) fue aprobado el 18 de agosto del 2006 y entró en vigencia de manera obligatoria a nivel nacional en China el 1de Agosto del 2007.

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

El estándar de Televisión Digital Terrestre Chino DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) a pesar de ser relativamente reciente en el mercado ha logrado responder a muchos requerimientos que ha impuesto la sociedad actual. A diferencia de los otros estándares posee un amplio desarrollo integral.

Este estándar desde sus inicios da soporte a:

- Recepción fija, interna y externa.
- Recepción móvil y portable, como en celulares, reproductores multimedia, etc.
- Tanto la recepción fija como móvil soportan lo siguiente:
 - ✓ Sonido digital
 - ✓ Multimedia
 - ✓ Servicios de transmisión de datos.
 - ✓ Televisión digital de definición estándar (SDTV)
 - ✓ Televisión digital de alta definición (HDTV), este estándar es capaz de transmitir HDTV de calidad aceptable a vehículos en movimiento hasta velocidades en el orden de los 200km/h.

DTMB permite tasas de transmisión de 4.813Mbps a 32.486Mbps dentro de un canal convencional de televisión UHF/VHF. Posee un gran alcance de cobertura y de acuerdo a la experiencia internacional durante la etapa de transición en que la televisión analógica y la televisión digital coexistirán, sus sistemas de transmisión no se interferirán entre sí.

Puede trabajar en distintas redes de difusión de la señal de TDT, como MFN (Red de multifrecuencias) y SFN (Red de frecuencia única). Varios modos y parámetros

pueden ser escogidos sobre la base del tipo del servicio y el ambiente de la red para dar más flexibilidad a los servicios, por lo tanto el sistema también respalda operaciones de modo MFN y SFN mezclados. DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) permite también la modulación de única portadora ($C=1$) y de múltiples portadoras ($C=3780$).

Adicionalmente DTMB soporta múltiples tasas de FEC, esquemas de modulación, encabezados de trama, sub-portadoras, interleaving. Dando como resultado 330 modelos de trabajo diferentes. Es ideal para el uso en dispositivos como televisores, set top boxes, computadoras portátiles, ultra computadoras personales movibles (UMPC), televisores portátiles, receptores de automóvil, reproductores media portátiles (PMP) y teléfonos celulares.

El estándar DTMB puede utilizar tanto MPEG-4 como MPEG-2, la decisión de la compresión queda a discreción del transmisor y trabaja en anchos de banda de 6 y 8MHz. Usa muchas tecnologías avanzadas que mejoran su rendimiento como las siguientes:

- Secuencias PN (secuencia binaria pseudoaleatoria) como intervalos de guarda que suministran una sincronización más rápida del sistema y estimación de canal más precisa.
- Código de corrección de errores avanzado Low Density Parity Check coding (LDPC).
- TDS - OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que combina el procesamiento digital de la señal en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

- La sincronización de la estructura de trama en tiempo real, soporta transmisión multimedia y servicios personalizados.
- Spreading spectrum para proteger la información de sistema.

En la Tabla 2.1 se presentan algunas de las características principales del estándar DTMB.

DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING)	
Canal	6MHz y 8MHz
Flujo de datos	Varia de 3.65-23.23Mbps
Codificación de video	MPEG-4 y MPEG-2
Codificación de audio	MPEG 2 y AVS (Audio Video Estándar).
Transmisión, Modulación	TDS-OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
Solución de Movilidad y Portabilidad	CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting)

Tabla 2.1 Características Técnicas Principales del estándar DTMB
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

2.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DEL ESTÁNDAR

Este estándar describe un sistema de transmisión básico para la TV Digital Terrestre. Especifica la codificación de canal, la modulación, interleaving y la estructura de trama de la señal para servicios terrestres de SDTV/HDTV en bandas de frecuencia UHF y VHF. El diagrama de bloques del Estándar de Televisión Digital Terrestre Chino se muestra en la Figura 2.1, en donde los flujos de transmisión banda base (TS) entrantes, son aplicados a los siguientes procesos. Inicialmente, el TS es aleatorizado por el Scrambling. A continuación pasa por los bloques de código de corrección de errores hacia adelante FEC y por las constelaciones mapeadas & interleaving. Seguidamente el TS se complementa con la información del sistema,

formando así el cuerpo de la trama. El cuerpo de la trama con la introducción de la secuencia PN como encabezado forma la trama de la señal. Las tramas de la señal son convertidas en señal de datos banda base, la cual se procesa y adecúa en un ancho de banda específico. Finalmente esta señal de datos banda base es convertida en señal de radiofrecuencia (RF) para ser transmitida.

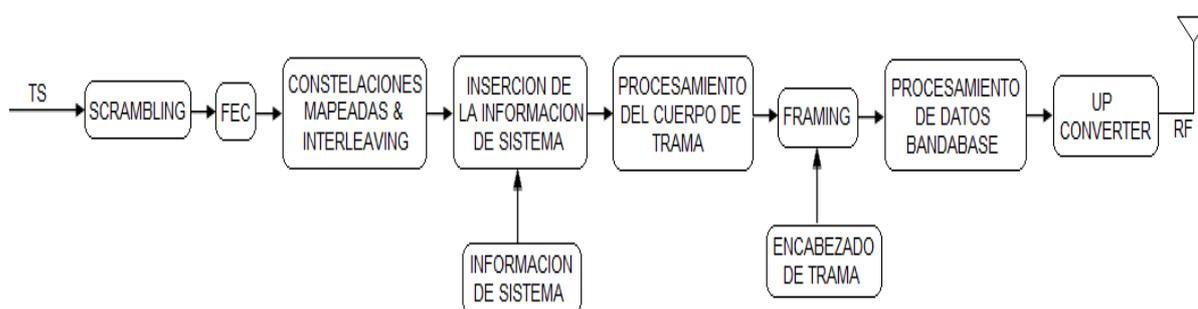


Figura 2.1 Estructura de Transmisión del Estándar DTMB
Fuente: "Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System".
Chinese National Standard GB 20600-2006. China. Agosto 2006

2.3.1 INTERFAZ

El estándar permite varios formatos o estándares de codificación de audio y video. Actualmente el formato MPEG-2 es ampliamente usado por las estaciones de televisión a la hora de producir, almacenar y transmitir programas, por consiguiente los productos y contenidos de conformidad con el formato MPEG-2 se han desarrollado a gran escala, y es motivo por la que cualquier estándar de transmisión de Televisión Digital Terrestre debe soportar MPEG-2. En el estándar DTMB los datos de entrada al sistema de transmisión son un flujo de datos banda base (TS) codificados en MPEG-2, MPEG-4 o AVS. La técnica de codificación de audio video digital (AVS) impulsada por el gobierno Chino a diferencia de los formatos MPEG fue investigada y desarrollada recientemente. Todo esto conllevó a que durante la etapa de desarrollo del estándar se tome en cuenta la escalabilidad y el apoyo de una interfaz común.

La interfaz del estándar DTMB asume el formato de datos de MPEG-2 como muestra la Figura 2.2, donde la longitud del paquete es 188 bytes, un byte de sincronización de cabecera 47H, y 187 bytes de datos. Este sistema solamente requiere que el flujo de bits de entrada reúna las características del formato de trama, para que sea transparentada la transmisión para los datos internos.

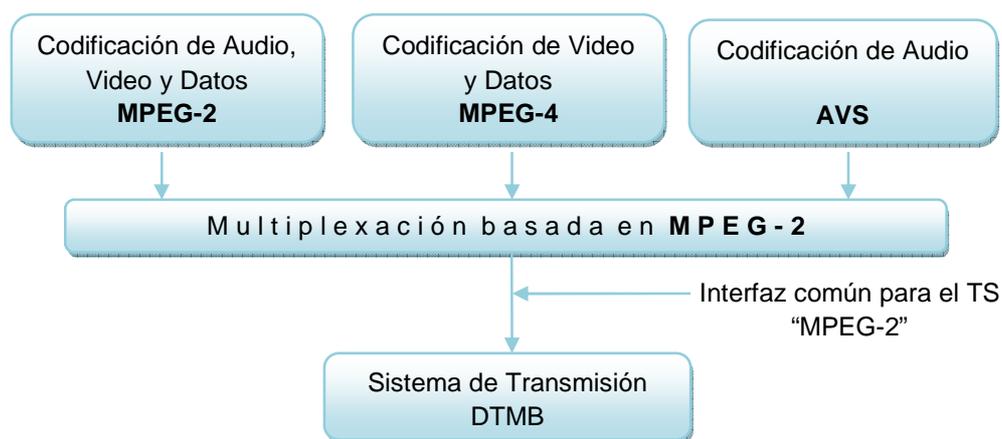


Figura 2.2 Interfaz del estándar DTMB

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.1 MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group 2)

El MPEG-2 (ISO 13818) es un estándar de codificación de imágenes en movimiento e información de audio asociado, con una calidad suficiente para la transmisión de señales de televisión digital terrestre, por satélite o cable, y que con algunas modificaciones es el formato de codificación usado por los discos comerciales de películas SVCD (Super Video Compact Disc) y DVD (Digital Versatil Disc).

MPEG-1 y MPEG-2 son muy similares, se diferencian fundamentalmente en las dimensiones de imágenes que deben tratar y porque MPEG-2 proporciona soporte para video entrelazado que es el formato utilizado para la televisión.

El estándar MPEG-2 informalmente se puede dividir en tres partes, lo referente a video, audio y multiplexación. Para el propósito de este estudio se analizará la parte de multiplexación.

2.3.1.1.1 Multiplexación de secuencias MPEG-2

La trama de video básica de MPEG-2 tiene una estructura jerárquica en la que se van definiendo progresivamente los parámetros de la secuencia de video. Esta trama se la conoce con el nombre de trama elemental (Elementary Stream - ES) que contiene toda la información relativa a como se ha realizado la codificación del video, pero carece de información de cómo sincronizar el video con el audio y con los datos adicionales. La trama elemental es una trama de bits continua que aporta información sobre las imágenes de un determinado programa el cual debe intercalarse con audio (Elementary Stream Audio- ES audio) y datos (Elementary Stream Data- ES datos), y que para el caso de la radiodifusión digital debe multiplexarse con otros programas adicionales. Toda esta problemática de intercalar y sincronizar audio, video, y datos correspondientes a distintos programas en una única trama de datos se considera en el estándar MPEG- Systems.

Existen dos posibilidades para construir la secuencia MPEG multiplexada, conocidas como la trama de programa (Program Stream) y la trama de transporte (Transport Stream). Las dos permiten multiplexar video, audio datos sincronizando los decodificadores de las distintas fuentes. Las diferencias entre ambas alternativas se deben a que la trama de programa está orientada a aplicaciones de almacenamiento de video en la que se producen pocos errores de lectura, mientras que la trama de transporte se orienta a sistemas de comunicaciones en donde las condiciones de recepción de la trama pueden llegar a variar considerablemente. La trama de programa está compuesta por paquetes de gran longitud de datos mientras que en la trama de transporte los paquetes son de longitud pequeña para poder realizar un control de errores más eficaz.

MPEG-2 dispone de las dos opciones, la trama de programa se utiliza en aplicaciones como el DVD-video, mientras que la trama de transporte se usa en la radiodifusión de señales de televisión.

2.3.1.1.2 Estructura del Paquete Básico (*Packetized Elementary Stream*)

Antes de llegar a la trama de programa o de transporte, la ES (Elementary Stream) se agrupa en paquetes elementales que convierten el flujo continuo de información en bloques discretos, que permiten un mejor control de transmisión o almacenamiento.

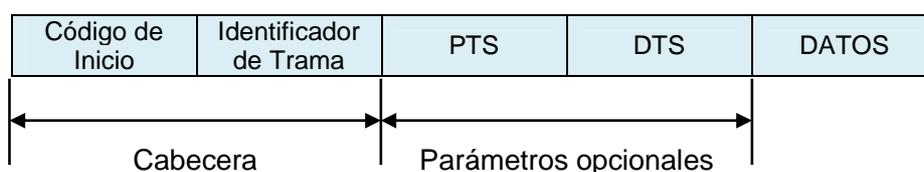


Figura 2.3 Estructura simplificada del Packetized Elementary Stream
Fuente: "Sistemas Audiovisuales". Francesc Tarrés Ruiz. Ediciones UPC, 2000

La agrupación en paquetes de la ES (Elementary Stream) se denomina PES (Packetized Elementary Stream) y se define para cada uno de los posibles tipos de señal, es decir, video, audio y datos. La estructura simplificada de una PES se representa en la Figura 2.3, se compone de una cabecera que contiene un código de inicio de paquete y un código que identifica si la información del paquete corresponde a la señal de video, audio o datos. Los identificadores PTS Y DTS son opcionales y por lo general no se encuentran en todos los paquetes. No obstante, son extremadamente importantes puesto que se utilizan como unidades de sincronización entre la información de video y de audio. La longitud de una PES puede llegar hasta un máximo de 64KBytes.

El PTS (Presentacion Time Stamp) es una referencia temporal del orden de presentación de los fotogramas mientras que el DTS (Decode Time Stamp) es una referencia del orden de codificación. Los valores del PTS y del DTS no requieren enviarse en cada paquete por cuanto existe bastante redundancia en la recepción de las imágenes debido a que el receptor sabe que la diferencia de tiempos entre todas ellas es constante (el período de imagen). Cuando los PES deben incorporarse en

una trama transporte, los PTS y DTS deben enviarse con un período que no puede ser inferior a los 0.1s.

2.3.1.1.3 Trama Transporte

Los paquetes utilizados en la trama transporte son de longitud fija 188 bytes y contienen una cabecera y un fragmento de datos de una trama PES. En la cabecera el primer byte de código 47H es para sincronismo.

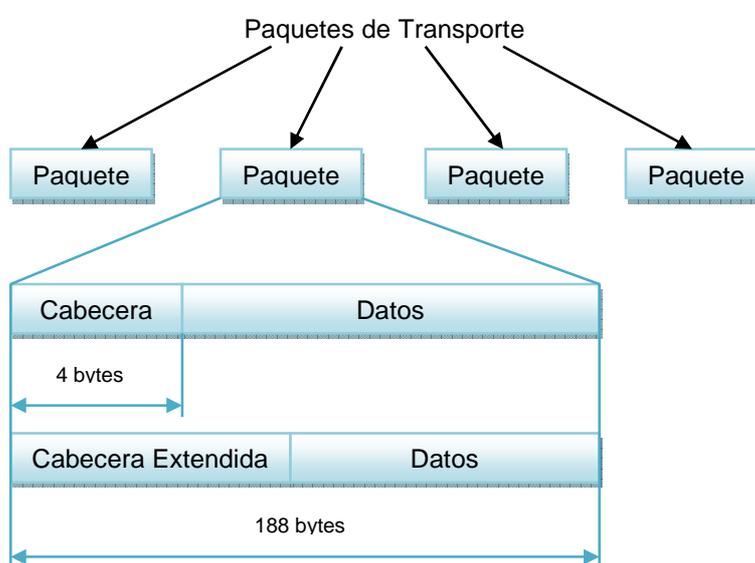


Figura 2.4 Estructura del Paquete de Transporte
Fuente: "Sistemas Audiovisuales". Francesc Tarrés Ruiz. Ediciones UPC, 2000

Para aumentar la eficiencia de la transferencia de información pueden utilizarse dos tipos de cabecera, Figura 2.4. La que normalmente se usa es de longitud corta (32 bits), pero para el caso de utilizar la cabecera extendida, se reduce la carga de datos PES del paquete, manteniendo siempre su longitud total constante.

Vale destacar que aunque los paquetes de transporte son más cortos que las tramas PES, se utilizan para transportar toda la información de la PES de audio, video y datos de varios programas, como se muestra en la Figura 2.5.

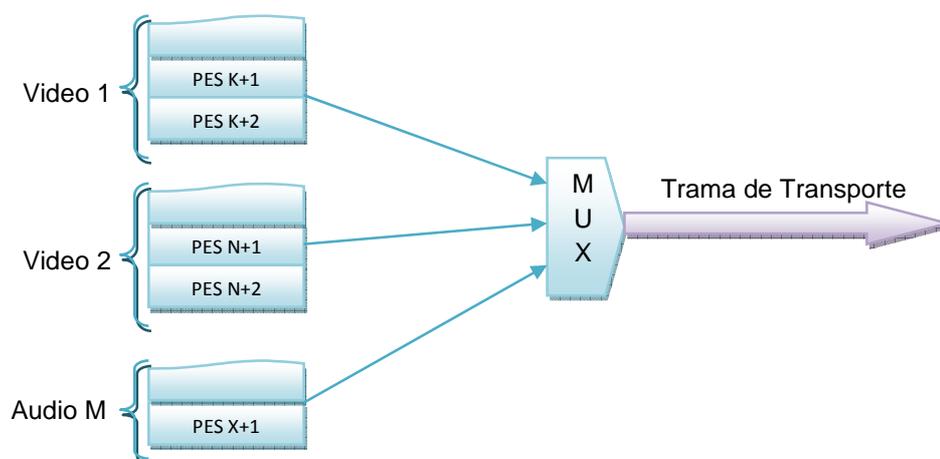


Figura 2.5 Proceso de multiplexación de paquetes en la Trama de Transporte

Fuente: "Sistemas Audiovisuales". Francesc Tarrés Ruiz. Ediciones UPC, 2000

2.3.1.2 MPEG-4 (Moving Pictures Experts Group 4)

El MPEG-4, cuyo nombre formal es ISO/IEC 44196, se orienta a la transmisión de señales de video y audio con velocidades muy bajas (64kbps), por ejemplo aplicaciones de video telefonía, aplicaciones multimedia, intranets e internet. El principal objetivo de este formato es ofrecer al usuario final un mayor grado de interactividad y control de los contenidos multimedia, por lo que en vez de basarse en el conjunto de la secuencia, el MPEG-4 se basa en el contenido. Así, mientras los estándares MPEG-1 y MPEG-2 codifican secuencias, el MPEG-4 es capaz de crear representaciones codificadas de los datos de audio y vídeo que la forman.

Un ejemplo simple lo podemos ver en la Figura 2.6, (a) representa la imagen original sin codificar, mientras que la (b) representa una de las muchas posibles presentaciones de la imagen original tras ser codificada en MPEG-4.

El estándar de codificación de vídeo MPEG-4 codifica cada objeto en capas separadas. El contorno y transparencia de cada objeto, así como las coordenadas espaciales y otros parámetros adicionales como escala, localización, zoom, rotación o translación, son incluidos como datos asociados de cada objeto en su propia capa.

El usuario puede reconstruir la secuencia original al decodificar todas las capas y visualizar sin modificar los parámetros asociados a los objetos o, a su vez, el usuario tiene la posibilidad de manipular la secuencia realizando unas operaciones muy sencillas. Por ejemplo, en la Figura 2.6 (b) no se han decodificado ni usado algunos objetos para la reconstrucción, otros han sido representados con los mismos valores del original, mientras que otros objetos han visto modificados algunos de sus parámetros de escala, rotación o posición. También es posible añadir objetos que no están presentes en la secuencia original. Además, el MPEG-4 no hace distinción entre objetos naturales y sintéticos. Se entiende por objeto sintético cualquier recreación informática, como gráficos en tres dimensiones o incluso voz sintetizada.

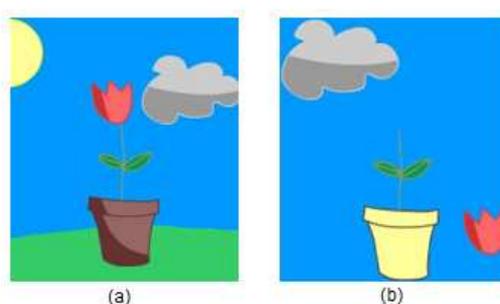


Figura 2.6 Codificación MPEG-4
Fuente: Elaboración propia

El MPEG-4 ha sido diseñado tanto para la radiodifusión digital como para la difusión por la Web, mejorando la convergencia de ambos canales, ya que permite la integración de contenidos provenientes de ambos en la misma escena multimedia. Esta facilidad de difusión viene provista gracias a las diferentes relaciones de flujo que el estándar permite. Adicionalmente MPEG-4 también soporta tanto la exploración progresiva como entrelazada del MPEG-2.

Para permitir las funciones de interactividad basadas en el contenido, el estándar de vídeo MPEG-4 introduce el concepto de "planos de objetos de vídeo" VOP (Video Object Planes). Cada cuadro de la secuencia de vídeo a codificar es seccionado en un número de imágenes independientes VOD (Video Object Descriptor). En contraposición con el formato de vídeo de entrada usado en los estándares MPEG-1

y MPEG-2, el vídeo de entrada para ser codificado por el modelo de verificación del MPEG-4 no tiene que ser únicamente una imagen de vídeo rectangular. Puede ser también una región VOP con un contorno arbitrario, cuyos valores de contorno y localización pueden variar cuadro a cuadro. La sucesión de regiones VOP pertenecientes a un mismo objeto físico en una escena se conoce como objetos de vídeo VO (Video Objects). La información del contorno, movimiento y textura de cada VOP perteneciente a un objeto de vídeo es codificada y transmitida como una capa de objetos de vídeo VOL (Video Object Layer) independiente. Además se incluye la información relevante necesaria para identificar cada capa de objetos de vídeo VOL y su composición para reconstruir la secuencia original en el receptor. Esto permite la decodificación separada de cada plano de objetos de vídeo VOP y la posibilidad de manipulación.

Se ha visto que las imágenes MPEG-4 así como las secuencias de imagen son consideradas como contorneadas arbitrariamente, en contraste con las definiciones de los estándares MPEG-1 y MPEG-2 que codifican secuencias de imágenes rectangulares. Una codificación MPEG-4 de una secuencia de vídeo rectangular sin definición de contornos ofrece una codificación muy similar al MPEG-1 y MPEG-2. En realidad, el MPEG-4 no especifica una única manera para codificar información de audio o vídeo, sino ofrece una herramienta para utilizar diferentes métodos de codificación, que pueden usarse para diferentes tipos de contenido. Cada uno tiene su codificador optimizado.

2.3.1.3 AVS (Audio Video Coding Standard)

AVS es la abreviación del estándar “Information Technology Advanced Audio and Video Coding” desarrollado por el grupo de trabajo AVS (Audio Video Standard) e impulsado por el gobierno de la Republica Popular de China. Incluye cuatro partes principales que son: sistema, audio, video y la administración de derechos digitales. Adicionalmente el estándar da soporte para la realización de pruebas técnicas.

Las primeras versiones del estándar apuntan principalmente a los campos de la alta definición HD, radiodifusión digital, aplicaciones móviles de radiodifusión, a medios de almacenamiento digital y otras aplicaciones relacionadas.

La parte del estándar referente al audio (AV3) fue completada en abril del 2006 y define dos formatos llamados Audio Storage Format (AASF) para almacenamiento y Audio Transport Format (AATF) para transmisión. La diferencia fundamental entre estos dos formatos es la estructura de trama del flujo de datos (bitstream). En general la codificación de audio AVS está basada en un modelo perspicaz de codificación, que es compatible con mono/dual señales de entrada de audio PCM (Modulación por Código de Pulsos). En el proceso de codificación estas señales son analizadas por un modelo psicoacústico¹ con una frecuencia de muestreo de 8kHz a 96kHz, cuyos resultados son utilizados para guiar la cuantización. El rango del flujo de bits de salida del codificador está en el orden de 6Kbps a 96Kbps por canal.

A continuación en la Tabla 2.2 se presentan algunas características de la codificación de audio AVS.

Características de AVS-AUDIO	
Modo	Modo Escalable, Modo de Alta Eficiencia
Longitud de trama	1024 muestras
Transformada	2048 MDCT (Modified Discrete Cosine Transform)
Codificación de Entropía²	Context-Dependent Bitplane Coding (CBC)
Control pre-hecho	Análisis de multiresolución en el dominio de la frecuencia
Fine Granular Scalable Coding³	1Kbps
Soporte máximo de canales principales	16
Flujo de bits	8 - 96Kbps/canal

Tabla 2.2 Características de la codificación de AVS audio

Fuente: "A Survey of digital TV standards China". ChinaCom 2007. Shanghai, China. Special Session on Digital Broadcasting and Mobile Convergence, IEEE, Agosto 2007.

¹ La psicoacústica estudia la percepción subjetiva de las características del sonido: intensidad, tono y timbre. Estas características a su vez están determinadas por los propios parámetros del sonido, principalmente, frecuencia y amplitud.

² Codificación de entropía es un régimen de compresión de datos sin pérdida que es independiente de las características específicas del medio. Crea y asigna un prefijo único para cada símbolo único que se produce en la entrada.

³ Codificación de vídeo, establece una nueva estructura para la transmisión en tiempo real de vídeo a través de Internet.

Para entender un poco más la codificación de audio AVS en la Figura 2.7 se presenta el diagrama de bloques de un codificador.

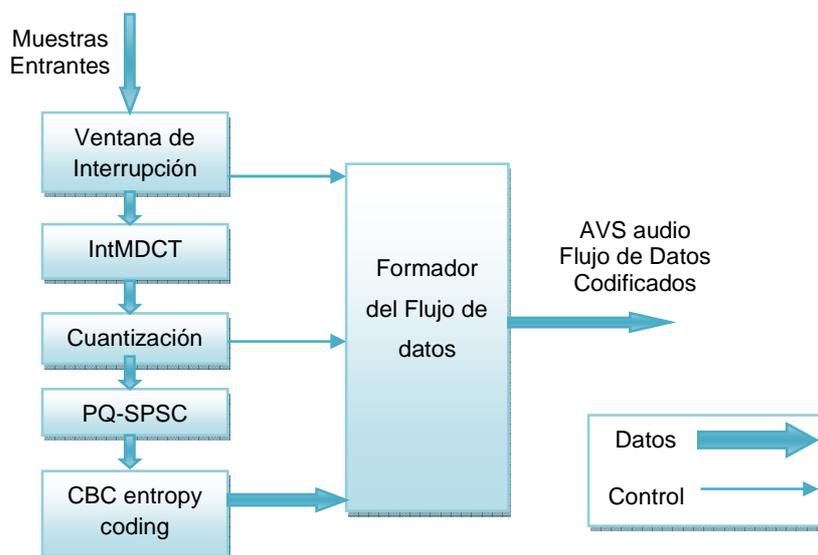


Figura 2.7 Estructura del codificador de audio AVS

Fuente: Hao-Jun Ai, Shui-Xian Chen, y Rui-Min Hu. "Introduction to AVS audio".
Journal of Computer Science and Technology, China, Mayo 2006.

Resumiendo, el codificador procesa la señal de audio digital y produce el flujo de bits codificados. Muestras entrantes de audio se introducen en el codificador. La ventana de interrupción determina la longitud del bloque de análisis en función de las transiciones o no. La multidetección (Integer MDCT/Modified Discrete Cosine Transform) se emplea en el análisis de tiempo y de frecuencia permitiendo reducir el aliasing ("solapamiento") que es el efecto no deseado que aparece cuando la frecuencia de muestreo es demasiado baja para reproducir fielmente los detalles de la señal. Post-Quantization Square Polar Stereo Coding (PQSPSC) se introduce en el proceso para mejorar la calidad de la transformación es decir codificación sin pérdidas de la información del audio. La codificación de entropía CBC (Context-Dependent Bitplane Coding) se utiliza para reducir el flujo de bits.

2.3.2 SCRAMBLING

Se trata de combinar la señal de información con una secuencia binaria pseudoaleatoria. En comunicaciones de datos se utilizan para dispersar la energía de la señal a transmitirse a lo largo de todo el ancho de banda del canal.

El scrambling asegura una mejor transmisión de los datos aleatorios, mejora la calidad de sincronización del código, haciendo que el espectro de la señal sea más similar a las características del ruido blanco. Con esto se reduce la componente de c.c. y se distribuye los bits de modo que no haya grupos grandes de unos o ceros reduciendo así los errores en ráfaga.

El estándar DTMB usa 15 etapas de secuencia binaria pseudoaleatoria como el scrambling, cuyo polinomio generador es $G(x) = 1 + x^{14} + x^{15}$. Figura 2.8.

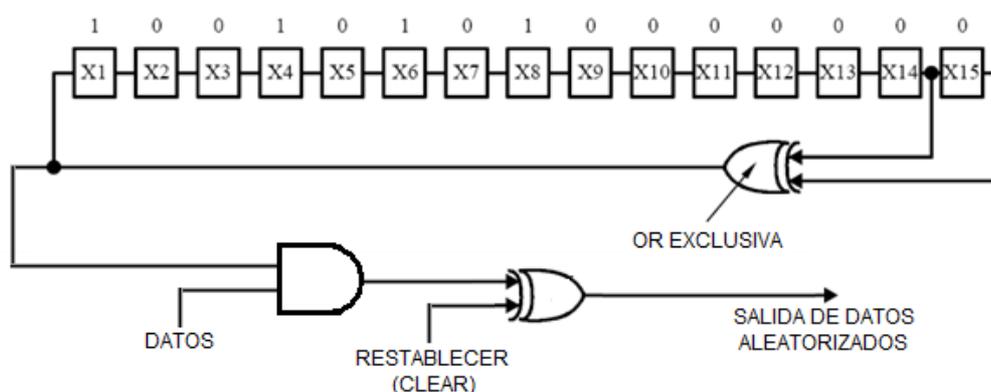


Figura 2.8 Diagrama del Scrambling

Fuente: Constantino Pérez Vega, "Control de Errores en Televisión Digital (Codificación de Canal)".
Universidad de Cantabria, Santander – España. Septiembre 2008

Otra consideración importante con respecto a esta aplicación es que la secuencia pseudoaleatoria se debe generar a la misma velocidad que la información que se va a transmitir, es decir se debe combinar un bit de información con un bit pseudoaleatorio.

2.3.3 FEC (FORWARD ERROR CORRECTION)

En todo sistema de transmisión se hace necesaria la implementación de técnicas de corrección de errores de modo que la información recibida por el usuario final sea aceptable. En el estándar DTMB se usa una codificación de errores diferente al de los otros estándares internacionales de transmisión de Televisión Digital Terrestre. El FEC de este sistema (Figura 2.10) también incluye dos partes: la codificación exterior y la codificación interior. Pero es ahí donde radica la diferencia fundamental con los otros estándares, ya que utiliza otras técnicas de codificación. En el estándar el código exterior adoptado es BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) y el código interior es LDPC (Low Density Parity Check). Por lo general se basan en paridad para detección y corrección de errores.

El código BCH ha sido usado y verificado por muchos años, mientras que LDPC olvidado por muchos años, pero recientemente retomado se ha convertido en un excelente código de corrección de errores, siendo el tema más novedoso de investigación en el campo de la codificación. Esta combinación de BCH más LDPC hace que el sistema Chino cuente con una potencia de corrección de errores mayor que los otros estándares, lo que redundará en una menor relación de señal a ruido (S/N) en recepción.

2.3.3.1 BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem)

BCH es un código de corrección de errores cíclico desarrollado de forma independiente por Bose, Chaudhuri, y Hocquenghem. En DTMB se utiliza la codificación BCH (762, 752), que es un código corto del BCH (1023, 1013).

Cuando se implementa este código, por cada 752 símbolos de información (4 MPEG-TS) se añade 10 símbolos de paridad en el código BCH. Así que el total de símbolos de la palabra código de BCH son 762. El generador del código BCH se puede expresar de la siguiente manera $G_{\text{BCH}}(X) = 1 + x^3 + x^{10}$ y se puede definir lo siguiente:

Longitud del bloque BCH: $n = 2^m - 1$

Longitud del bloque antes de la codificación BCH: k

Dimensión del polinomio generador: m

Bits de chequeo de paridad: $n - k \leq m \cdot t$ donde t es el número de errores corregibles.

Mínima distancia d : $d_{min} \geq 2t + 1$

Si $m \geq 3, t \leq 2^{m-1}$

Aplicando estas formulas se puede calcular el número de errores corregibles:

$$n = 2^m - 1 \rightarrow 1023 = 2^m - 1 \rightarrow m = 10$$

$$n - k \leq m \cdot t \rightarrow 1023 - 1013 \leq 10t \rightarrow t \geq 1$$

Después de realizar estas operaciones se puede apreciar que el código BCH solo es capaz de corregir un error frente a otros códigos de corrección de errores como Reed-Solomon que puede corregir hasta ocho errores en las mismas condiciones. Pero Reed-Solomon incluye mucha más redundancia, razón por la cual BCH que introduce poca redundancia tiene la ventaja de que puede procesarse más rápido. Esta pobre capacidad de corrección de errores se corrige en el siguiente bloque mediante el código LDPC.

El código BCH sirve para dos propósitos. Uno es adaptar el flujo de datos. Cuando escogemos varios modos de trabajo, cada trama del sistema debe contener paquetes de MPEG - 2 completos, así que el código BCH puede corresponder a la longitud del paquete de MPEG y a las palabras código de LDPC. El otro propósito de BCH es reducir el error-floor del sistema. Al bajo decremento del BER del código LDPC cuando hay una alta relación de señal a ruido (SNR), se le llama error-floor. El código de BCH puede reducir el error-floor del sistema eficazmente. Los experimentos muestran que el error-floor de este estándar es menos que 10^{-12} , que

quiere decir que el estándar cubre los requisitos de la transmisión de televisión de alta definición completamente.

2.3.3.2 LDPC (Low Density Parity Check)

El código LDPC fue desarrollado por Robert G. Gallager para su tesis de PhD en 1963. Es un código de bloque lineal caracterizado por una matriz de chequeo de paridad H esparcida o dispersa.

La matriz de chequeo de paridad para un código (n,k) , es una matriz de $n-k$ por n , donde cada fila de H especifica una ecuación de chequeo de paridad, los bits de código en las posiciones donde la fila es uno deben sumar (módulo-2) cero y sólo unos pocos bits (4 a 6) participan en cada ecuación de chequeo de paridad.

En un código de bloque lineal como el LDPC, básicamente se codifica efectuando la multiplicación $c = mG$, donde m es el mensaje de k bits y G es la matriz de generación de $k \times n$. Mientras que la decodificación es en forma iterativa, usando un gráfico bipartito "Gráfico Tanner" descrito por la matriz de chequeo de paridad H , que consiste de nodos variables y nodos de chequeo. Los nodos variables (nodos-v) corresponden a los bits de la palabra código recibida o, equivalentemente a las columnas de la matriz de chequeo de paridad. Y los nodos de chequeo (nodos-c) corresponden a las ecuaciones de chequeo de paridad o, equivalentemente, a las filas de la matriz de chequeo de paridad.

La matriz H determina las conexiones entre los nodos-v y los nodos-c, en donde fluyen mensajes en forma iterativa desde los nodos-v a nodos-c y viceversa.

Adicionalmente en un gráfico bipartito se tiene n nodos-v y $n-k$ nodos-c, donde el nodo de chequeo i se conecta al nodo variable j si el elemento (i, j) de la matriz de chequeo de paridad es uno. En la Figura 2.9 se presenta el ejemplo para un código $(7,4)$.

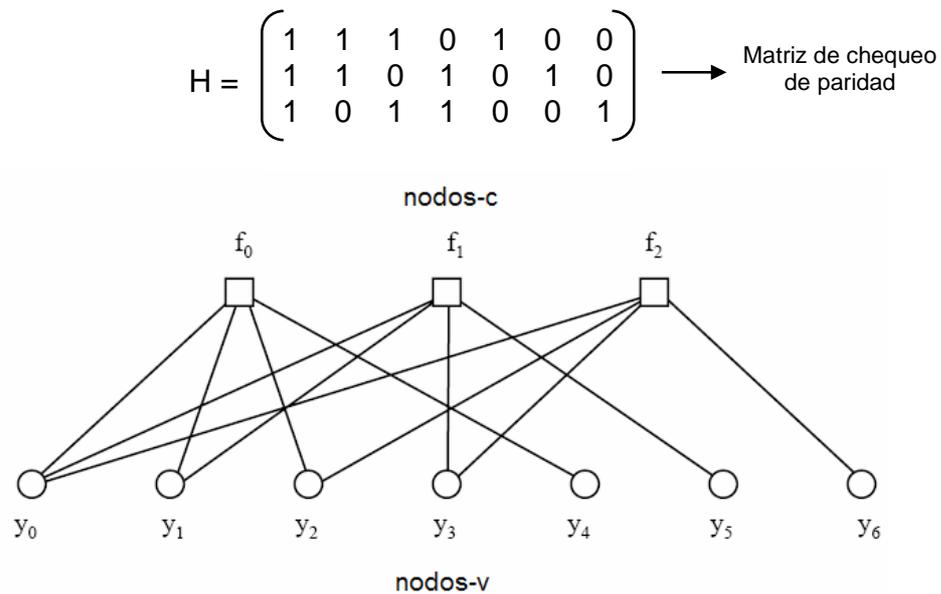


Figura 2.9 Matriz de Chequeo de Paridad y Gráfico Tanner para un código (7,4)
Fuente: Robert G. Gallager, "Low-Density Parity-Check Codes". Cambridge 1963.

La detección de errores en LDPC es simultánea ("gratis") calculando $\mathbf{H}\mathbf{y}$, sabiendo que una palabra de código es válida si $\mathbf{H}\mathbf{y} = \mathbf{0}$. La probabilidad de errores no detectados es muy pequeña y esto se puede usar para dinámicamente detener las iteraciones.

En el estándar DTMB hay 3 modos de códigos de LDPC con flujos de información de 3048, 4572 y 6096 símbolos respectivamente. El total de símbolos de la palabra código de LDPC es 7493, el mismo para los 3 modos de codificación. Por eso 4, 6 y 8 palabras código de BCH son incluidas en una palabra código de LDPC respectivamente. Después los primeros cinco símbolos de paridad de la palabra código de LDPC son eliminados. Así que el total de símbolos de la palabra código de LDPC es 7488 finalmente. Hay 3 tasas de codificación FEC llamados 0.4, 0.6 y 0.8 respectivamente.

- 1) Tasa de código: 0.4 FEC. (7488, 3008)
- 2) Tasa de código: 0.6 FEC. (7488, 4512)
- 3) Tasa de código: 0.8 FEC. (7488, 6016)

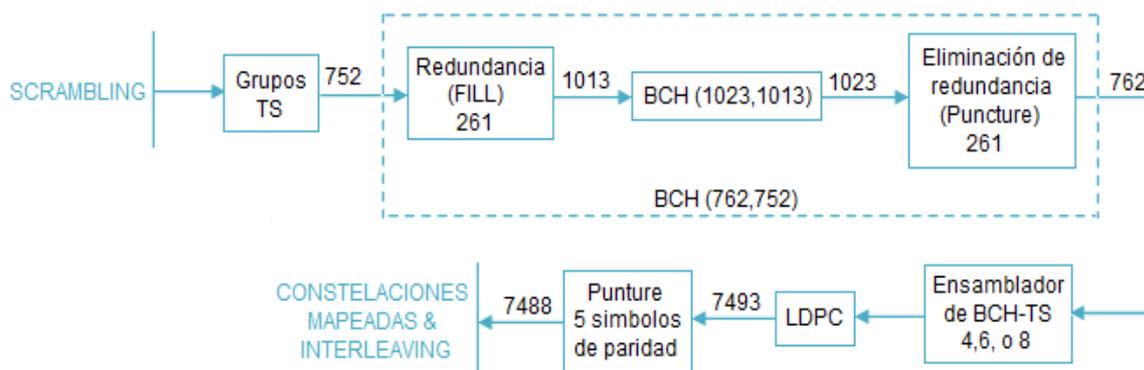


Figura 2.10 Diagrama del FEC del estándar DTMB

Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB", DTV technology R&D center of Tsinghua University, 2008

2.3.4 CONSTELACIONES MAPEADAS

2.3.4.1 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una avanzada técnica de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

La modulación QAM consiste en modular en amplitud (ASK / Amplitude-Shift Keying) de forma independiente, dos portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90° . La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras están en cuadratura.

Los formatos de modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation) se pueden representar mediante constelaciones en donde se puede ver claramente las diferencias de amplitud y de fase.

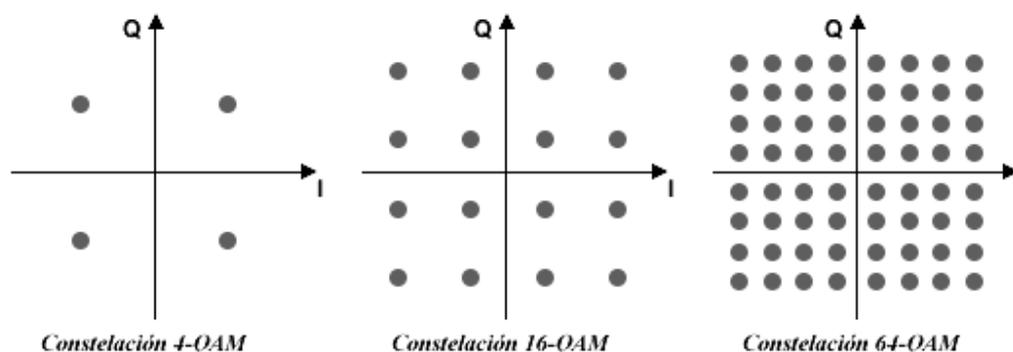


Figura 2.11 Ejemplos de constelaciones QAM
 Fuente: Elaboración propia

Para entender este tipo de modulación se toma como ejemplo la modulación 16QAM ($16 = 2^n$ estados), en donde el flujo de datos se divide en grupos o canales de 4 bits ($n = 4$ bits por símbolo), estos canales se transmiten simultáneamente en paralelo ya que tienen o la amplitud o la fase diferente y por lo tanto no pueden interferirse entre sí. De esta manera se obtiene una alta eficiencia en el ancho de banda.

En el estándar DTMB, hay 5 modos de esquemas de modulación 64QAM, 32QAM, 16QAM, 4QAM y 4QAM-NR. Los modos 4QAM y 4QAM-NR corresponden a la demanda de servicios móviles de alta velocidad, y pueden respaldar la transmisión de SDTV, así como también guardar el balance entre la cobertura y la calidad de los receptores. Los modos de 32QAM y 64QAM corresponden a la demanda de servicios donde se requieren flujos altos de bits, y pueden soportar televisión de alta definición y servicios de SDTV multicanal.

2.3.5 SYMBOL INTERLEAVING

Interleaving son técnicas tradicionalmente usadas para mejorar la calidad de la transmisión digital sobre el canal de radio, básicamente realizan las tareas de distribución de datos en el tiempo y la disminución o eliminación de errores ráfaga.

Para entender fácilmente como el interleaving disminuye notablemente los errores de ráfaga, supongamos como ejemplo la siguiente secuencia de símbolos transmitidos:

ABCDEFGHIJKLMN

En la transmisión, un error en ráfaga la deja como:

ABCXXXHIJKLMN

El decodificador no será capaz de corregir este error. Para evitarlo, la secuencia a transmitir se baraja o intercala. El principio es ordenar en forma de matriz como:

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

Y se lee columna a columna, de modo que la secuencia de salida del intercalador será:

AEIMBFJNCGKODHLP

Error de ráfaga:

AEIXXXNCGKODHLP

Reordenando:

AXCDEXGHIXKLXNOP

Por lo tanto los símbolos erróneos se han dispersado y es posible corregirlos.

Los Interleavers se clasifican generalmente en dos tipos: Interleavers Periódicos y Seudoaleatorios; en un interleaver periódico los símbolos de la secuencia de transmisión están codificados como una función periódica del tiempo. Hay dos clases

principales de interleavers periódicos que son: Interleaving de Bloque e Interleaving Convolutacional.

2.3.5.1 Interleaving Convolutacional

Consiste en un conjunto de retardos de línea estructurados a través de registros de desplazamientos. Los símbolos de entrada serializados son distribuidos por medio de un conmutador a cada uno de los registros, tal como se observa en la Figura 2.12.

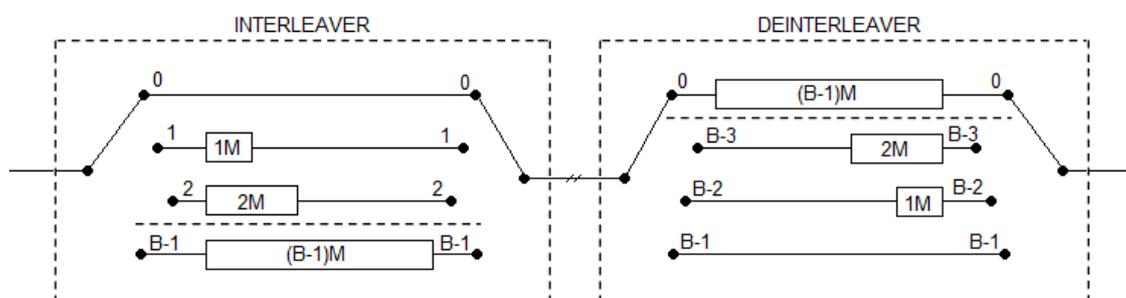


Figura 2.12 Interleaver Convolutacional

Fuente: Chinese National Standard GB 20600—2006
 "Framing Structure, Channel Coding and Modulation For Digital Television Terrestrial Broadcasting System"
 Standardization Administration of the People's Republic of China, 2006

Una de las maneras de cómo el conmutador forma la secuencia es pasando progresivamente desde la posición 0 hasta la posición B-1, con cada pulso de reloj, al cumplir la secuencia iniciará nuevamente el conmutador en la posición 0 y luego se repite el proceso para realizar el llenado de los registros. El intercalado de los bits de información es producto de los retardos que introducen los registros de desplazamientos, y los bits de datos resultantes se obtienen como el resultado de realizar una serie de operaciones lógicas entre los bits que están almacenados en los registros.

DTMB utiliza Interleaving Convolutacional. Y hay dos modos de Interleaving Convolutacional, llamados modo de Interleaving corto y modo de Interleaving largo. Para el modo corto, $B = 52$ y $M = 240$, el intervalo de interleaving y de-interleaving está sobre los 100ms. Para el modo largo, $B = 52$ y $M = 720$, el intervalo de

interleaving y de-interleaving está sobre los 300ms, donde B es el numero de ramales (registros de desplazamiento) del interleaving de símbolo y M es la profundidad es decir el tiempo del interleaving.

2.3.6 ESTRUCTURA DE TRAMA

En el estándar, la estructura de trama esta sincronizada en tiempo real. Hay cuatro niveles en la estructura de trama, como muestra la Figura 2.13.

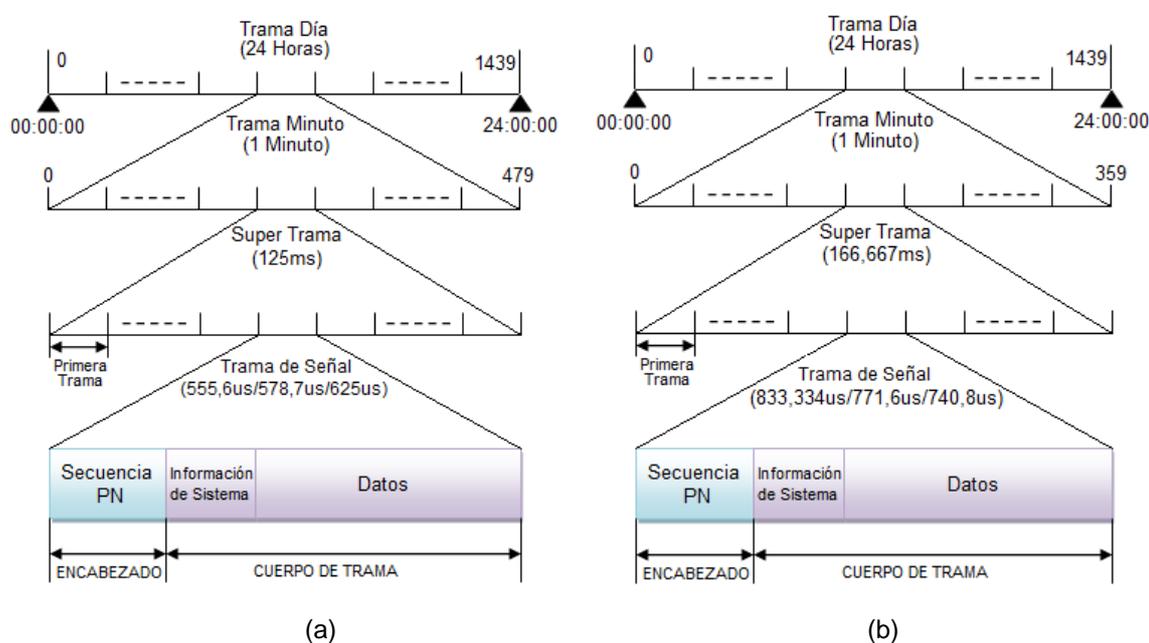


Figura 2.13 Estructura de Trama (a) 8MHz (b) 6MHz

Fuente: Chinese National Standard GB 20600—2006
 "Framing Structure, Channel Coding and Modulation For Digital Television Terrestrial Broadcasting System"
 Standardization Administration of the People's Republic of China, 2006

La trama de señal es la unidad básica de la estructura de trama del sistema. Una trama de señal está compuesta de dos partes, el encabezado de trama y el cuerpo de trama, todo en el dominio del tiempo. La tasa de símbolos banda base del encabezado y cuerpo de la trama es similar a 7.56Msps en un canal de 8Mhz, y 5.67Msps en un canal de 6Mhz. Hay 36 símbolos de información de sistema y 3744 símbolos de datos en un cuerpo de trama. La información de sistema (TPS) suministra la información necesaria de la demodulación y decodificación para cada

trama de señal, incluyendo esquemas de modulación de símbolos, tasa de codificación LDPC, modo de interleaving, modo de estructura de trama, etc. En cada TPS, hay 36 símbolos, cuyo modo de modulación es BPSK (Binary Phase Shift Keying).

El encabezado de trama está compuesto de la secuencia PN. Hay tres modelos de estructura de trama de la señal y modelos de encabezado de trama.

Para canales de 8Mhz:

- Modelo 1, el encabezado de trama incluye 420 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 55.6us.
- Modelo 2, el encabezado de trama incluye 595 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 78.7us.
- Modelo 3, el encabezado de trama incluye 945 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 125us.

La separación máxima teórica entre transmisores de SFN está determinada por la siguiente expresión:

$$D_{max} = c \times \Delta$$

Donde:

$$c = \text{Velocidad de la luz } 3 \times 10^8 \text{ mt/seg}$$

$$\Delta = \text{Intervalo de guarda}$$

Así que la máxima distancia entre estaciones de SFN es aproximadamente 16 km, 23 km y 37 km respectivamente. Para todos los modos de estructura de trama de señal, el cuerpo de trama incluye el mismo número de símbolos. Hay 3780 símbolos en el cuerpo de trama y el intervalo es 500us. Así los 3 intervalos de trama de señal son 555.6us, 578.7us y 625us respectivamente.

En los diferentes modelos, hay 225, 216 y 200 tramas de señal en una súper trama respectivamente, un grupo de súper tramas constituyen la estructura de una híper trama (“trama minuto”) la cual esta sincronizada en un minuto entero, consiguiendo así la estructura de trama multicapas del estándar.

Para canales de 6Mhz:

Es importante destacar que la diferencia entre un canal de 8Mhz y 6Mhz es la introducción de un factor de 3/4. Dado que:

$$V_{T(6MHz)} = \frac{3}{4} V_{T(8MHz)} \rightarrow V_{T(6MHz)} = \frac{3}{4} (7.56M\text{sps}) = 5.67M\text{sps}$$

$$V_T = \#Simbolos/T \rightarrow T = \#Simbolos/V_T = 3780/5.67 \rightarrow T = 666.667\mu\text{s}$$

Siendo T el intervalo de tiempo del cuerpo de trama, se tiene:

- Modelo 1, el encabezado de trama incluye 420 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 74.133us.
- Modelo 2, el encabezado de trama incluye 595 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 104.933us.
- Modelo 3, el encabezado de trama incluye 945 símbolos y el intervalo de encabezamiento es 166.667us.

De la misma manera, hay 225, 216 y 200 tramas de señal en una súper trama respectivamente, y varias súper tramas constituyen la estructura de una híper trama (“trama minuto”).

2.3.6.1 Secuencia PN

Las secuencias binarias pseudoaleatorias (PN) en el estándar Chino a más de ser insertadas como intervalos de guarda para superar la interferencia intersímbolo (ISI),

se desempeñan también como símbolos de entrenamiento para cumplir varias funciones. Esto reduce la sobrecarga de transmisión y mejora tanto la eficiencia espectral del canal como los rendimientos de sincronización y estimación de canal.

Las características y las ventajas de esta clase de estructura de trama son:

- La secuencia PN como encabezado de trama puede ser usada para la sincronización y estimación de canal, por lo tanto, se consigue una alta eficiencia espectral.
- La relatividad de la secuencia PN provee robustez al sistema; la correlación entre la secuencia PN recibida y la secuencia PN original transmitida puede ser una buena estimación de la respuesta impulsiva del canal todo procesado en el dominio del tiempo, el período está aproximadamente entre 1 y 2ms que es mucho más rápido que en los otros sistemas de DTTB.

2.3.6.2 Información de sistema

La información del sistema incluye el modo de modulación, tasa de LPDC y modo de Interleaver de tiempo. La información del sistema también se utiliza para indicar la primera trama de cada súper trama y si la súper trama es la trama par o impar en una trama minuto. Cada combinación de la información mencionada anteriormente se asigna a un código Walsh (32-bit) de la familia de $W(k, 32)$ o $1-W(k, 32)$ ($k = 0, 1, \dots, 31$). Dado que los 32 vectores en $W(k, 32)$ son ortogonales, este sistema de información puede obtenerse de forma fiable en el receptor, incluso en muy malas condiciones del canal.

2.3.7 PROCESAMIENTO DEL CUERPO DE TRAMA

El estándar soporta dos modelos de configuraciones el de una sola portadora y el de múltiples portadoras, estos modelos son conseguidos por el bloque de

procesamiento del cuerpo de trama. Los datos después de las Constelaciones Mapeadas & Interleaving junto con la información del sistema son 3780 símbolos, llamados $X(k)$.

En el modo de una sola portadora, el cuerpo de trama es $X(k)$ y la tasa de datos es 7.56Msps. Mientras que en el modo de múltiples portadoras, $X(k)$ tiene que ser procesada e intercalada en el dominio de la frecuencia, dando como resultado 3780 puntos IDFT (Transformada Discreta de Fourier Inversa). El propósito del procesamiento en frecuencia es mapear las 3780 portadoras efectivas en el cuerpo de la trama, e intercalar los símbolos dentro del cuerpo de la trama. En un canal de 8MHz el ancho de banda útil ocupado es 7.56MHz tanto para una sola portadora y múltiples portadoras. Para el modo de múltiples portadoras, hay 3780 portadores y el espaciado entre cada portadora es 2KHz. Mientras que para un canal de 6MHz el espaciado de cada portadora es 1.5KHz por tanto el ancho de banda útil de múltiples portadoras es 5.67MHz, que también es igual para el caso de una sola portadora.

2.3.8 TDS-OFDM (TIME DOMAIN SYNCHRONOUS-ORTHOGONAL FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEXING)

2.3.8.1 OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, en inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) es una modulación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias ortogonales entre sí, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

Normalmente se realiza la multiplexación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión. Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equidistantes que forman una modulación OFDM, los procesos de modulación y demodulación se

realizan en tiempo discreto mediante la IDFT (Transformada Discreta de Fourier Inversa) y la DFT (Transformada Discreta de Fourier) respectivamente.

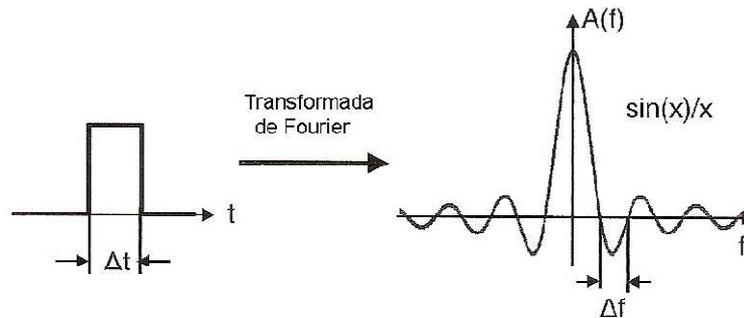


Figura 2.14 Paso del dominio del tiempo al de la frecuencia
Fuente: Constantino Pérez Vega, "Control de Errores en Televisión Digital (Codificación de Canal)".
Universidad de Cantabria, Santander – España. Septiembre 2008.

La modulación OFDM genera una alta tasa de transmisión al dividir el flujo de datos en muchos canales paralelos que se transmiten en igual número de portadoras de banda angosta. Los canales de banda angosta de OFDM son ortogonales entre sí (Figura 2.15), lo que evita el uso de bandas de guardas obteniendo así un eficiente uso del espectro. Ya que los desvanecimientos (fading) afectan selectivamente a uno o un grupo de canales, es relativamente simple ecualizarlos en forma individual.

Cada canal con su propia subportadora se modula con una técnica convencional como QAM o PSK. Los flujos de datos que se consiguen son similares a una modulación monoportadora del mismo ancho de banda del combinado.

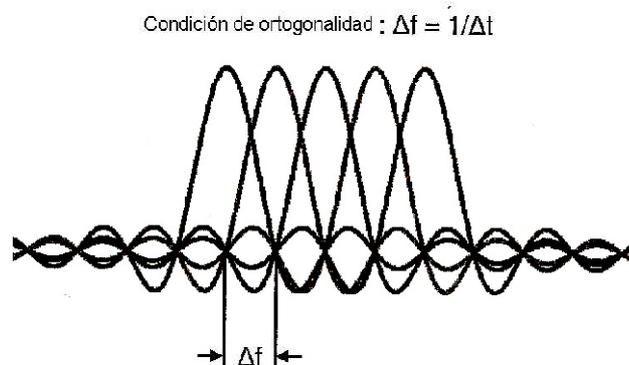


Figura 2.15 Condición de Ortogonalidad
Fuente: Constantino Pérez Vega, "Control de Errores en Televisión Digital (Codificación de Canal)".
Universidad de Cantabria, Santander – España. Septiembre 2008

2.3.8.2 Modelo TDS-OFDM (Time Domain Synchronous - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

Características técnicas:

- Tecnología de procesamiento de señal avanzada en el dominio de tiempo y frecuencia.
- Intervalo de guarda usado para la protección contra multicaminos, así como también para la identificación de trama, la adquisición de señal, recuperación de la portadora, la recuperación de tiempo de símbolo y la estimación de canal.
- El flujo de la secuencia binaria pseudoaleatorio (PN) es definido en el dominio de tiempo, y el flujo de datos es definido en el dominio de la frecuencia. Los dos flujos son multiplexados en el dominio de tiempo, permitiendo entonces la sincronización en el dominio del tiempo (TDS).
- La secuencia PN como encabezado de trama puede ser usada para la sincronización y estimación de canal, por lo tanto, se consigue una alta eficiencia espectral.

La estructura de trama del sistema TDS-OFDM (Time Domain Synchronous - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) consiste de dos partes, el encabezado y el cuerpo de trama, el encabezado está formado por un preámbulo de 82 símbolos, la secuencia PN, y un epílogo de 83 símbolos (Figura 2.16).

Hay tres modelos de encabezados con un número total de símbolos de 420, 595 y 945. El cuerpo de trama consiste de 36 símbolos que contienen información del sistema y 3744 símbolos portadores de datos.

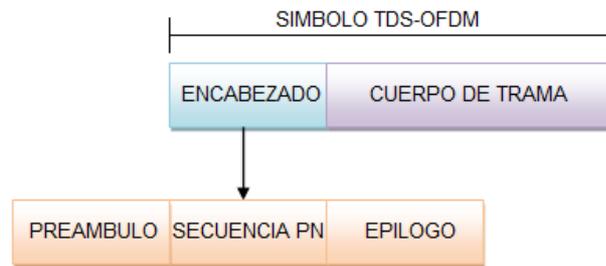


Figura 2.16 Estructura de Trama del sistema TDS-OFDM
Fuente: Lei Ao, Lai Lin-Hui, Li Xiao-Jin, Lai Zong-Sheng. "Novel frequency synchronization for TDS-OFDM systems"
Institute of Microelectronics, East China Normal University, Shanghai, China 2008.

Como muestra la Figura 2.17, en el transmisor los 3780 símbolos del cuerpo de trama son modulados por la Transformada Discreta de Fourier Inversa (IDFT) en 3780 sub-portadoras, se introducen las secuencias PN que son generadas y moduladas en BPSK (Binary Phase Shift Keying) y finalmente la composición de los símbolos TDS-OFDM (Time Domain Synchronous - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) son transmitidos al canal. El receptor toma los datos recibidos y remueve las secuencias PN, los datos sin las secuencias PN son demodulados mediante la Transformada de Fourier Discreta (DFT).

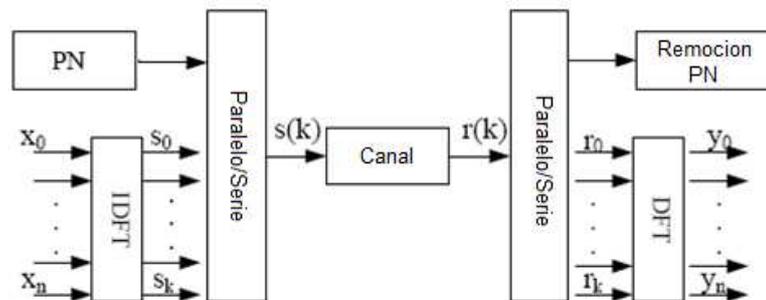


Figura 2.17 Estructura simplificada del sistema de transmisión/recepción de TDS-OFDM
Fuente: Lei Ao, Lai Lin-Hui, Li Xiao-Jin, Lai Zong-Sheng. "Novel frequency synchronization for TDS-OFDM systems"
Institute of Microelectronics, East China Normal University, Shanghai, China 2008.

2.3.9 FRAMING

En esta etapa se forman los símbolos TDS-OFDM añadiéndole a los símbolos OFDM provenientes del procesamiento del cuerpo de trama el encabezado es decir la secuencia PN, tal como muestra la Figura 2.18.

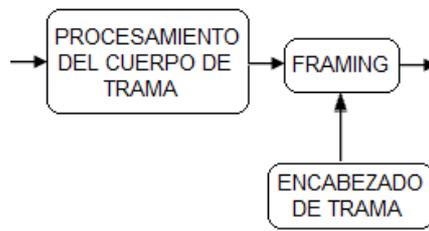


Figura 2.18 Framing

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía.

2.3.10 PROCESAMIENTOS DE DATOS BANDABASE

Después del “Framing” formación de la trama, la trama de datos debe pasar por el filtro SRRC (Square Root Raised Cosine Filter), para finalmente conseguir la salida de datos banda base (Figura 2.19).

El factor de roll-off⁴ del SRRC es 0.05. Este factor está íntimamente relacionado al intervalo que hay que dejar para que nuestro canal no interfiera ni sea interferido por otros.

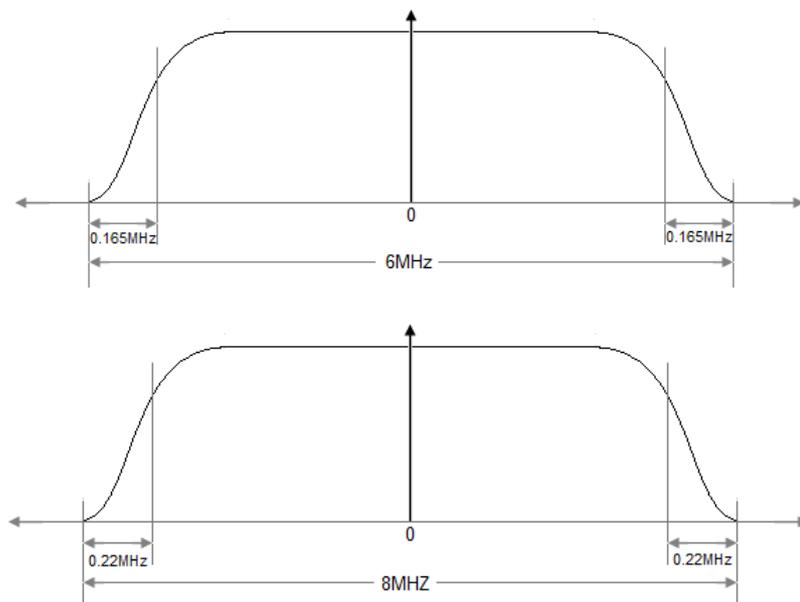


Figura 2.19 Señal de datos banda base en el espectro de frecuencia para 6 y 8MHz

Fuente: Elaboración propia

⁴ El coeficiente **Roll off** es un parámetro de diseño del filtro. Cuando el Roll off tiene a cero se acorta la banda y se tiende al filtrado ideal. El valor máximo posible es uno.

2.3.11 UP CONVERTER

La señal de datos banda base debe ser convertida en señal de radiofrecuencia para poder ser transmitida, esta conversión implica que el ancho de banda de la señal ya sea de 8MHz o 6MHz, debe ser trasladado a la frecuencia que el órgano regulador asigne para poder realizar la transmisión de los contenidos audiovisuales y de datos (Figura 2.20). Además a esta señal también se le aplica otros procesos como por ejemplo amplificarla al nivel de potencia requerido por la antena, teniendo que ser éstos amplificadores lineales para preservar las propiedades de la señal.



Figura 2.20 UP Converter

Fuente: Elaboración propia

2.3.12 CARGA ÚTIL DE DATOS BANDABASE

La fórmula para calcular la tasa de la carga útil de datos en el estándar DTMB es la siguiente:

$$Rate = \frac{3744}{PN + 3780} \times Ri \times Rm \times Fb \text{ (Mbps)}$$

Donde:

Fb : Es el ancho de banda útil del canal

8MHz	6MHz
$Fb = 7.56MHz$	$Fb = 5.67MHz$

R_m : Es la eficiencia que depende de la modulación QAM a utilizarse:

4 QAM-NR	4QAM	16QAM	32QAM	64QAM
1bit	2bits	4bits	5bits	6bits

R_i : Es el FEC

$0.4 \approx 3008/7488$	$0.6 \approx 4512/7488$	$0.8 \approx 6016/7488$
-------------------------	-------------------------	-------------------------

Ejemplos de cálculo:

Para un canal de 8MHz, con modulación 16QAM, encabezado de trama de 420 símbolos y FEC 0.6.

$$Rate = \frac{3744}{420 + 3780} \times 0.6 \times 4 \times 7.56 \text{ (Mbps)}$$

$$Rate = 16.243 \text{ Mbps}$$

Para un canal de 6MHz, con modulación 16QAM, encabezado de trama de 420 símbolos y FEC 0.8.

$$Rate = \frac{3744}{420 + 3780} \times 0.8 \times 4 \times 5.67 \text{ (Mbps)}$$

$$Rate = 16.244 \text{ Mbps}$$

De donde se puede determinar la Tabla 2.3:

CANAL 8MHz				
Encabezado de Trama	Constelaciones Mapeadas	FEC		
		0.4	0.6	0.8
PN 420	4 QAM-NR			5.414
	4 QAM	5.414	8.122	10.829
	16 QAM	10.829	16.243	21.658
	32 QAM			27.072
	64 QAM	16.243	24.365	32.486
PN 595	4 QAM-NR			5.198
	4 QAM	5.198	7.797	10.396
	16 QAM	10.396	15.593	20.791
	32 QAM			25.989
	64 QAM	15.593	23.390	31.187
PN 945	4 QAM-NR			4.813
	4 QAM	4.813	7.219	9.626
	16 QAM	9.626	14.438	19.251
	32 QAM			24.064
	64 QAM	14.438	21.658	28.877
CANAL 6MHz				
Encabezado de Trama	Constelaciones Mapeadas	FEC		
		0.4	0.6	0.8
PN 420	4 QAM-NR			4.061
	4 QAM	4.061	6.092	8.122
	16 QAM	8.122	12.281	16.244
	32 QAM			20.218
	64 QAM	12.281	18.274	24.365
PN 595	4 QAM-NR			3.882
	4 QAM	3.882	5.823	7.764
	16 QAM	7.764	11.645	15.527
	32 QAM			19.409
	64 QAM	11.645	17.468	23.29
PN 945	4 QAM-NR			3.610
	4 QAM	3.610	5.414	7.219
	16 QAM	7.220	10.829	14.438
	32 QAM			17.971
	64 QAM	10.829	16.244	21.658

Nota: Los modos en blanco de la tabla no están dentro del estándar.

Tabla 2.3 Tasas de transmisión del estándar DTMB

Fuente: Chinese National Standard GB 20600—2006
 "Framing Structure, Channel Coding and Modulation For Digital Television Terrestrial Broadcasting System"
 Standardization Administration of the People's Republic of China, 2006

DTMB permite tasas de transmisión de 4.813Mbps a 32.486Mbps en canales de 8MHz y de 3.610Mbps a 24.365Mbps en canales de 6MHz.

2.4 SERVICIOS INTEGRADOS

2.4.1 SOPORTE DEL SERVICIO DE REDES DE FRECUENCIA ÚNICA

La ventaja principal de la SFN (Single Frequency Network) es la alta eficiencia espectral, solamente una sola frecuencia se necesita para transmitir un canal en toda la región del servicio, para ello se aumenta la potencia de la señal en los transmisores que conforman la red (Figura 2.21). La cobertura de áreas pequeñas donde la calidad de recepción es mala ya sea porque hay gran interferencia o porque simplemente la señal es débil por estar muy alejada del transmisor, se soluciona implementando gapfillers (rellena huecos) cuya potencia es más baja respecto de los transmisores generales.

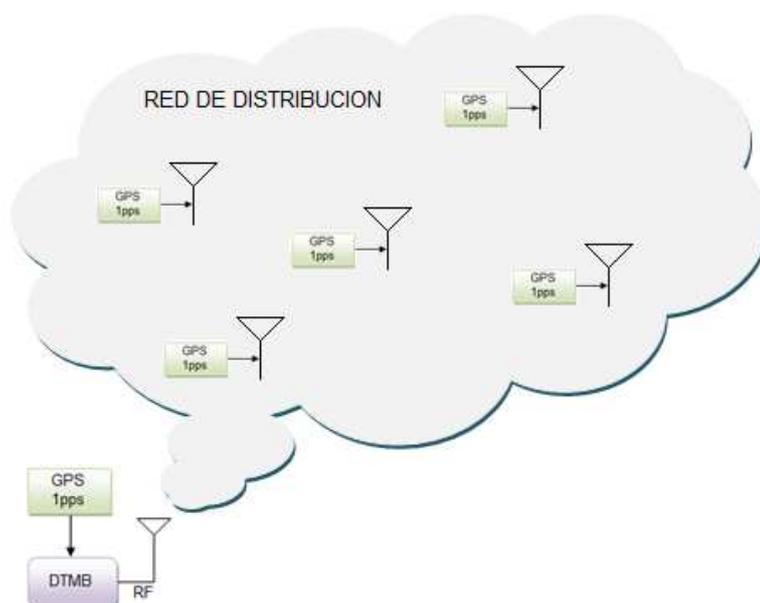


Figura 2.21 Topología SFN

Fuente: Elaboración propia

El punto clave de implementar el servicio de SFN es la sincronización de tiempo, todos los transmisores en la red deben enviar las mismas señales al mismo tiempo. La estructura de trama del estándar chino está exactamente sincronizada en tiempo

real, así que es fácil sincronizar los transmisores a través de simples cálculos de retardo.

Para el servicio de red de frecuencia única (Figura 2.22), un paquete de inicialización mega trama (MIP) se inserta en el flujo de transporte (TS). Cada megatrama (puede ser 4 súper tramas, 500ms), este contiene la información del retardo de la red y la referencia de sincronización. A través de cálculos simples, se obtiene el retardo local adicional y se realizara la sincronización de tiempo de todos los transmisores en la red. La referencia de tiempo es 1pps⁵ señal de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), así que la máxima demora de los diferentes transmisores diferentes es 0.999s.

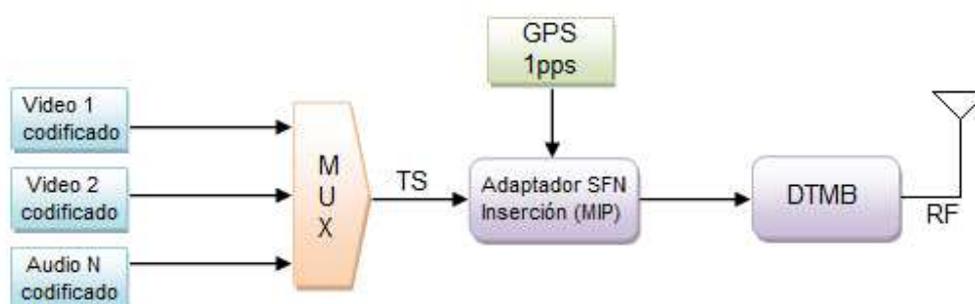


Figura 2.22 Servicio SFN en DTMB

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

2.4.2 TRANSMISIÓN MPE CON DTMB

Un factor importante para el estándar DTMB es MPE (Multi-Protocol Encapsulation). Como ya mencionó anteriormente en el sistema DTMB la codificación de audio, vídeo y datos está determinada por un flujo de transporte MPEG-TS. El MPE es un mecanismo para el transporte de datos IP (Protocolo de Internet) en la parte superior de este flujo de transporte MPEG. En otras palabras, la superposición de MPE permite la transmisión de los datos IP junto con el flujo de transporte.

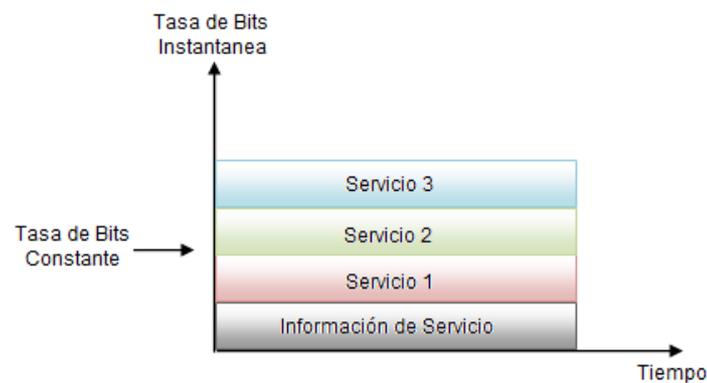
⁵ Pulse per second: Pulso por segundo (PPS) es una señal eléctrica que indica de manera muy precisa el inicio de un segundo. Dependiendo de la fuente, tiene una precisión que va desde unos pocos nanosegundos a unos pocos milisegundos.

Los aspectos básicos para la transmisión de MPE-DTMB son:

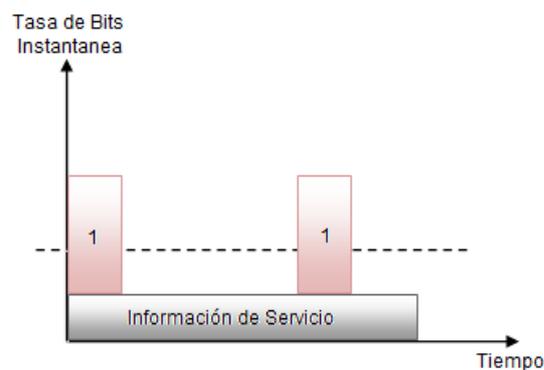
- Tiempo de corte
- Encapsulación de los servicios móviles
- FEC

2.4.2.1 Tiempo de Corte

El tiempo de corte en MPE-DTMB se utiliza para ahorrar energía en el dispositivo móvil. Este ahorro de energía proviene principalmente de apagar el demodulador, mientras que el servicio requerido no está siendo transmitido.



(a)



(b)

Figura 2.23 Ejemplo (a) Servicios sin tiempo de corte (b) Servicio 1 con tiempo de corte

Fuente: Raj Karamchedu, "China's DTV standard revolutionises broadcast", Legend Silicon Corporation, EE Times-India, 2009.

En esta técnica del tiempo de corte, el transmisor envía ráfagas de información usando una mayor tasa de bits instantánea (Figura 2.23 (b)), en lugar de una tasa de bits constante durante un período prolongado de tiempo (Figura 2.23 (a)).

La Figura 2.23 muestra la existencia de distintos servicios, mientras que el espectador está viendo el Servicio 1, el demodulador del receptor se apaga cuando no hay MPE-DTMB Servicio 1, por consiguiente hay ahorro de energía.

2.4.2.2 Encapsulación de los Servicios Móviles

La guía de servicios electrónicos (ESG) se usa para anunciar los servicios MPE-DTMB al usuario final. El ESG y el servicio son a la vez transmitidos a través del flujo IP. Este método se utiliza para el anuncio de los servicios MPE disponibles en el sistema MPE-DTMB.

El contenido de programa MPE-DTMB, normalmente codificados ya sea en el estándar AVS o H.264, se entrega como flujos IP. El middleware⁶ en los dispositivos móviles extrae la dirección IP del servicio MPE-DTMB del protocolo de descripción de sesión (SDP) que está disponible en la base de datos del ESG. A continuación, el middleware mapea las direcciones IP a identificadores de paquete MPE (PID) a través de la tabla de asociación de programa (PAT), tabla de notificación IP (INT) y la tabla de asignación del programa (PMT). El middleware solicita el controlador del demodulador DTMB para el servicio MPE-DTMB con la PID como entrada. El controlador recibe los datos MPE-DTMB y extrae los paquetes IP, pone estos paquetes IP en la pila TCP/IP. El reproductor multimedia en el dispositivo de mano móvil a continuación recibe estos paquetes IP a través de un socket TCP/IP, decodifica el flujo y muestra el contenido de audio y vídeo del servicio MPE-DTMB.

El servicio MPE-DTMB y el ESG, los cuales están en formato de flujos IP, son combinados en un encapsulador IP MPE-DTMB, y en el flujo de transporte MPEG-2

⁶ El middleware es un software de conectividad que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas.

son generados y transmitidos. Los receptores extraen los paquetes IP de la trama MPE, que proporciona las tablas de ESG y determina qué servicios están disponibles y en qué momento.

Cualquier información que puede ser recibida a través de Internet puede ser entregada como un servicio, porque los paquetes de datos están en formato IP.

2.4.2.3 Corrección de Errores

El aspecto crítico sobre MPE es el FEC. En el sistema MPE-DTMB se espera que el dispositivo móvil reciba información de los transmisores ubicados a varios kilómetros de distancia, por tanto esta distancia puede hacer que la señal se desvanezca. Hay muchos tipos de desvanecimiento que puede tener lugar en un entorno móvil, como Doppler y relación de señal a ruido bajas.

Como resultado, la detección y corrección de los errores se convierten en obligatorias en el caso de los entornos móviles. MPE-FEC es una forma común en la técnica MPE-DTMB para garantizar que la capa de enlace de datos esté protegida contra errores de transmisión habituales. El MPE-FEC es esencial para la recuperación eficiente de la señal transmitida en un sistema móvil.

2.4.2.4 Sistema de Transmisión MPE-DTMB

El estándar DTMB es de por sí una tecnología robusta que se está desplegando a un ritmo rápido para aplicaciones fijas. Pero también toma en cuenta los servicios móviles, la tecnología MPE-DTMB permite que muchos de los programas más interactivos y especializados se puedan transmitir a un público móvil.

Además, el MPE permitirá a muchos de los fabricantes de receptores existentes o nuevos, crear la recepción conjunta de programas tanto para receptores móviles

como fijos, sin ningún inconveniente. También permitirá que hasta 30 programas de DTTB móvil se puedan transmitir en un canal de 8MHz.

El uso de MPE, junto con el estándar DTMB abrirá las puertas a muchas oportunidades de negocios nuevos y diferentes para los servicios de radiodifusión móvil.

La Figura 2.24 muestra un sistema de transmisión MPE-DTMB.

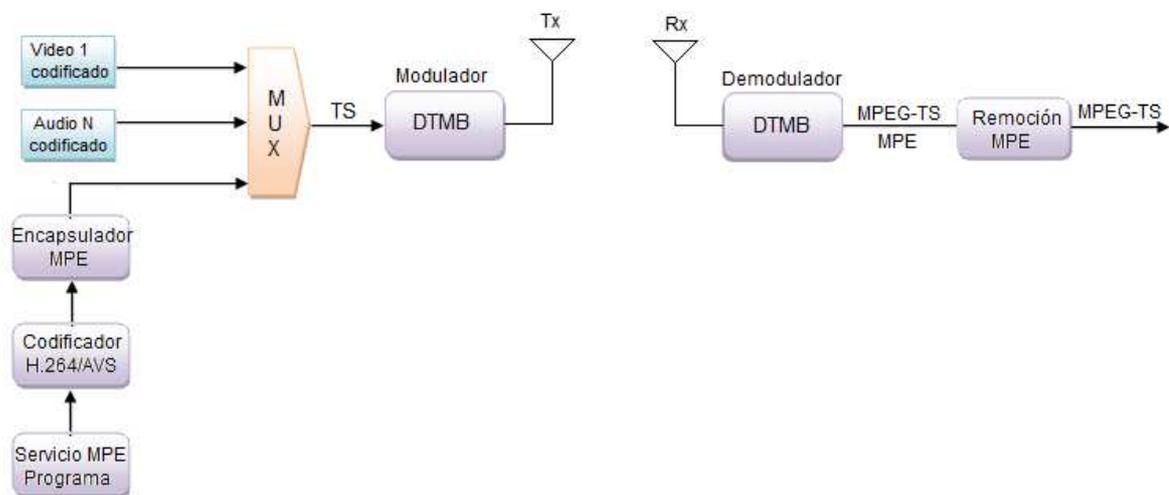


Figura 2.24 Sistema de transmisión MPE-DTMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

2.5 CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING)

CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting) es un estándar de televisión móvil y multimedia, desarrollado y especificado en Mainland-China por SARFT (State Administration of Radio Film and Television) que provee audio, video y datos a receptores portables, primordialmente servicios de transmisión de televisión a equipos con pantallas pequeñas menos de 7 pulgadas, como son los celulares, PDAs, laptops y receptores de vehículos.

El desarrollo de CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting) está dividido en dos partes estandarizadas en China como GY/T 200.1-2006 y GY/T 220.1-2006.

CMMB (GY/T 200.1-2006) parte 1 incluye: codificación del canal de transmisión, la modulación y la estructura de trama, protocolo de transmisión del canal de retorno, sistema transmisor utilizado en la comunicación entre estaciones terrenas y satélites, el sistema transpondedor terrestre y protocolo de monitoreo de red, sistema transmisor terrestre y protocolo de monitoreo de red, sistema de monitoreo de red y requerimientos técnicos.

CMMB (GY/T 220.1-2006) parte 2 incluye: multiplexación, guía de servicio electrónico, servicio de señalización bidireccional, protocolo de transmisión de servicios de datos, guía para la aplicación del protocolo de Internet.

Dado que nuestro país está atravesado por la cordillera de los andes es común ver en las ciudades grandes elevaciones montañosas que de una u otra manera dificultan a la hora de brindar cualquier servicio inalámbrico, por tal razón es valioso dar a conocer que una característica importante es que este sistema es especialmente aplicable en lugares caracterizados por ser áreas extensas y que tienen complejos ambientes inalámbricos, como también lo es la Republica Popular China.

2.5.1 ARQUITECTURA

CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting) es un sistema híbrido satelital/terrestre, su aplicación redonda en la necesidad de crear una red satelital/terrestre complementaria, que combinada crea una SFN (Red de frecuencia única).

Para cobertura requiere de una alta potencia satelital, trabaja en la banda S (2635MHz-2660MHz) con 25MHz de ancho de banda ofreciendo 25 canales de video, 30 de radio, y algunos de datos. Adicionalmente se sirve de los gapfillers de banda S para cubrir áreas dispersas y de los gapfillers de banda UHF para cubrir ciudades con alta densidad poblacional.

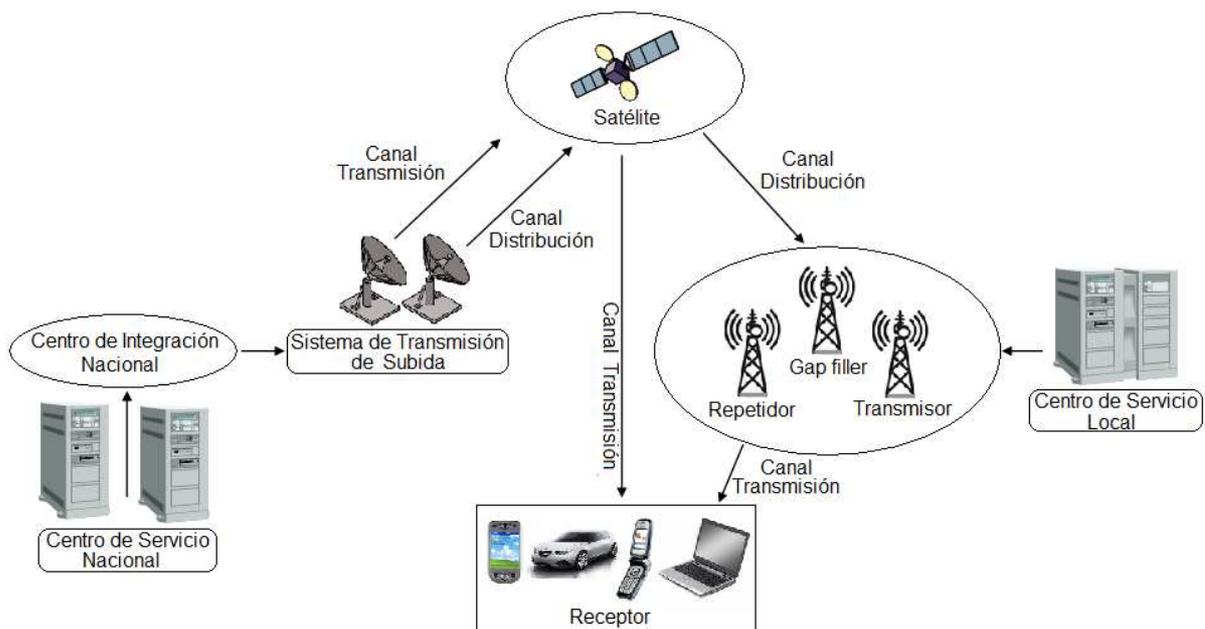


Figura 2.25 Estructura de CMMB

Fuente: Li Qingguo, "Digital Terrestrial TV in China", Academy of Broadcasting Planning - SARFT. 2008.

La estructura del sistema se describe en la Figura 2.25. La información primeramente es transmitida desde el sistema de transmisión de subida al satélite vía canal de subida de transmisión y canal de subida de distribución. Entonces el satélite

retransmite las señales vía canal de bajada de transmisión y canal de bajada de distribución. Complementariamente la red terrestre recibe la señal vía canal de bajada de distribución y retransmite la señal vía canal de retransmisión.

El canal de bajada de transmisión y el canal de retransmisión, ambos trabajan en la banda de (2635MHz-2660MHz).

La señal transmitida en estos dos canales guarda sincronización en tiempo y frecuencia, lo cual asegura una satisfactoria recepción de señal en la SFN. Adicionalmente este sistema soporta servicios interactivos por cooperar con redes de telecomunicaciones.

2.5.2 TECNOLOGÍA

Este estándar soporta servicios interactivos porque implementa como la interfaz de aire o capa física STIMI (Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure) que sea convertido en el núcleo tecnológico de transmisión del estándar CMMB.

La Figura 2.26 muestra el diagrama de bloques de STIMI capa física.



Figura 2.26 Diagrama de bloques STIMI

Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

Del diagrama de bloques de STIMI se determina que: El flujo de datos de entrada es procesado por el FEC, Interleaving y constelaciones mapeadas, luego multiplexado con una o múltiples portadoras. A continuación, los datos son procesados por la modulación OFDM, y el encabezado de trama es insertado para formar la trama en la capa física. Finalmente, después de la conversión a radio frecuencia la señal es transmitida al aire libre.

La red terrestre/satelital de STIMI utiliza las bandas VHF/UHF y S para proporcionar la cobertura. Así el rango de frecuencias de CMMB va de 30MHz a 3000MHz, los anchos de banda son 8MHz y 2MHz, está diseñado para recepción portable móvil, alta sensibilidad, movilidad y ahorro de batería. Se usa codificación de canal LDPC (Low Density Parity Check). CMMB está basado en estructuras de trama de intervalo de tiempo y la tecnología de modulación es OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

El interface de aire de CMMB soporta anchos de banda de 2 y 8MHz, dependiendo de la asignación y disponibilidad del espectro. Permite tasas de transmisión de 16Mbps a través de canales de 8MHz.

La Tabla 2.4 presenta las principales características del estándar CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING).

CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING)		
Ancho de banda	8MHz	2MHz
Modulación	OFDM 4K	OFDM 1K
FEC	RS+LDPC	
Flujo de bits	16Mbps	3Mbps
Intercalado	1s	
Tiempo de corte	1-2s	

Tabla 2.4 Características de CMMB

Fuente: Li Qingguo, "Digital Terrestrial TV in China", Academy of Broadcasting Planning - SARFT, 2008.

Modulación OFDM: CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING) utiliza OFDM 4K para anchos de banda de 8MHz y modo OFDM 1K para anchos de banda de 2MHz.

Técnicas de codificación y corrección de errores: CMMB (CHINA MOBILE MULTIMEDIA BROADCASTING) usa Reed Solomon (RS) como código exterior y LDPC como código interior. El código LDPC está en la tasa de 1/2 y 3/4. La codificación LDPC mejora notablemente el rendimiento de la recepción.

2.5.3 ESTRUCTURA DE TRAMA

Cada trama tiene una duración igual a 1s, y consiste de 40 intervalos de tiempo numerados de 0 a 39. Cada intervalo de tiempo tiene una duración de 25ms y consiste de un Beacon⁷ y 53 símbolos OFDM, Figura 2.27. Basados en esta estructura de trama, la tecnología de intervalo de tiempo se aplica para optimizar el consumo de potencia.

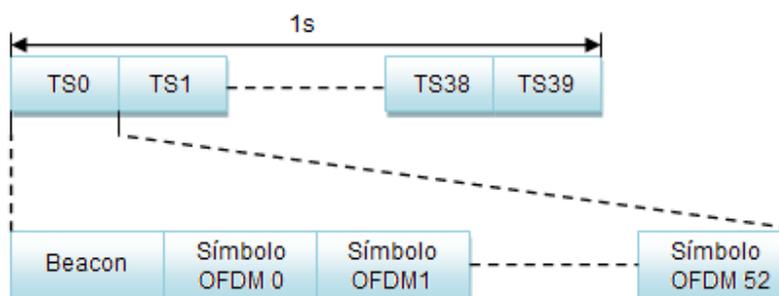


Figura 2.27 Estructura de trama de CMMB

Fuente: "A Survey of digital TV standards China". ChinaCom 2007. Shanghai, China. Special Session on Digital Broadcasting and Mobile Convergence, IEEE, Agosto 2007.

⁷ Señal de alerta, contiene toda la información sobre la red, representa la cantidad de tiempo entre transmisiones de los intervalos de tiempo. Dentro de sus utilidades sirve para saber cuándo despertar del modo de ahorro de energía.

2.6 PRUEBAS Y APLICACIONES

2.6.1 CHINA Y HONG KONG

Actualmente el estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) está en funcionamiento en tres partes, en la República Popular de China, Hong Kong y Macao, siendo estas últimas las dos "regiones administrativas especiales" de China, en conjunto representan una población aproximada de 1.329.053.351 de habitantes que son el 19.9% de la población mundial.

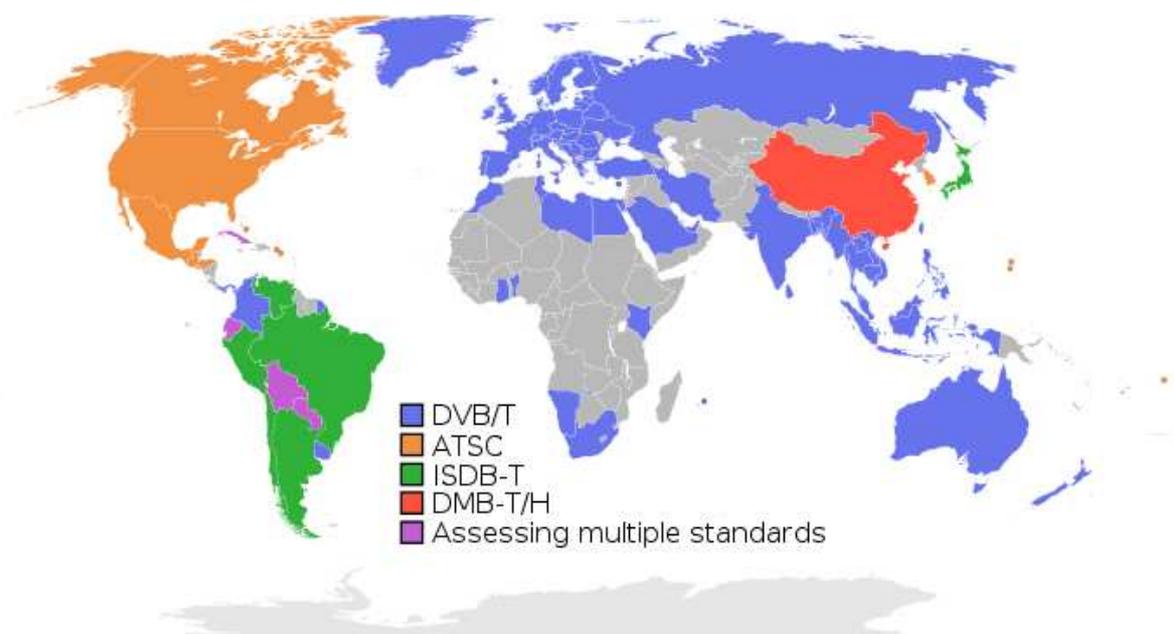


Figura 2.28 Estándares de Televisión Digital Terrestre en el mundo

Fuente: Organización Wikipedia, actualizado al 20 de noviembre del 2009

El momento cumbre para probar el estándar DTMB ante el mundo fue en las Olimpiadas de Beijing 2008 que fueron transmitidas dentro de China y Hong Kong en el formato DTMB, en alta definición (720p o 1080i) y con sonido Dolby Digital 5.1. El 1 de enero de 2008, Beijing puso en marcha el proceso comercial basado en el estándar DTMB, también 8 ciudades incluyendo las 6 subsees olímpicas (Hong Kong, Shanghai, Qingdao, Shenyang, Qinhuangdao y Tianjin, Guangzhou,

Shenzhen) pusieron en marcha la transmisión oficial de la televisión digital antes de los Juegos Olímpicos, ofrecieron 1 programa de HDTV y 6 de SDTV en 2 canales. Es importante destacar que las ciudades olímpicas comenzaron a transmitir la Televisión Digital Terrestre como ensayo a partir de octubre 2007. Las olimpiadas también permitieron al estándar CMMB mostrar sus bondades, se transmitió en 37 grandes y medianas ciudades del país desde julio del 2008 y los ciudadanos pudieron ver los Juegos Olímpicos a través de una variedad de equipos portátiles.

La Republica Popular de China al ser el principal propulsor del estándar DTMB, obviamente fue el primero en probar y aplicar esta forma de transmisión y recepción de Televisión Digital Terrestre cuyos resultados se han mostrado a lo largo de todo el estudio del estándar. A continuación se presenta algunas particularidades.

Plan de desarrollo de China para DTMB			
Fases	Año	Cobertura	Monitoreo de Red
Fase 1	2008	37 ciudades con 156 transmisores, transmisión de alta definición y definición estándar	Monitoreo de red de 37ciudades
Fase 2	2009	Cobertura de 370 ciudades, transmisión simultánea de definición estándar	Monitoreo de red de 370ciudades
Fase 3	2010	Cobertura de 2077 ciudades, transmisión simultánea de definición estándar	
Apagón analógico provisto para el 2015			

Tabla 2.5 Plan de desarrollo de China para DTMB

Fuente: SARFT

Comparación entre DTMB y DVB-T				
	DTMB QPSK	DVB-T QPSK	DTMB 64QAM	DVB-T 64QAM
Intervalo de guarda	55,56ms	56ms	55,56ms	56ms
Rendimiento de datos	5,414Mbps	4,974Mbps	24.3684Mbps	23.424Mbps
Eficiencia espectral	0.68Bit/s/Hz	0.62Bit/s/Hz	3.1Bit/s/Hz	2.9Bit/s/Hz
C/N (AWGN)	1.9dB	4.7dB	15.2dB	18.6dB
Sensibilidad de recepción	-97dBm	-87.1dBm	-83.0dBm	-78.6dBm
C/N (Multicamino)	4.19dBm	7.65dBm	22.38dBm	24.86dBm
Adquisición	~5ms	~100ms	~5ms	~100ms

Receptor DTMB: STB con sintonizador Thomson DTT7572

Receptor DVB-T: R&S EFA y STB con DTT7572

Tabla 2.6 Comparación entre DTMB y DVB-T

Fuente: SARFT

Las pruebas realizadas en Hong Kong fueron realizadas por cooperación de las radiodifusoras Asia Television Limited (ATV) and Television Broadcasts Limited (TVB), que invitaron a ABP (Academy of Broadcasting Planning) de el “State Administration of Radio, Film and Television” (SARFT) de China quien participó en las pruebas del estándar DTMB durante su etapa de desarrollo hasta su publicación. Las pruebas en Hong Kong se llevaron a cabo en noviembre y diciembre del 2006.

TVB Y ATV hicieron pruebas de comparación entre los estándares DTMB y DVB-T, donde primó el gran rendimiento tanto en recepción fija como móvil y mostro como conclusión que el estándar DTMB es el mejor.

En junio del 2007 OFTA (Office of the Telecommunications Authority de Hong Kong) anuncio que el estándar para Televisión Digital Terrestre en Hong Kong seria DTMB, en consecuencia TVB y ATV iniciaron las transmisiones de prueba. Finalmente, Hong Kong el 31 de Diciembre del 2007 inició oficialmente las transmisiones del estándar DTMB.

Plan de transmisión de DTMB		
Estación de televisión	Programas	Formato
ATV: HD + SD	Local, noticias, información, entretenimiento, cultura, internacional, CCTV4, HD	SDTV: MPEG-2, MPEG-1 Audio Layer II HDTV: H.264, AC-3
TVB: HD + SD	FEICUI, entretenimiento, Life, J2, información, Minz hu, hd	

Tabla 2.7 Plan de transmisión en DTMB de ATV y TVB

Fuente: Zhongguancun DTV industry alliance DTV technology R&D center of the Tsinghua University

Plan de desarrollo para DTMB en Hong Kong			
Fases	Cobertura de población	Transmisores	Plazo
Fase 1	≥50%	Temple Hill	Diciembre 20 del 2007
Fase 2	≥75%	Sai Wan Shan, Kowloon Peak, Golden Hill, Fei Shan, Nanya islan	Agosto 15 del 2008
Fase 3	≥99%	otros	2011

Tabla 2.8 Plan de desarrollo para DTMB en Hong Kong

Fuente: Zhongguancun DTV industry alliance DTV technology R&D center of the Tsinghua University

A continuación se presenta el resumen de la prueba de campo aplicada en Hong Kong, publicado conjuntamente por Asia Television Limited y Television Broadcasts Limited el 4 de junio del 2007.

Los parámetros de prueba fueron:

- a) Los escenarios de prueba se clasificaron por el tipo de recepción en fijos y móviles. El transporte de multiplexada (C = 3780) fue utilizado durante todo el proceso.
- b) Para la recepción fija se utilizó, el parámetro de 64QAM con corrección de errores (FEC) de tasa 0,6.
- c) Para la recepción móvil se utilizó, la tasa de codificación FEC de 0,4 con 16QAM y 4QAM.
- d) Para minimizar la interferencia en las zonas superpuestas en la red de frecuencia única (SFN), se utilizó la secuencia PN de 945 símbolos como el intervalo de guarda, que podría proporcionar un servicio satisfactorio a las zonas superpuestas de dos transmisores que están a 37,5 kilómetros de distancia.
- e) Teniendo en cuenta los parámetros anteriores se pensó que se podría lograr flujos de datos de 21,658 Mbps para recepción fija, y de 9.626 Mbps, y 4.813 Mbps para la recepción móvil en 16QAM y 4QAM, respectivamente.
- f) La recepción de la señal de TDT fue considerada como exitosa si la tasa de error de bit (BER) para el flujo de transmisión a la salida del receptor (es decir, después FEC) era como máximo 3×10^{-6} (el BER de referencia) en un período de un minuto.

Resumen de los resultados de la prueba:

En general, los resultados del ensayo fueron satisfactorios.

- a) Línea de vista: Las mediciones de campo se llevaron a cabo en cinco localidades y la recepción en estos lugares era normal. En todos los casos, la relación señal a ruido (C/N) se redujo entre 63,3 dB y 36,8 dB y el margen de umbral entre 48,1 dB y 20,6 dB.
- b) A nivel de tierra en sombra de construcción: 11 sitios fueron probados para su recepción. Para la señal de prueba que se recibió normalmente en 10 sitios la C/N cayó en el rango de entre 43,7dB y 18,7dB y el margen del umbral entre 28dB y 1,5dB. En el lugar restante, la señal recibida (-81,2 dBm) y la correspondiente C/N de 13,1dB eran demasiado bajas para la recepción adecuada.
- c) Sombra de montaña: Un sitio fue probado. La recepción satisfactoria se logró con C/N de 47,2 dB y el margen de umbral de 32,0 dB.
- d) A Nivel de techo en sombra de construcción: Las medidas fueron tomadas en cuatro lugares. Recepción satisfactoria alcanzado C/N que varió de 22,5dB a 44,4dB y el margen de umbral a partir de 9,6dB a 28,0dB.
- e) IBCCDS (In Building Coaxial Cable Distribution System): Las mediciones se realizaron tanto en el sistema de cabeceras de IBCCDS y en tomas de TV correspondientes. Todas las pruebas en los siete sitios fueron exitosas.

	C/N	Margen de umbral
Sistema de medición de cabecera	32.3 a 43.6dB	29.9 a 39.7dB
Medición en toma de TV	21.5 a 41.4dB	14.4 a 39.9dB

- f) Recepción interior: Las mediciones se realizaron en cinco sitios. Recepción satisfactoria pudo ser lograda en cuatro sitios con C/N en el rango de 24,6dB y 30,6dB y el margen de umbral de 4,9dB y 32,1dB. El eco complicó la condición por tal razón el fracaso de recepción en el lugar restante.
- g) SFN: La recepción en la configuración SFN fue examinada en tres sitios. El tiempo de retardo de las señales recibidas desde la estaciones de Temple Hill y Golden Hill se situaron entre 7,9 μ s y 10,96 μ s. Recepción satisfactoria de vídeo y señales de audio en los tres sitios.
- h) Recepción móvil: Cinco rutas fueron seleccionadas para la prueba. Los porcentajes de éxito en cuatro de las cinco rutas fueron mayores al de 96,8%. El fabricante del receptor utilizado sugirió que el rendimiento del receptor, podría ser aumentado, mejorando el algoritmo de estimación de canal.
- i) Recepción HDTV (MPEG2): Las mediciones se realizaron en cinco vecindarios de viviendas públicas. Recepción satisfactoria con un margen de umbral de entre 5dB a 29,8dB.

Se anexa también el resultado de las pruebas de laboratorio realizadas en Beijing, China (ANEXO 1).

2.6.2 CONTINENTE AMERICANO

En el continente americano también se han realizado pruebas con el estándar DTMB en varios países como Cuba, Venezuela, Perú y Ecuador, cuyos resultados cualitativos se presentan a continuación.

Las fotografías que se presentan en esta parte del documento corresponden a los respectivos lugares donde se llevaron a cabo las pruebas del estándar y están

disponibles en la presentación de Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB". DTV Technology R&D Center of Tsinghua University.

2.6.2.1 Venezuela

En Venezuela se realizaron las pruebas comparando los estándares DVB-T, ISDB-T y DTMB

Comparación entre DTMB, DVB-T e ISDB-T							
	Portadora	FEC	Intervalo de Guarda	Constelaciones Mapeadas	Ancho de banda (MHz)	Flujo de datos (Mbps)	Potencia
DTMB	4K	0.6	1/9	64QAM	6	18.274	500W
DVB-T	8K	3/4	1/8	64QAM	6	18.662	500W
ISDB-T	8K	3/4	1/8	64QAM	6	18.255	500W

Tabla 2.9 Comparación entre DTMB, DVB-T e ISDB-T

Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB". DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

En recepción fija, comparando la sensibilidad de recepción, el estándar Chino es superior.



Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB". DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

En recepción móvil, comparando la relación entre el tiempo exitoso de recepción con el tiempo total de recepción, el estándar chino se sitúa en segundo lugar



Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB".
DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

En recepción interior, comparando cuanto puede moverse una antena en el interior de una habitación, el estándar chino es similar al europeo y el japonés es peor que los dos.



Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB". DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

La interferencia en recepción interior, comparando la habilidad de los estándares ante la interferencia en recepción interior, el estándar chino es similar al japonés y el europeo es peor que ambos.



Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB". DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

Los resultados finales de las pruebas dieron como resultado lo siguiente:

- Recepción fija exterior: DTMB fue el mejor
- Recepción fija exterior: DTMB y DVB-T fueron los mejores
- Recepción móvil: ISDB-T □ DTMB □ DVB-T
- Recepción interior con ruido impulsivo: DTMB y ISDB-T fueron los mejores
- Recepción exterior con ruido impulsivo: DTMB y ISDB-T fueron los mejores

2.6.2.2 Cuba

En Cuba específicamente en la ciudad capital la Habana, en diciembre del 2007 también se implemento el estándar DTMB en fase de prueba comparándolo con el estándar europeo. Los resultados mostraron al estándar DTMB superior que el DVB-T, no solo en canales de 6MHz (ancho de banda) si no también en canales de 8MHz.



Fuente: Pan Changyong, "Chinese Terrestrial DTV standard DTMB".
DTV Technology R&D Center of Tsinghua University

2.6.2.3 Perú

En Perú fue otra ocasión en la que el estándar chino estuvo a prueba, las ciudades de Lima, Cusco e Iquitos fueron tomadas en cuenta en el proceso. Los aspectos considerados en la evaluación técnica fueron:

- De acuerdo al Informe UIT-R2035, el nivel de calificación se realizó de acuerdo a los siguientes criterios y ponderaciones:

Excelente	5
Bueno	4
Regular	3
Pobre	2
Malo	1

- Se realizaron pruebas de campo en 41 puntos para recepción fija (TV) en Lima. Mientras que en Cusco e Iquitos se realizaron en 20 puntos en cada ciudad.
- En movilidad (recepción en vehículos en movimiento) se realizaron 3 circuitos en Lima
- En portabilidad (recepción en celulares) se realizaron pruebas de campo en 30 puntos en Lima y 5 puntos en Cusco e Iquitos. Además para esta evaluación se hizo 1 circuito en cada ciudad.

A continuación en la Tabla 2.10 se presentan los resultados de la evaluación técnica de los estándares.

	%*	ATSC	DVB-T	ISDB-T	DTMB
Pruebas de campo Televisión Digital**	100%	2,10	3,56	3,78	3,78
1. Alta Definición (HDTV-Recepción Fija)***	40%	3,22	3,32	3,67	4,67
- Lima		2,45	3,38	3,70	4,27
- Cusco		3,82	3,87	4,51	5,00
- Iquitos		3,38	2,73	2,80	4,73
2. Definición Estándar (SDTV-Recepción Fija)****	30%	2,38	4,23	4,49	5,00
- Cusco		4,75	4,48	5,00	5,00
- Iquitos		-	3,98	3,98	5,00
3. Movilidad (Lima)*****	10%	1,03	1,43	2,23	4,18
4. Portabilidad*****	20%	-	4,07	3,70	-
- Lima		-	2,81	4,29	-
- Cusco		-	5,00	3,33	-
- Iquitos		-	4,40	3,46	-

Notas: * Corresponde a la valoración en porcentaje de cada aspecto que se evaluó

** Resultados finales de las pruebas de campo

*** Resultados finales de las pruebas realizadas para Alta Definición.

**** Resultados finales de las pruebas realizadas para Definición Estándar.

***** Resultados finales de las pruebas realizadas para Movilidad.

***** Resultados finales de las pruebas realizadas para Portabilidad.

Tabla 2.10 Resultados de la evaluación técnica de los estándares de TDT en el Perú

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

2.6.2.4 Ecuador

Toda la información que a continuación se presenta es tomada de “INFORME PARA LA DEFINICIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR”, SUPERTEL.

El 20 de febrero de 2009 se inició las pruebas de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador tomando como base la recomendación UIT-R BT.2035-1110, y aplicando el siguiente cronograma:

ESTÁNDAR	PERIODO DE PRUEBAS	
	INICIO	FIN
DVB-T	20/02/2009	13/03/2009
ISDB-T	20/02/2009	13/03/2009
SBTVD	29/06/2009	10/07/2009
DTMB	29/06/2009	10/07/2009

Para estas pruebas se utilizaron los canales 43, 45 y 47 de la banda UHF, asignados por el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, CONARTEL.

ESTÁNDAR	CANAL UTILIZADO
DVB-T	45
ISDB-T	47
SBTVD	47
DTMB	45
ANALÓGICO (Adyacentes operativos)	46 y 48

Los transmisores se instalaron en la ubicación detallada a continuación:

Cerro	Pichincha
Ciudad de Cobertura	Quito
Provincia	Pichincha
Coordenadas Geográficas (WGS84)	78°31'22.20" W 0°10'2.12" S
Altura (s.n.m.)	3766m

Las pruebas que se realizaron fueron técnicas y subjetivas.

2.6.2.4.1 Pruebas Subjetivas

Este tipo de pruebas tienen por objeto evaluar la calidad de la transmisión de televisión percibida por el usuario.

Las escalas de categorías que evaluaron la calidad y degradación de imagen, fueron las definidas por la UIT-R, que se incluyen en el siguiente cuadro.

GRADO	CALIDAD	DETERIORO	DEFINICIÓN
5	Excelente	Imperceptible.	Recepción sin fallas.
4	Bueno	Perceptible, pero no molesto.	Recepción con fallas que no motivan al evaluador cambiar de canal.
3	Regular	Ligeramente molesto.	Recepción con fallas, por lo cual el evaluador no está conforme, pero considera que se puede esperar un intervalo de tiempo sin cambiar de canal.
2	Pobre	Molesto.	Recepción con fallas que motiva al evaluador cambiar de canal.
1	Malo	Muy molesto.	No hay señal

2.6.2.4.2 Pruebas Técnicas

Para efectuar las pruebas técnicas se tomó como base la recomendación UIT-R BT. 2035-1, “Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal”, cuyo objetivo es evaluar la calidad de funcionamiento del sistema o sistemas disponibles con diversas configuraciones de transmisión y recepción.

Los parámetros que se midieron fueron:

- Intensidad de campo eléctrico
- Relación señal a ruido
- Voltaje de recepción
- Ancho de banda utilizado

Las pruebas de campo para cada estándar se efectuaron en condiciones similares de transmisión, lo cual implica transmitir la señal empleando un único sistema radiante y a un mismo nivel de potencia. La evaluación abarcó principalmente aspectos relacionados con la propagación, cobertura, disponibilidad del servicio y robustez.

Los modos de recepción en los cuales se realizaron las pruebas de campo fueron:

Recepción fija: La recepción se realizó con equipos y antenas que permanecieron inmóviles, en los siguientes modos:

Exteriores. - La antena se instaló en el exterior de una edificación.

Interiores. - La antena se instaló en el interior de una edificación.

Recepción portátil: La recepción se realizó con un equipo que dispuso de una antena incorporada, el mismo que pudo moverse de un lugar a otro. Durante la prueba el equipo permaneció estático.

Recepción peatonal: La recepción se realizó con un equipo que se desplazó a una velocidad menor o igual a 5 km/h, sujeto a ligeros movimientos ocasionales y frecuentes.

Recepción móvil: La recepción se realizó con un equipo que se desplazó a una velocidad superior a 5 km/h.

2.6.2.4.3 Resultados Finales Globales

Los criterios de ponderación utilizados fueron:

Pruebas	Objetivos	Parámetro	Recepción	N° de mediciones a cada estándar	Ponderación	%
Técnicas	Cobertura	Intensidad de campo [dB μ V/m]	Exteriores	85*	30%	60%
	Disponibilidad	Voltaje en el receptor [μ V]	Exteriores, interiores	105**	10%	
		Ancho de banda [MHz]	Exteriores, interiores	105**	10%	
		Señal a ruido, [C/N]	Exteriores, interiores	105**	10%	
Subjetivas	Calidad	Evaluación subjetiva	Exteriores, Interiores.	375 ***	20%	40%
			Móvil	24 tramos****	10%	
			Portátil, Peatonal y Personal	132 tramos*****	10%	
TOTAL						100%

* 85 mediciones en puntos exteriores.

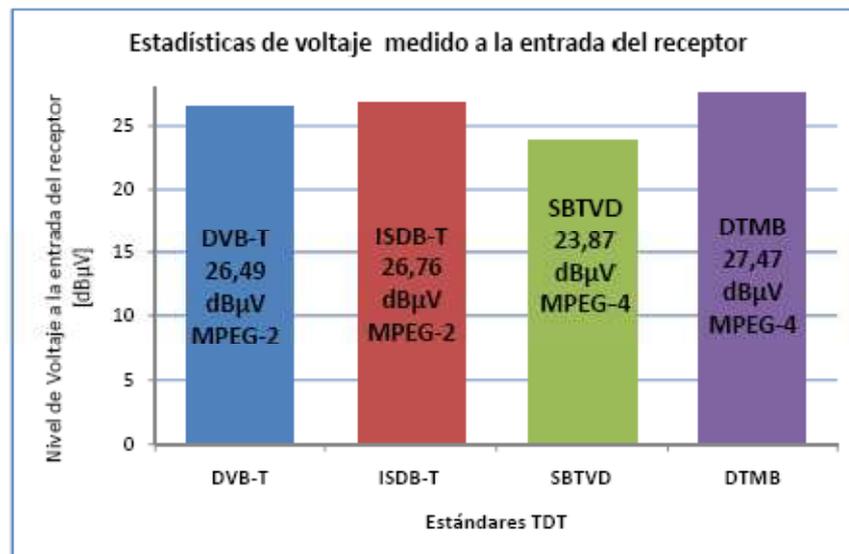
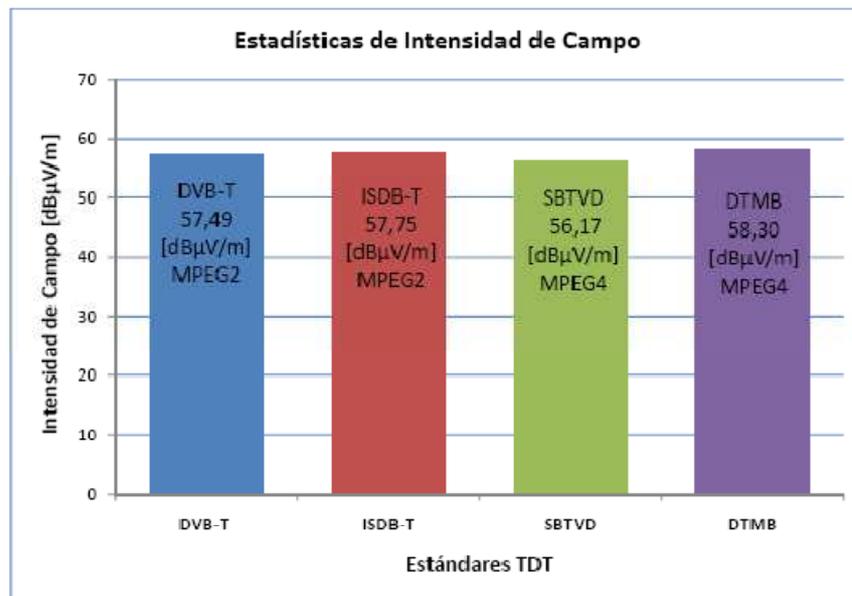
** 105 mediciones en puntos exteriores más 20 mediciones en puntos interiores.

*** 3 veedores por cada punto de medición; 85 puntos exteriores, 20 puntos en interiores (con y sin ruido impulsivo).

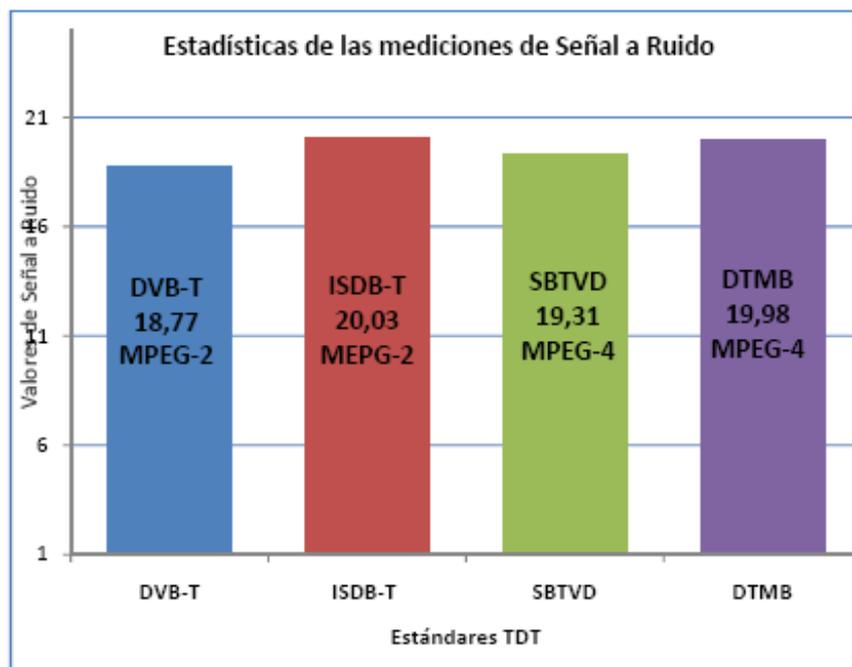
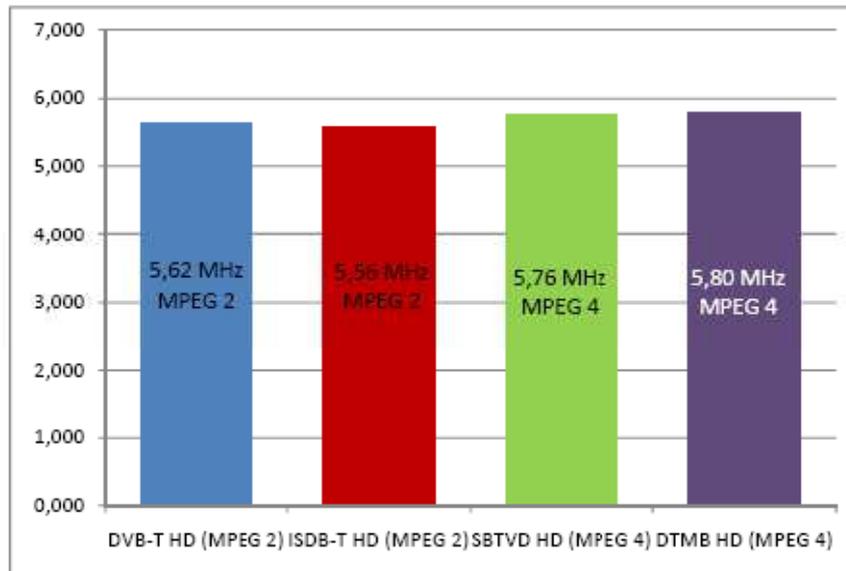
**** 3 veedores por cada circuito; 3 circuitos, separados por 8 tramos para pruebas de movilidad

***** 3 veedores para un circuito de 4 tramos para pruebas de recepción personal, 20 mediciones con dispositivos portátiles y 20 mediciones con recepción peatonal.

Resultados Pruebas Técnicas:

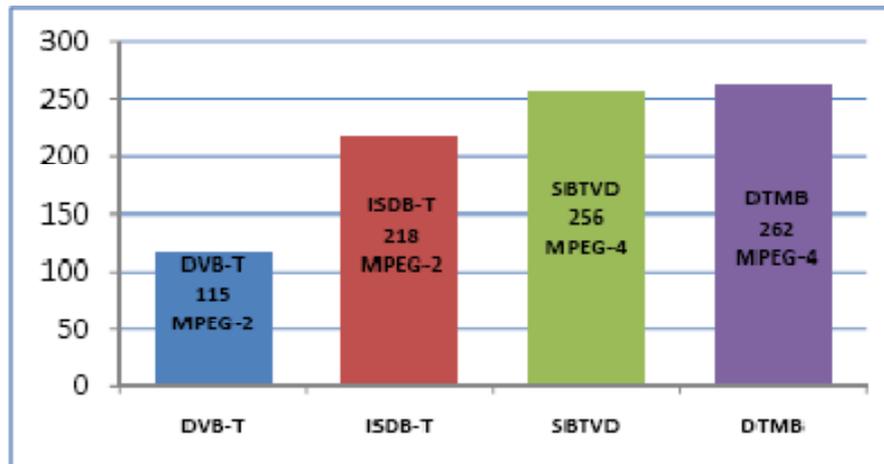


Desempeño de los Estándares – Ancho de Banda



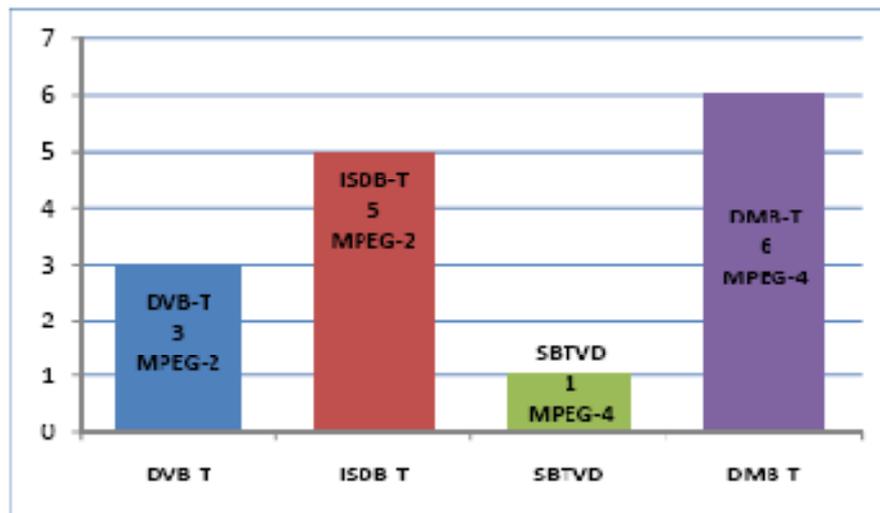
Resultados Pruebas Subjetivas:

Resultados de Evaluaciones subjetivas en puntos fijos



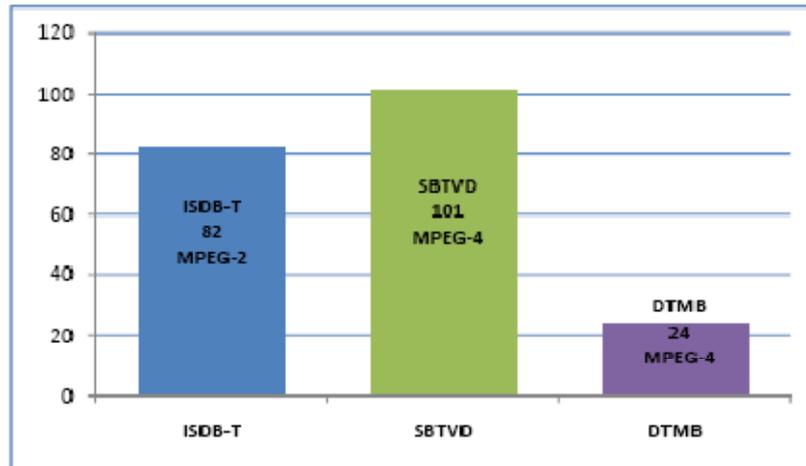
Nota: Se toma como referencia la calificación de nivel 5

Resultados de evaluaciones subjetivas para recepción móvil



Nota: Se toma como referencia la calificación de nivel 4

Resultados de evaluaciones subjetivas para recepción portátil



Nota: Se toma como referencia la calificación de nivel 5

Resultado Pruebas Técnicas y Subjetivas:

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS TÉCNICAS Y SUBJETIVAS	
Estándar	Lugar
DTMB	1
SBTVD-T	2
ISDB-T	3
DVB-T	4

Resultados finales de las mediciones y evaluaciones de los estándares con compresión MPEG-4:

Pruebas	Objetivo	Parámetros	Resultados		
			Estándar	Medidos (promedio)	Ponderación al 30%
Técnicas	Cobertura	Intensidad de campo [dB μ V/m]	SBTVD	56.17	28.90 %
			DTMB	58.30	30.00 %
	Disponibilidad	Voltaje en el receptor [dB μ V]	Estándar	Medidos (promedio)	Ponderación al 10%
			SBTVD	23.87	8.69 %
			DTMB	27.47	10,00 %
		Ancho de banda	Estándar	Medidos	Ponderación al 10%
			SBTVD	< 6 MHz	10.00 %
			DTMB	< 6 MHz	10.00 %
		Señal a ruido	Estándar	Medidos (promedio)	Ponderación al 10%
			SBTVD	19.31	9.66 %
DTMB	19.98	10.00 %			
Subjetivas	Calidad	Exteriores, Interiores,	Estándar	Medidos	Ponderación al 20%
			SBTVD	256	19.54 %
			DTMB	262	20.00 %
		Móvil	Estándar	Medidos	Ponderación al 10%
			SBTVD	1	3.33 %
			DTMB	6	10.00 %
		Portátil, Peatonal y Personal	Estándar	Medidos	Ponderación al 10%
			SBTVD	101	10.00 %
			DTMB	80	2.38 %

Pruebas	Objetivo	Ponderación al 60 %	
Técnicas	Cobertura y Disponibilidad	SBTVD	57.26 %
		DTMB	60.00 %
Subjetivas	Calidad	Ponderación al 40 %	
		SBTVD	32.88 %
		DTMB	37.92 %

EVALUACIÓN TÉCNICA Y SUBJETIVA		
TOTAL	Estándar	Ponderación al 100%
	SBTVD (MPEG-4)	90.13 %
	DTMB (MPEG-4)	97.92 %

Después del respectivo análisis y evaluando los siguientes aspectos:

- Estudio y Pruebas Técnicas
- Impacto Socioeconómico
- Cooperación Internacional
- Despliegue

El CONATEL, el día 25 de marzo de 2010, resolvió acoger el informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones y adoptar el estándar ISDB-T/SBTVD-T para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en Ecuador.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE COSTOS

3.1 INTRODUCCIÓN

La implementación de la transmisión de Televisión Digital Terrestre al igual que de otras nuevas tecnologías representa altos costos, que pueden entenderse como inversiones ya que, en el caso de la televisión digital, a largo plazo beneficiará tanto a los usuarios como a los proveedores del servicio.

Uno de los aspectos importantes en la implementación de cualquier estándar de Televisión Digital Terrestre es la economía de escala, mientras mayor sea la demanda es decir mientras más grande sea el número de usuarios y por ende potenciales compradores de los equipos de recepción, éstos se abaratan más. Otro factor importante es el apoyo que le puedan dar al estándar las empresas tanto productoras, proveedoras y comercializadoras de los equipos necesarios en la Televisión Digital Terrestre para sociabilizarlo. El estándar chino cuenta con muchas empresas que han fortalecido su industrialización; entre las cuales se tiene las siguientes:

Industrialización del estándar DTMB
Chips Demoduladores: Sunplus, Haier, Trident, Maxscend, Hisilicon, Leaguer SME, Micronas, Legend Silicon.
Transmisores DTMB: BBEF, GME, Kaiteng, Anshan broadcasting, Toshiba, Thomson.
Televisores y Decodificadores (Set Top Box): Haier, Changhong, KONKA, Skyworth, Hisense, Jiuzhou, SVA, Samsung, Tsinghua Tongfang.
Equipo de testeo de DTMB: Tektronix, Agilent, R&S, Eiden, Shiba Electronics, Promax.

Tabla 3.1 Industrialización del estándar DTMB
Fuente: Elaboración propia

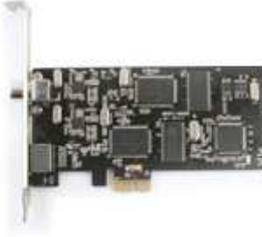
Hoy en día el estándar DTMB cuenta con muchas más empresas que facilitan enormemente su implementación en China y Hong Kong.

3.2 COSTO DE RECEPTORES, DECODIFICADORES Y OTROS

Dentro de los gastos útiles y necesarios que debe realizar una persona común para poder recibir la TDT, está el adquirir un televisor con sintonizador digital integrado que permite recibir la señal digital directamente, sin ningún problema, o un decodificador (set top box), que permite el cambio del formato digital al analógico convencional posibilitando recibir la señal en el televisor analógico tradicional, con el que se cuenta actualmente.

Como es de conocimiento general el mercado electrónico en China es extremadamente grande, por tal razón a continuación se presenta una muestra muy pequeña de algunos receptores y decodificadores que hay en el mercado.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
PDTV50700WHD  Changhong http://www.changhong.com.cn	PDP (Plasma Display Panel) compatible con el estándar de TV digital terrestre DTMB, permite la recepción de televisión digital terrestre y también analógica. Resolución de alta definición (1366*768).	\$ 1304
LDTV32866  Changhong http://www.changhong.com.cn	LCD (Liquid Crystal Display) compatible con el estándar DTMB, integra varios chips que le permiten recibir múltiples operadores de televisión digital terrestre, también permite recepción analógica. Decodificación MPEG2, H.264. Interfaces multimedia AV, S, HDMI1.3, VGA, YPbPr. Dimensión 32 pulgadas, zoom 4:3, 16:9.	\$ 878

<p>EIGHT iDTV HD Series 22 "-26"</p>  <p>Eight Limited http://www.eightgroup.com/main/</p>	<p>Compatible con el estándar DTMB, HDTV (1920*1080). Función de doble pantalla, soporte para la grabación de TV digital y para reproducción de archivos multimedia MP3, JPEG, MPEG y RMVB. Diferentes opciones de entrada HDMI, AV, componente VGA, etc. (se puede conectar a la computadora como pantalla).</p>	<p>\$ 249</p>
<p>USB2.0 PCTV/Flash Controller IC</p>  <p>Leaguerme (Shenzhen) co., Ltd. http://www.leaguerme.com</p>	<p>LME2510/2510C/2520 son chips controladores optimizados que dan soporte a todos los estándares de TV digitales (DVB-T/C/S, DTMB, t-DMB, CMMB, ATSC, ISDB-T, etc.). Cualquier equipo, desktop PC o portátil, con este chip puede fácilmente recibir televisión digital.</p>	<p>Negociable (depende del pedido)</p>
<p>LGS-8G52/LGS-8GL5/LGS-8G13/LGS-8G42/LGS-8913/LGS-8922/LGS-8G75/LGS-8G78</p>  <p>Legend Silicon Corp. http://www.legendsilicon.com/</p>	<p>Los LGS-XXXX son Chips demoduladores totalmente compatibles con el estándar Chino DTMB (GB20600-2006). Diseñados para una sola portadora y múltiples portadoras, recepción móvil de alta definición, de definición estándar y de otros servicios basados en multimedia. Los demoduladores son de baja potencia y aplicados en circuitos integrados de televisores digitales (iDTV), set-top-box, PMPs, teléfonos móviles, USBs, computadoras portátiles, UMPCs, dispositivos móviles de Internet (MID).</p>	<p>Negociable (depende del pedido)</p>
<p>DMB-TH PCI-E TV Card</p>  <p>MyGica http://www.pcok.tv</p>	<p>Tarjeta de televisión da soporte al estándar DTMB, permite recepción y grabación. Interfaz PCI-E de alta velocidad. Guía electrónica de programas (EPG). Soporte para Windows XP/VISTA/7 (32 y 64 bits).</p>	<p>\$ 52</p>

<p>DMB-TH USB Stick de TV D689</p>  <p>MyGica http://www.pcok.tv</p>	<p>Compatible con DTMB, permite recepción de las señales digitales en el portátil y el PC, (MPEG-4/H.264 y MPEG-2). Permite la grabación en formato HDTV de Mpeg2/H.264. Guía electrónica de programas (EPG). Imagen de alta resolución. Soporte para Windows XP/Vista/7 (32 y 64 bits).</p>	<p>\$ 87,80</p>
<p>True View TKM0-1</p>  <p>Artec Electronics Corp. http://www.artec.com.cn/</p>	<p>TV Digital Portátil compatible con DTMB, alto funcionamiento en velocidad, calidad de imagen brillante, guía electrónica de programas (EPG) que proporciona información sobre los contenidos. Pantalla TFT LCD de 3 pulgadas. Las baterías permiten una duración tiempo continuo de 3,5 horas de visualización.</p>	<p>\$ 136,53</p>
<p>Panasonic DVD portátil DVD-LX86</p>  <p>Panasonic http://panasonic.cn</p>	<p>Soporte a la recepción móvil del estándar DTMB. Pantalla LCD wide screen de 8.5 pulgadas que puede ser ajustada en más de ángulo de visión, reproduce una variedad de formatos. Posee socket para tarjeta SD, permite funciones integradas de DVD, función de cuadro de fotografía digital, reproducción multimedia, y las baterías permiten 6 horas de larga duración.</p>	<p>\$ 494,69</p>
<p>(Set Top Box) DMB-TH2088HD</p>  <p>Changhong http://www.changhong.com.cn</p>	<p>Soporte al estándar DTMB en HD y SD. Compatible con MPEG-4, MPEG-2. Contiene programa de búsqueda automática de canales, guía electrónica de programas (EPG), interfaz RS232 para descargar del software de actualización, y también la interfaz USB 2.0. Resolución 576p/720p/1080i Audio Dolby AC-3 y MPEG-I Formatos PAL/NTSC 4:3 y 16:9.</p>	<p>\$ 212</p>

<p>(Set Top Box) UMTH1100CH</p>  <p>Unionman Technology Co., Ltd. http://www.unionman.com.cn/</p>	<p>Cumplen plenamente con el estándar DTMB en SD/HD. Permite decodificación MPEG-2 y MPEG-4, guía electrónica de programas, y subtítulos. Audio Dolby AC-3 Resolución 1080i USB 2.0 con función PVR Puerto USB para la actualización del software</p>	<p>\$ 180</p>
<p>DMB-T MPEG2 HD</p>  <p>ZINWELL http://www.zintech.com.tw</p>	<p>Set-top-box de televisión digital terrestre de alta definición es compatible con el estándar DTMB (GB20600-2006).</p>	<p>\$ 128</p>
<p>(Set Top Box) DMB-T1000G/ DMB-T1000E/ DMB-T1000D</p>  <p>Changhong http://www.changhong.com.cn</p>	<p>Soporte al estándar DTMB, sigue la norma: EN300 744 Umbral de recepción: 29dBμV Impedancia: 75Ω Ancho de banda IF: 8MHZ Salida de vídeo: sigue la norma ISO/IEC 13818-2 MPEG-2 MP@ML Formato de video 4:3, 16:9. Salida de audio: sigue la norma ISO/IEC 13818-3 Modo de canal: Single-Channel, canal dual, estéreo Decodificación de sonido: MPEG Layer I y II Tensión DC: 12-24V</p>	<p>\$ 277</p>
<p>HD-DMB813</p>  <p>HiMega Information Technology Co., Ltd. http://www.himegas.com</p>	<p>Completamente compatible con el estándar DTMB GB20600-2006. Soporte de HD MPEG-4/H.264, con salida HDMI (opcional). Máximo 500 canales de memoria espacial. Fácil y rápida actualización de software a través del puerto USB y OTA (opcional). Formatos NTSC / PAL y 4:3 16:9 Wide Screen.</p>	<p>\$ 190</p>

Tabla 3.2 Receptores, decodificadores y otros.

Fuente: Elaboración propia

Dada la implementación de la Televisión Digital Terrestre, actualmente es evidente que la tendencia mundial tanto para producir como para adquirir un televisor está comandada por los PDP's (Plasma Display Panel) y LCD's (Liquid Crystal Display), razón por la cual sus precios se han podido reducir enormemente y más aún en lugares donde la demanda es mayor. Como muestran los ejemplos anteriores los costos de los receptores y decodificadores para el estándar Chino están acorde a la realidad que vive actualmente la TDT, donde se maneja, para el caso de los decodificadores, que el más básico está en el orden de los \$40 mientras que los de alta definición superan los \$150.

Desde el punto de vista de las operadoras de televisión, estas también deben realizar gastos para poder renovar sus equipos y transitar así de lo analógico a lo digital. Por supuesto esta renovación se debe realizar en todas las etapas del proceso, como son la producción, almacenamiento y transmisión de los contenidos.

Dentro de la fase de transmisión, la implementación de la red de Televisión Digital Terrestre es muy importante. En principio, los transmisores de televisión digital podrían utilizar los emplazamientos actuales de transmisores de televisión analógica, con lo cual se puede reutilizar gran parte de la infraestructura disponible actualmente. Adicionalmente se requiere de una red de distribución primaria para transportar los paquetes MPEG-TS desde los estudios de televisión hasta los centros re-multiplexores (variaciones autonómicas en la programación) y hasta los centros transmisores. Gracias a las experiencias internacionales se consideran varias posibilidades, entre las que se incluyen fibra óptica, redes PDH (Plesichronous Digital Hierarchy) o SDH (Synchronous Digital Hierarchy), ATM o satélite. Una red completa constará seguramente de una combinación de las posibilidades comentadas.

La red de difusión de la televisión terrenal suele estar configurada a tres niveles:

- Red principal de emisores: Reciben la señal directamente de la red de distribución primaria.

- Red de reemisores: Repiten la señal que reciben de la red principal.
- Red de microreemisores (Gapfillers): Repiten la señal que reciben de la red principal/reemisores, para cubrir pequeñas zonas de sombra.

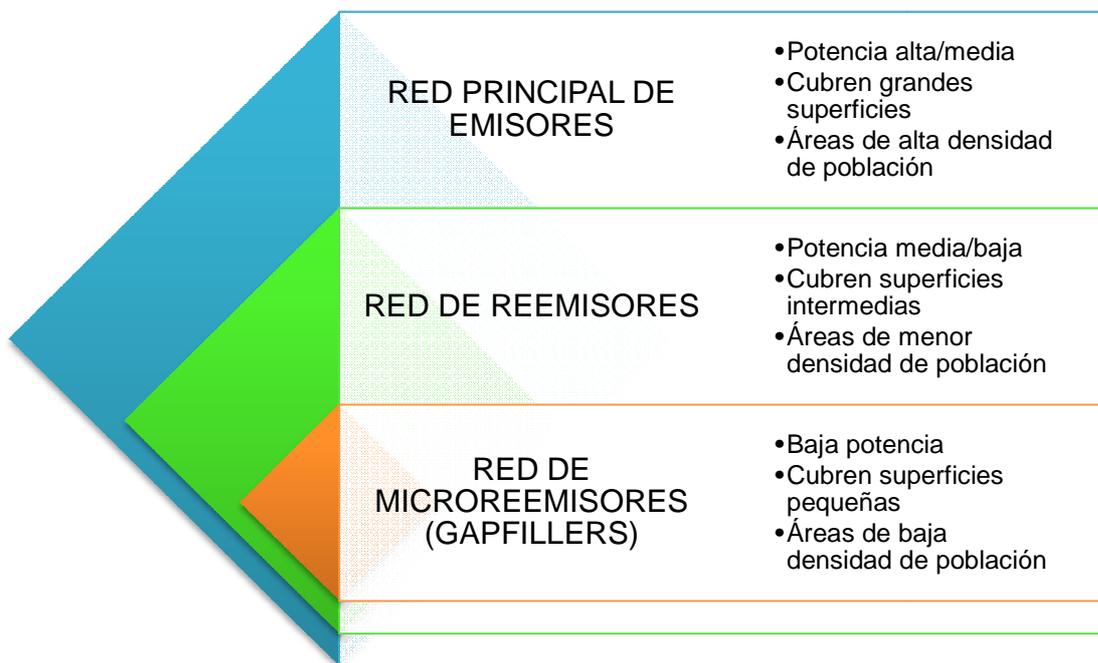


Figura 3.1 Configuración de la red de difusión de la TDT.
Fuente: Elaboración propia a partir de la Bibliografía

A continuación se presentan algunos de los equipos que existen en el mercado y que son parte fundamental en una red de difusión de Televisión Digital Terrestre. Hay que destacar que no se cuenta con los precios de los equipos, en vista de que se requiere contacto previo con la empresa productora para lo cual hay ciertas restricciones y adicionalmente están sujetos a proforma.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
<p data-bbox="384 383 612 412">Excitador DTMB</p>  <p data-bbox="220 629 775 692">Hangzhou Digicast Technology Co., Ltd http://www.digicast.cn</p>	<p data-bbox="802 427 1445 618">Excitador DMB-2210 es totalmente compatible con el estándar DTMB (GB20600-2006). Admite todos los modos de transmisión del estándar, es compatible con SFN y MFN, trabaja con anchos de banda de 6, 7 y 8MHz. Puede excitar directamente un transmisor de alta potencia.</p>
<p data-bbox="373 734 624 763">Modulador DTMB</p>  <p data-bbox="220 994 775 1057">Hangzhou Digicast Technology Co., Ltd http://www.digicast.cn</p>	<p data-bbox="802 797 1445 987">Modulador DMB-2200 es totalmente compatible con el estándar DTMB (GB20600-2006). Admite todos los modos de transmisión del estándar, es compatible con SFN y MFN, trabaja con anchos de banda de 6,7 y 8MHz. Modulación de alto rendimiento, nivel se salida 0dBm.</p>
<p data-bbox="312 1137 687 1200">Adaptador de SFN de Televisión Digital Terrestre</p>  <p data-bbox="220 1435 775 1498">Hangzhou Digicast Technology Co., Ltd http://www.digicast.cn</p>	<p data-bbox="802 1167 1445 1424">Adaptador DTMB (DMB-1100) de SFN, inserta paquetes de inicialización de mega tramas en los MPEG-TS periódicamente, controla todos los transmisores de SFN para emitir los mismos bits de señal al mismo tiempo. Tiene dos entradas y salidas de MPEG que pueden configurarse en 2 adaptadores independientemente, también se puede configurar en modo redundante.</p>
<p data-bbox="427 1585 568 1615">Gap Filler</p>  <p data-bbox="220 1845 775 1908">Hangzhou Digicast Technology Co., Ltd http://www.digicast.cn</p>	<p data-bbox="802 1615 1445 1839">Gap Filler DMB-4100 empleado para aumentar la cobertura de una señal débil, mejorando la calidad de cobertura y alcance. Adopta una avanzada cancelación aritmética de eco para reducir el acoplamiento entre señales de entrada y de salida. Trabaja como repetidor de canal y reemisor, admite SFN y MFN.</p>

Familia de Transmisores de alta potencia R&S@NW8500 VHF para TV Digital



Rohde & Schwarz
<http://www2.rohde-schwarz.com>

Plataforma multiestándar para TV digital y móvil incluido el DTMB.

Alta eficiencia reduce los costos operativos.

Convergencia con todos los miembros de la familia de transmisores Rohde & Schwarz, 8000.

Potencia de salida en un rack sobre 4.0KW (para OFDM estándares de televisión) y 5,8KW (para ATSC/ATSC, DTV móvil).

Familia de Transmisores de media potencia R&S@NW8200 VHF para TV Digital



Rohde & Schwarz
<http://www2.rohde-schwarz.com>

Excitador multiestándar, fácil actualización del software, pantalla a color, menú multilingüe, alta redundancia, varias configuraciones de espera, flexibilidad de conductos de aire, diseño compacto rack de 19" con ventiladores integrados. Rango de frecuencia de 170 MHz a 250 MHz

Mantenimiento fácil gracias a su diseño modular y plug-ins.

Amplificadores de potencia basados en la tecnología MOSFET.

Transmisor de control remoto y supervisión a través de SNMP y/o la interfaz HTTP.

De 330W a 2KW de potencia de salida para DVB-T/DVB-H, MediaFLO™, ISDB-T, ISDB-T_B, DTMB.

De 500W a 2KW de potencia de salida para ATSC, ATSC DTV Móvil

Familia de reemisores R&S®XLx8000 UHF/VHF para TV digital y analógica



Rohde & Schwarz
<http://www2.rohde-schwarz.com>

Repetidores/Retransmisores UHF/VHF de TV analógica y digital, así como de radiodifusión sonora digital.

Estándares de TV: ATV, DVB-T, DVB-H, MediaFLO™, DTMB, ISDB-T, ISDB-T_B, ATSC, ATSC DTV Móvil.

Las normas de radiodifusión sonora digital: DAB (+), T-DMB.

Rohde&Schwarz de calidad con excelente relación precio/rendimiento.

Eficaz cancelación de eco para su uso en redes de frecuencia única.

Mejor selectividad de canal adyacente

Familia de Transmisores de alta potencia R&S®NW8600 UHF para TV Digital



Rohde & Schwarz
<http://www2.rohde-schwarz.com>

Rango de frecuencias de 470 MHz a 860 MHz. Avanzada tecnología de LDMOS para los amplificadores de potencia. Precorrección Digital. Líquido de enfriamiento. Alta redundancia. Todos los conceptos posibles de standby (un solo transmisor, activo o pasivo, en espera del excitador, N +1). Alto rendimiento.

De 1.3KW a 11.8KW de potencia de salida para DVB-T/DVB-H, ISDB-T, MediaFLO™, ISDB-T_B, DTMB

De 1.8KW a 16.5KW de potencia de salida para ATSC, ATSC DTV Móvil.

Familia de Transmisores de media potencia R&S®NW8200 UHF para TV Digital



Rohde & Schwarz
<http://www2.rohde-schwarz.com>

Rango de frecuencia de 470 MHz a 862 MHz.
 De 300W a 1.8KW de potencia de salida para DVB-T/DVB-H, ISDB-T, MediaFLO™, ISDB-T_B, DTMB
 De 450W a 1.8KW de potencia de salida para ATSC, ATSC DTV Móvil

Tabla 3.3 Equipos de la red de difusión de la TDT.
 Fuente: Elaboración propia

Dependiendo de la cobertura y del tamaño de empresa que represente un canal de televisión varía la inversión que debe realizar para digitalizarse totalmente. Extraoficialmente y por la experiencia internacional, se habla de que para los canales de televisión de cobertura nacional, en un país subdesarrollado y pequeño como el Ecuador, la inversión para la implementación de la TDT está en el orden de las decenas de millones de dólares.

Los costos que trae consigo la Televisión Digital Terrestre son relativos y dependen de muchos factores, primordialmente de la economía de escala, como se mencionó anteriormente, lo ideal para América del Sur hubiese sido adoptar un estándar de TDT único para todos y no uno diferente para cada uno, afortunadamente se vislumbra una coherencia entre algunos países como Venezuela, Chile, Bolivia y

Ecuador de optar por un mismo estándar. Es importante recalcar que el estándar de TDT a implementar en cualquier país no solo en el Ecuador debe contar con la cooperación económica y tecnológica del país de donde proviene el estándar, esto hace más factible la transición analógico/digital y por su puesto los televidentes somos los más beneficiados.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE NORMATIVA

4.1 INTRODUCCIÓN

La Televisión Digital Terrestre constituye una evolución tecnológica que cambiará, de una manera radical y permanente, lo que conocemos y entendemos como televisión de libre recepción. Dado que la comunicación a través de la televisión es una actividad de interés público que tiene la función social de contribuir al fortalecimiento de la integración nacional y al mejoramiento de las formas de convivencia humana, es necesario que estos servicios se presten en las mejores condiciones tecnológicas en beneficio de la población.

A nivel internacional, dados los avances en la implantación de la Televisión Digital Terrestre que se observan en varios países del mundo; el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico; la mejora en la calidad del servicio que ofrecerán las transmisiones digitales, así como los beneficios que traerá consigo la convergencia de tecnologías, es necesario y oportuno; como ya lo hizo nuestro país; adoptar lo antes posible el estándar de transmisiones digitales de televisión, así como instrumentar las acciones que favorezcan la introducción de esta nueva tecnología.

En vista de que la transición a la televisión digital terrestre, por los costos que implica para concesionarios, productores, anunciantes y el público televidente en general, es un proceso de largo plazo en el que resulta esencial contar con lineamientos claros para su desarrollo.

Adicionalmente el país que quiera implementar la Televisión Digital Terrestre debe tomar decisiones reglamentarias oportunas que normen este servicio, por ejemplo se puede iniciar elaborando un Plan Nacional de Transición a la Televisión Digital Terrestre que debe establecer un marco básico de actuación para un cese ordenado

y coordinado de las emisiones de televisión con tecnología analógica que garantice la transición armónica a la TDT. En este Plan se debe elaborar un calendario de transición en el que deben ser tomados en cuenta los siguientes aspectos:

- Debe existir flexibilidad y gradualidad en el proceso para la instalación de las estaciones de televisión digital terrestre, iniciando con presencia en las actuales coberturas analógicas para posteriormente, replicarlas.
- Es conveniente establecer períodos de desarrollo revisables dentro de este proceso, considerando que se trata de una nueva tecnología y que los montos de inversión requeridos deberán realizarse de acuerdo con la evolución del propio proceso.
- Deben establecerse metas mínimas con base en la densidad poblacional y el número de canales existentes.

A continuación, las propuestas y recomendaciones que se presentan están elaboradas en base a Leyes, Reglamentos, Resoluciones y Normas técnicas vigentes en el Ecuador hasta diciembre 31 del 2009, que están expresamente descritas en el apartado de bibliografía del presente documento.

4.2 MODIFICACIONES DE LEY NECESARIAS

Se recomienda que en el Ecuador las acciones antes, y durante la etapa de transición con miras a que sirvan de base luego de que se produzca el cese de las transmisiones analógicas sean las siguientes:

Inicialmente lo que corresponde es la firma del decreto presidencial en donde se resuelva, adoptar en todo el territorio nacional el estándar de Televisión Digital Terrestre recomendado por la comisión encargada de realizar las pruebas, informes

y el proyecto de normativa, que se conformó mediante resolución N° STL-2008-0059 del 6 de mayo del 2008, y que luego fue reestructurada mediante resolución N° STL-2009-0038 del 5 de febrero del 2009.

En este documento debe estar explícitamente descrita la política de transición a la Televisión Digital Terrestre que se va a seguir en el país, y también las modificaciones a la ley de radiodifusión y televisión para que todo lo que se vaya a actuar no esté en contra de la ley.

Dentro de las modificaciones más básicas deberían estar las siguientes:

LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN

Título I

DE LOS CANALES DE DIFUSIÓN RADIADA O TELEVISADA

Art. 1.-...”Se entiende por televisión la comunicación visual y sonora unilateral a través de la emisión de ondas electromagnéticas para ser visualizadas y escuchadas por el público en general”...

Recomendación:

Se debe extender la definición de televisión en concordancia con el concepto de la Televisión Digital Terrestre que es un servicio integral, interactivo y que puede converger con otras tecnologías.

LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN

Título III

DE LOS CONCESIONARIOS

Art. 9.- (Reformado por el Art. 7 de la Ley s/n R.O. 691, 9-V-95) “Toda persona natural o jurídica ecuatoriana podrá... obtener del Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, la concesión de canales o frecuencias radioeléctricos... por un período de diez años”...

Recomendación:

Hay que revisar el período de concesión de 10 años o crear un argumento legal que les permita a los concesionarios verdaderamente comprometidos con la política de transición renovar sus concesiones sin ningún problema. Todo esto debido a que el proceso de transición a la Televisión Digital Terrestre es un periodo largo, como se mencionaba anteriormente de acuerdo a la experiencia internacional puede ser de 8 a 15 años.

LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN

Título III

DE LOS CONCESIONARIOS

Art. 10.- (Reformado por el Art. 8 de la Ley s/n, R.O. 691, 9-V-95).-
“Ninguna persona natural o jurídica podrá obtener, directa o indirectamente, la concesión en cada provincia de más de un canal de onda media, uno de frecuencia modulada y uno en cada una de las nuevas bandas que se crearen en el futuro, en cada provincia, ni de más de un canal para zona tropical en todo el país, y un sistema de televisión en la República”.

Recomendación:

Se debería revisar este artículo y los contratos de concesión, puesto que podrían ocasionar problemas, debido a que para llevar a cabo el proceso de transición a la Televisión Digital Terrestre, es necesario que los concesionarios cuenten con la asignación temporal de un canal adicional para realizar transmisiones digitales simultáneas de la programación transmitida por cada canal analógico. Este mismo tratamiento deberían tener las frecuencias auxiliares que se utilizan para la difusión de la televisión.

LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN

Capítulo V

DE LA POTENCIA

Recomendación:

Debería incluirse en este capítulo tanto las consideraciones mínimas como máximas de potencia del estándar adoptado, en base al tipo de cobertura que tengan y a las pruebas técnicas realizadas con anterioridad durante la etapa previa a la adopción del estándar, como también de las que deben realizarse previo al inicio de las transmisiones que recibirá el público en general .

4.3 NORMA TÉCNICA

En primer lugar la norma técnica que sería innovadora en su ámbito en el Ecuador, debería estar elaborada en relación con las especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre del estándar adoptado, así como también del plan de frecuencias que se habilite para el propósito de la difusión de la Televisión Digital.

Luego, una vez que la etapa de transición se haya terminado, debería elaborarse la norma técnica final en donde se incluya las especificaciones técnicas de receptores, del sistema de transmisión, la distribución de frecuencias y las áreas de cobertura.

Uno de los puntos claves en este proceso es la planificación de la distribución de las frecuencias, puesto que será necesario transmitir simultáneamente señales analógicas y digitales para garantizar a la sociedad, la continuidad del servicio de televisión. En virtud de que, conforme a estudios realizados de los estándares de Televisión Digital Terrestres disponibles en el mundo, y principalmente del estándar DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING) el cual es

propósito de este estudio, se determina que las transmisiones digitales no se pueden realizar en el mismo canal por el que actualmente se transmiten las señales de televisión analógicas, por tanto es indispensable la asignación de un canal adicional para llevar a cabo las transmisiones simultáneas de las señales de televisión analógica y digital.

4.3.1 PLANIFICACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

En efecto, la posibilidad de destinar al desarrollo de servicios de telecomunicaciones avanzados la banda hoy empleada en televisión VHF, que tiene grandes posibilidades tecnológicas, tanto por su envergadura espectral, como por la calidad de su propagación de señales, determina la necesaria migración de los actuales concesionarios de televisión desde la banda VHF que utilizan actualmente a la banda UHF, en la que debería producirse las transmisiones digitales, generando así lo que se ha conocido como el “dividendo digital”.

Bajo este concepto, y adicionalmente tomando en cuenta que una de las ventajas de la Televisión Digital Terrestre es que se puede tener canales adyacentes, ya que no hay interferencia, se recomienda lo siguiente:

- a) Compartir la banda UHF tanto para televisión analógica como para televisión digital.
- b) Habilitar la banda de Televisión Codificada UHF (686 a 806 MHz; Canales 50-70) para la Televisión Digital Terrestre.
- c) Asignar y distribuir de manera ordenada las frecuencias para la transmisión de Televisión Digital Terrestre.

a) Dadas las bandas asignadas a televisión:

- Televisión VHF

Banda I: de 54 a 72 MHz; Canales 2 al 4 y de 76 a 88 MHz;
Canales 5 a 6

Banda III: de 174 a 216 MHz, Canales 7 al 13

- Televisión UHF

Banda IV: de 500 a 608 MHz; Canales 19 al 36 y de 614 a 644
MHz; Canales 38 al 42

Banda V: de 644 a 686 MHz; Canales 43 al 49

Y los grupos de canales:

- Para televisión VHF:

A1 2, 4, 5

A2 3, 6

B1 8, 10, 12

B2 7, 9, 11, 13

- Para Televisión UHF:

G1 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35

G2 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36

G3 39, 41, 43, 45, 47, 49

G4 38, 40, 42, 44, 46, 48

Se recomienda compartir la banda UHF tanto para televisión analógica como para televisión digital (Tabla 4.1), tomando en cuenta las especificaciones mínimas de interferencia entre canales adyacentes:

Televisión Analógica	
Banda UHF	
Grupo	Canales
G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
G4	38, 40, 42, 44, 46, 48
Televisión Digital	
Banda UHF	
Grupo	Canales
G1*	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
G2*	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
G3*	38, 40, 42, 44, 46, 48
G4*	39, 41, 43, 45, 47, 49

Tabla 4.1 Banda UHF para TV analógica y digital

Fuente: Elaboración Propia

- b) Dado el resumen estadístico del número de estaciones de radiodifusión, televisión y TV por suscripción elaborado por la Superintendencia de Telecomunicaciones (ANEXO 2); por provincia máximo se tiene un número de 29 estaciones de televisión, y 7 de televisión codificada terrestre, considerando también las zonas geográficas en que actualmente están distribuidos los canales (ANEXO 3); y utilizando lo propuesto en el literal a), se requiere de un espectro mínimo disponible de 252MHz para que se pueda dar la transmisión simultánea de señales de televisión digital y analógicas. Es por ello que se recomienda también habilitar la banda de Televisión Codificada UHF (686 a 806 MHz; Canales 50-70) para la Televisión Digital Terrestre, así se tendría un espectro de 300MHz, que es más que suficiente para este proceso de transición a la Televisión Digital Terrestre.
- c) La posibilidad óptima de manejar la distribución de canales, sería que las estaciones conserven su frecuencia para transmisión analógica y asignarles otra para la transmisión en digital.

Ejemplo:

Televisión Analógica y Digital	
Bandas: UHF y TV codificada UHF	
Grupo	Canales
G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
G4	38, 40, 42, 44, 46, 48
G1*	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
G2*	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
G3*	38, 40, 42, 44, 46, 48
G4*	39, 41, 43, 45, 47, 49
G5	50-70

Para zonas en que estén habilitados los grupos G1 y G3, también se habilitan G1*, G3* y G5. Para zonas en que estén habilitados los grupos G2 y G3, también se habilitan G2*, G3* y G5. Esto se cumpliría así sucesivamente en todas las zonas.

Ahora, la asignación de la frecuencia para Televisión Digital Terrestre sería de mayor a menor, al canal con mayor cobertura se le asignaría el canal 19 o 20 dependiendo de la zona en que éste brinde su servicio. Es decir, al canal con mayor cobertura, se le asignaría el número de canal menor disponible para Televisión Digital Terrestre en la zona en que este difunda su señal.

Luego de que el proceso de transición termine, necesariamente se requiere que haya una reestructuración de las frecuencias para que no haya frecuencias sin utilizar, y optimizar el espectro radioeléctrico.

Cabe recalcar que lo expuesto es una propuesta muy básica para ser tratado como un Plan de distribución de frecuencias. Dicho plan requiere de un estudio aparte muy detallado.

4.3.2 NORMA TÉCNICA QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS QUE DEBERÍAN CUMPLIR LOS RECEPTORES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La norma técnica para televisores con norma integrada, decodificadores y receptores móviles, es un paso importante que se debería dar para favorecer la importación y comercialización de equipos en el marco de la implementación de la Televisión Digital Terrestre gratuita de libre recepción.

Es importante señalar que la norma que se propone a continuación se refiere únicamente a las características técnicas mínimas necesarias y no excluye otras funcionalidades adicionales que los fabricantes podrían incorporar en sus equipos receptores en pos de aportar en calidad técnica y operativa. La norma está realizada no en base a un estándar de Televisión Digital Terrestre en particular, sino en forma general, tomando en cuenta la norma de televisión analógica vigente en el Ecuador, las principales características de la Televisión Digital Terrestre y ciertos parámetros que deberían tenerse en cuenta durante la etapa de transición.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	OBSERVACIONES
CANALES DE RECEPCIÓN TV DIGITAL	
VHF: Canales 2 al 13	Opcional para TV Móvil
UHF: Canales 19 al 70	
ANCHO DE BANDA DE EMISIÓN	
TV Fija: 6MHz	
TV Móvil:	Depende el estándar
NIVELES DE SEÑAL	
Nivel máximo de entrada:	
Nivel mínimo de entrada:	Dependen el estándar
INTERFERENCIAS TRANSMISIÓN ANALÓGICA	
Co-canal: $\leq +18\text{dB}$	
Canal adyacente inferior: $\leq -6\text{dB}$	
Canal adyacente superior: $\leq -12\text{dB}$	

INTERFERENCIAS TRANSMISIÓN DIGITAL

Co-canal:

Canal adyacente inferior:

Dependen del estándar.

Canal adyacente superior:

DESMAPEADOR

QPSK

16QAM

64QAM

Básicos en TV fija, en TV móvil depende del estándar si son o no aplicables.

INTERFACES EXTERNAS

Entrada de antena: Terminal tipo F, 75Ω, desbalanceado

Opcional para receptores móviles

Salida de antena: Terminal tipo F, 75Ω, desbalanceado

Opcional para televisores integrados y receptores móviles

Salida de video & audio analógico: Terminal tipo RCA

Opcional para televisores integrados y receptores móviles

Salida de video & audio digital: Terminal tipo HDMI

Obligatorio para convertidores con salida de video digital HD

CODIFICACIÓN DE VIDEO

TV Fija:

TV Móvil:

Dependen del estándar

CODIFICACIÓN DE AUDIO

TV Fija:

TV Móvil:

Dependen del estándar

FORMATO DE SALIDA DE VIDEO, RAZÓN DE ASPECTO Y RESOLUCIÓN

Formato	Razón	Resolución	
525i (480i)	4:3	720x480	Obligatorio para todos los decodificadores y receptores integrados.
525i (480i)	16:9	720x480	
525p (480p)	16:9	720x480	
750p (720p)	16:9	1280x720	
1125i (1080i)	16:9	1920x1080	Obligatorio para los decodificadores y receptores, con salida de video digital HD.

TV Móvil:

Depende del estándar

TASA DE CUADROS (FRAME RATE)

TV Fija: 60Hz

TV Móvil:

Depende del estándar

BUSCA Y ALMACENAMIENTO DE CANALES

Busca automática de canales

Busca automática periódica de canales

Re-scan periódico de canales

Canal virtual	El número de canal digital virtual corresponderá al número identificador empleado por los televidentes para sintonizar un canal digital, y no necesariamente corresponderá al canal analógico anteriormente empleado por un determinado operador. Así mismo, tampoco corresponderá al número de canal físico en uso.
Canales lógicos	Corresponderán a los diversos canales transmitidos, sobre un mismo canal físico de 6MHZ. En el caso de multiprogramación, canal primario será el principal y secundarios serán los restantes.
OTRAS	
Canales para TV analógica (NTSC-M) VHF Canales 2 al 13 UHF Canales 19 al 49	Requisito obligatorio para los televisores integrados durante el período de transición.
Idioma (para interfaz escrita con el usuario): Español	
Alimentación de energía eléctrica: 110V/220V; 60Hz	

Tabla 4.2 Propuesta de Norma Técnica para receptores de TDT

Fuente: Elaborado a partir de "Chile, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES.

Resolución extensa N°721.9, Santiago, 30 de diciembre 2009"

4.4 PROPUESTA DE REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR

A continuación se propone el Reglamento para la Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador, fundamentado en ideas generales, que tiene como objetivo dar a conocer los parámetros reglamentarios básicos que deben

ser tomados en cuenta a la hora de que las autoridades pertinentes en el Ecuador; una vez adoptado el estándar; presenten al público en general el Reglamento de Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrestre y con ello tener una conciencia crítica.

PROPUESTA DE REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL ECUADOR

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto.

Este reglamento tiene por objeto el establecimiento de las condiciones básicas para la prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre.

Artículo 2.- Definiciones

El servicio de televisión digital terrestre consiste en la prestación del servicio de difusión de televisión digital utilizando como soporte ondas hertzianas terrestres.

La televisión digital (DTV): es aquella en la cual se transmite, recibe y procesa señales de audio, video y datos de manera discreta 1s y 0s, en contraste con la forma continua usada por la TV analógica.

Estación de televisión digital terrestre: es un transmisor con su antena e instalaciones accesorias, necesarias para asegurar el servicio de televisión digital en un área de operación autorizada.

Frecuencias auxiliares del servicio de Televisión Digital Terrestre: son las frecuencias atribuidas a los servicios fijo y móvil y que son necesarias para la operación y funcionamiento de la Televisión Digital Terrestre; estas frecuencias corresponden a los enlaces radioeléctricos entre estudio-transmisor, enlaces de conexión ascendente y descendente satelitales y entre estaciones repetidoras así como las frecuencias para operación remota.

Artículo 3: Naturaleza jurídica.

La Televisión Digital Terrestre es un servicio gratuito de interés general, que se presta en régimen de libre competencia, en las condiciones establecidas en el presente reglamento.

Artículo 4: Régimen jurídico.

El régimen jurídico fundamental por el que se regirá la prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre está constituido por todas las disposiciones de ley que a bien tenga en esta materia la República del Ecuador.

CAPÍTULO II

CLASIFICACIÓN POR EL DESTINO DE LAS EMISIONES

Artículo 5.- Las estaciones de Televisión Digital Terrestre se clasifican en las siguientes:

- a) Estaciones públicas, y
- b) Estaciones comerciales privadas.

a) Estaciones Públicas.- Son las destinadas al servicio colectivo, sin fines de lucro y no pueden cursar publicidad comercial de ninguna naturaleza. Las mismas transmitirán programación cultural, educativa y asuntos de interés general. Es decir programas que propicien el desarrollo socioeconómico y cultural, el sano

esparcimiento y los valores esenciales de nacionalidad, dentro de un ámbito de integración y solidaridad ciudadana.

b) Estaciones comerciales privadas.- Son las que tienen capital privado, funcionan con publicidad pagada y persiguen fines de lucro.

CAPÍTULO III DE LAS CONCESIONES

Artículo 6.- La explotación del servicio de Televisión Digital Terrestre requerirá el correspondiente título habilitante.

Artículo 7.- El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión autorizará a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones exclusivamente las concesiones de frecuencias para la prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre, de acuerdo a la ley, las normas técnicas, administrativas, planes de uso de frecuencias y los convenios internacionales ratificados por el país en esta materia.

Artículo 8.- Las concesiones se renovarán sucesivamente, por períodos de diez años, previa Resolución del Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, CONARTEL, para cuyo efecto la Superintendencia de Telecomunicaciones remitirá al CONARTEL, obligatoriamente, con período razonable de anticipación al vencimiento del contrato, un informe de comprobación de que la estación realiza sus actividades con observancia de la Ley y los Reglamentos. Igualmente, con la misma oportunidad, la tesorería del CONARTEL emitirá un informe de cumplimiento de obligaciones económicas.

Artículo 9.- La Superintendencia de Telecomunicaciones en atribución a leyes, normas, reglamentos y convenios internacionales ratificados por el país en materia de Televisión Digital, es el organismo encargado de determinar el tipo y los límites de

la concesión que será otorgada a los permisionarios para que exploten el servicio de Televisión Digital Terrestre. Esto incluye también áreas de cobertura del servicio.

CAPÍTULO IV DE LA POTENCIA

Artículo 10.- El rango de potencia en el que puedan operar las estaciones de Televisión será determinado sobre la base de estudios técnicos de interferencia y calidad de servicio en el área de cobertura de la estación que para el efecto realizará la Superintendencia de Telecomunicaciones.

CAPÍTULO V PLAN NACIONAL DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Artículo 11.- La Superintendencia de Telecomunicaciones elaborará para la aprobación del CONARTEL el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión digital.

Artículo 12.- El Plan Nacional de Distribución de frecuencias, contendrá, entre otros aspectos, los planes de frecuencias específicos para las estaciones de:

- Radiodifusión en onda media, onda corta, y frecuencia modulada;
- Televisión Digital Terrestre;
- Radiodifusión y televisión por satélite;
- Transporte de audio, video y datos; y,
- Planes de distribución para las frecuencias auxiliares para radiodifusión y televisión digital.

CAPÍTULO VI DE LAS TARIFAS

Artículo 13.- Las tarifas y tasas por derechos de concesión que deberá abonar el concesionario a la Superintendencia de Telecomunicaciones de acuerdo al destino de la concesión, serán las que apruebe mediante resolución el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión.

Artículo 14.- Para efectos de pago de las tarifas se considera parte integrante de la frecuencia principal todas las frecuencias auxiliares que se utilizan para la difusión de la Televisión Digital Terrestre.

CAPÍTULO VII DE LA COMUNICACIÓN

Artículo 14.- Dado que la prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre es una tecnología que brinda una extensa gama de servicios adicionales, es competencia de la Superintendencia de Telecomunicaciones y del Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, elaborar el documento integrante a este reglamento que norme y regule dentro de varios aspectos los siguientes:

- Programación
- Servicios adicionales
- Producción y propiedad intelectual
- Prohibiciones
- Obligaciones sociales
- Infracciones y Sanciones.

DISPOSICIÓN FINAL

El presente Reglamento entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los seres humanos a través del tiempo hemos sido testigos de cómo la tecnología ha ido transformando nuestra forma de vida, el aparecimiento de los dispositivos electrónicos y de la computadora lo cambio todo, pues permitió facilitar y agilizar nuestras tareas y en cuanto a las comunicaciones, las controló. Hoy la tecnología nos presenta otro gran reto; la Televisión Digital Terrestre, que ya no es sentarse pasivamente frente a una “caja boba” como se la llamaba a la televisión en el siglo 20, ahora el avance tecnológico permite una interacción plena del usuario con el medio de comunicación bidireccional.

- La Televisión Digital Terrestre permite transmisiones en las que la imagen, el sonido y los contenidos se transforman en información digital. Esta información se envía mediante ondas terrestres y es recibida a través de las antenas convencionales instaladas en los hogares.

- La Televisión Digital Terrestre respecto de la televisión analógica es mucho más flexible, y con una calidad de imagen y sonido superiores, que muchos equiparan a la que se consigue con el DVD, pero totalmente gratuita para el espectador. Con la TDT el número de cadenas se multiplicará y es que el acceso a la emisión de cadenas locales, nacionales e internacionales, junto a las de nueva creación harán más plural la oferta televisiva. Si en un principio la Televisión Digital Terrestre solo será una réplica de algunos de los contenidos analógicos, en muy poco tiempo, luego de la implementación ya se podrán ver contenidos específicos para Televisión Digital Terrestre.

- La Televisión Digital Terrestre es un nuevo concepto en televisión con alta definición de imagen y sonido, que permite la transmisión de programaciones de manera simultánea con contenidos interactivos en un mismo canal. La nueva tecnología no rompe del todo con el tipo de televisión que se hace en analógico. Los contenidos seguirán respondiendo a los índices de audiencia, que están más repartidos al haber más oferta. La televisión digital de pago no va a desaparecer con la nueva Televisión Digital Terrestre. Esta se reservará, como hasta ahora, la retransmisión de los grandes acontecimientos deportivos y de los estrenos más esperados.
- A pesar de que la Televisión Digital Terrestre aprovecha las frecuencias de emisión de los actuales canales analógicos y también de su misma red terrestre de transmisión, la digitalización de las ondas de la señal de televisión implica una optimización del espectro radioeléctrico. En concreto, se puede procesar fácilmente la información y suprimir los datos menos relevantes o redundantes de la señal original comprimiéndola hasta su centésima parte. Así, para una misma onda será posible enviar mucha más información que sin digitalizar. Actualmente, a cada rango de frecuencia le corresponde un canal analógico, pero con la digitalización puede transmitirse entre 4 y 8 programas, dependiendo de la calidad deseada en la recepción. Por otro lado, la señal digital es más robusta ante las interferencias y se podrá reducir la distancia de seguridad que actualmente existe entre cada canal. Esto permitirá disponer en el futuro de más frecuencias de emisión, y por tanto, de más canales para transmitir programas.

En conclusión como resultado de la digitalización se tendrán más canales y más programas por cada canal, además de la transmisión simultánea de imagen, sonido y datos. No obstante, hay que velar por una administración óptima del espectro radioeléctrico que evite retraso en la recepción de la imagen para garantizar una calidad tipo DVD.

- La Televisión Digital Terrestre cuenta con numerosas e importantes ventajas ante las actuales emisiones en analógico: una oferta más amplia de programas, mejor calidad de imagen, sonido y nuevos servicios interactivos. La incorporación de esta nueva tecnología aporta un nuevo modelo de comunicación que combina complejas consideraciones técnicas, sociales, económicas y legales, pero representa para todo el mundo y en todas partes el acceso generalizado a los servicios de la sociedad de la información y, por lo tanto, la Televisión Digital Terrestre contribuirá definitivamente a la alfabetización de todos los ciudadanos en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.
- El uso de la Televisión Digital Terrestre para prestar servicios de información, incluidos los servicios interactivos, representa una importante oportunidad para promover la inclusión social, es decir, para proporcionar educación, atención sanitaria, social y otros importantes servicios para los espectadores de todos los segmentos socioeconómicos, incluidos los ciudadanos que nunca podrán ser dueños de un computador.
- La Televisión Digital Terrestre es una televisión participativa e interactiva que permitirá, por ejemplo, la selección del idioma de una película, elegir subtítulos, escoger formatos, acceder a información complementaria: estadísticas de un partido de fútbol, tiempos de cada uno de los participantes en una carrera, etcétera, utilizar servicios específicos de información de modo similar a internet, responder a encuestas o concursar desde un receptor fijo o móvil. El aumento de la interactividad implica una mayor personalización de la programación y por lo tanto es probable que se tienda cada vez más a un único receptor de televisión para cada usuario de la familia. Además, deberán aprender a gestionar la múltiple oferta de programación, o sea, decidir qué, cuándo y cómo se quiere ver, eligiendo entre las docenas de canales de ámbito nacional, autonómico o local con contenidos generalistas y temáticos. Por lo tanto, ante el elevado aumento de la oferta y la disponibilidad de

canales de datos y de interactividad, hay que seleccionar los programas que ofrezcan calidad y valor añadido a sus contenidos.

- La transición a la radiodifusión de Televisión Digital Terrestre representa importantes oportunidades para promover el desarrollo de la industria, la creación de empleo y el crecimiento económico, en función de las características individuales de cada país y las decisiones políticas que adopte.
- Con la implementación de la Televisión Digital Terrestre el mayor beneficiario sin duda es el público que podrá decidir más activamente, y podrá elegir entre mayor número de canales. Además, dado que está concebida como una televisión interactiva, en un futuro mediante el acceso a Internet se podrán realizar compras o incluso ejercer el voto para unas elecciones... pero todo esto a más largo plazo.
- Mundialmente la Televisión Digital Terrestre está operando con cuatro estándares: el Americano ATSC (ADVANCE TELEVISION SYSTEM COMMITTEE), el Europeo DVB-T (DIGITAL VIDEO BROADCASTING - TERRESTRIAL), el Japonés ISDB-T (INTEGRATED SERVICE DIGITAL BROADCASTING - TERRESTRIAL) y el Chino DTMB (DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING) que es objeto de este estudio.

El estándar Chino de transmisión de Televisión Digital Terrestre, DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) es la promulgación de una plataforma tecnológica de innovación independiente. Provee los mejores términos en derechos de propiedad intelectual ya que estos pertenecen al Gobierno Chino. DTMB no sólo da soporte a la transmisión de SDTV, HDTV y datos multimedia, la norma también puede satisfacer las necesidades de servicios fijos y móviles que se reciben en extensas zonas de cobertura.

Dentro de los logros de esta tecnología de innovación independiente, es que abre una brecha respecto de los otros estándares, integrando técnicas de modulación de una sola portadora y múltiples portadoras, además cuenta con varias innovaciones tecnológicas importantes como por ejemplo TDS-OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), LDPC(Low Density Parity Check), etc. Formando así un conjunto de tecnologías propias, que lo hacen ver superior al estándar DTMB respecto de los otros que actualmente existen en el mundo.

- La innovación tecnológica básica del estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) es sin duda el sistema de modulación que utiliza TDS-OFDM (Time Domain Synchronous – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), que se caracteriza primordialmente porque inserta secuencias binarias pseudoaleatorias (PN), que además de cumplir con varias funciones, actúan como intervalos de guarda de los símbolos OFDM para lograr la sincronización y estimación del canal más rápidamente (procesamiento en dominio del tiempo). Esta virtud es muy importante y útil para prestar servicios que requieren de altas tasas de transmisión.
- El estándar de Televisión Digital Terrestre DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) dado que pone en funcionamiento una codificación de canal muy avanzada, cuenta con un sobresaliente umbral de recepción que es propicio para brindar servicios de larga distancia como los servicios móviles y portables. La consecuencia básica es que la tasa de error de bit (BER) bajo interferencias y efectos multicamino ha sido reducida significativamente.
- Basándose en el buen desempeño, una mayor eficiencia espectral, una excelente escalabilidad, y las necesidades de satisfacer las diferentes aplicaciones en áreas urbanas y rurales, el estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting) ha impulsado un rápido y ordenado desarrollo

sostenible de la industria digital de la televisión en la República Popular de China, con el objetivo principal de desempeñar un papel activo en satisfacer mejor las necesidades de las grandes masas de personas.

- Para satisfacer los servicios de movilidad y portabilidad del estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting), los Chinos desarrollaron varias opciones de entre las cuales sobresale el estándar CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting), que originalmente nació por separado del estándar DTMB pero que luego mediante la fusión e implementación de otras tecnologías como STIMI (Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure), se fue introduciendo en el esquema de transmisión del estándar DTMB. Además de que el estándar tiene muchas ventajas y permite trabajar por ejemplo con funciones como la de ahorro de energía, la característica fundamental de este estándar es que es muy robusto frente a interferencias, es decir es utilizable en lugares con ambientes inalámbricos muy complejos.
- Las tecnologías claves que se introducen en el estándar de Transmisión de Televisión Digital Terrestre Chino, tanto en la teoría como en los resultados de las pruebas que se presentan en este estudio, muestran que la aplicación de estas nuevas tecnologías traen beneficios importantes para el rendimiento del sistema. Cabe recalcar que el estándar DTMB está todavía en una especie de período de desarrollo y evaluación, ya que no se ha podido explotar completamente todas sus bondades, pero en el futuro, con la aparición incluso de nuevas tecnologías y las necesidades de nuevos servicios, este estándar llegara a su máxima expresión consumándose como uno de los estándares más completos para la transmisión de servicios multimedia.

5.2 RECOMENDACIONES

- A nivel de país el reto que deberían enfrentar los ingenieros eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones, es la implementación de la Televisión Digital en el Ecuador. Este cambio tecnológico como ya se ha mencionado implica que la televisión analógica poco a poco vaya siendo sustituida por la Televisión Digital, bajo un cronograma de acciones, que involucrarán cambios en leyes y normativas, tanto para los proveedores del servicio, entidades reguladoras, como para el usuario en general. Es por eso que esta nueva tecnología involucraría un compromiso de cambio para todos los ecuatorianos.
- Dada la experiencia internacional, los pasos a seguir en la implementación de la Televisión Digital Terrestre deben ser: primero escoger un estándar, luego establecer políticas, metas y la normatividad. En cuanto a las políticas se deberá establecer la elegibilidad de las licencias, asignación de licencias y canales, términos y condiciones de estas licencias, duración y renovación de licencias, alcance de los servicios, obligaciones de interés público, requisitos mínimos de servicio, horas de funcionamiento, grados de flexibilidad a radiodifusores, pagos por uso del espectro, planes para la transición, adjudicación y asignación de canales de TDT, plazos para la construcción de estaciones, cesación de radiodifusión de TV analógica y recaptura y re uso del espectro, agilización de la transición a la Televisión Digital Terrestre, generar la producción de programas de valor añadido, generar la distribución de programas, requisitos para cursar radiodifusión terrenal sobre otros medios de transmisión, requisitos para receptores TDT y otros productos electrónicos de consumo, requisitos de capacidad de recepción y decodificación en todos los receptores, posibles requisitos de desempeño de los receptores, compatibilidad con otros medios de transmisión, protección del contenido de la radiodifusión de televisión frente a la redistribución no autorizada y otros

elementos propios de nuestras necesidades como país, lo cual también llevará a contar con una normatividad.

- Los medios de difusión, deberían constituir un vehículo catalizador de integración y unión en lo cultural, social, económico y político de los pueblos, reduciendo la desigualdad socioeconómica, logrando la inclusión social y la participación ciudadana, fortaleciendo de esta manera la democracia y evitando las asimetrías en el marco de una verdadera soberanía e independencia de los Estados. Por tal razón es imprescindible su participación en el proceso de transición a la televisión digital. Estos deberían involucrarse en el análisis no solo desde el punto de vista técnico, sino también económico y comercial, que se hicieren para efectos de la determinación del estándar a ser aplicado en cualquier país del mundo.
- Para el proceso de implantación de la Televisión Digital Terrestre se recomienda que desde sus inicios se realice una campaña publicitaria muy agresiva concienciando el cambio oportuno que deben llevar a cabo cada uno de los espectadores para poder seguir recibiendo de manera libre y gratuita la televisión en sus hogares. Con esto se garantiza el impulso y la penetración que la Televisión Digital Terrestre requiere, y además permite estar preparada a la población de cara a lo que será finalmente el apagón analógico.
- La transición a la televisión digital debe ser precedida por la implementación de una regulación en telecomunicaciones, que garantice la libertad de condiciones para todos los involucrados en ella. Donde debe primar el acceso abierto, libre y gratuito a la Televisión Digital Terrestre.
- Finalmente puedo concluir que la implementación de la Televisión Digital Terrestre es un paso importante que se debe tomar para introducir a países como el Ecuador en la nueva era tecnológica “la era digital”. Y más aun

serviéndose de un estándar para transmisión de Televisión Digital Terrestre como el Chino que ha demostrado ser técnicamente superior a sus contrincantes, por todas las fortalezas que se le otorgan al utilizar innovaciones tecnológicas más avanzadas que pudieron ser descritas de manera concisa en este estudio. Adicionalmente hay que mencionar que un estándar de TDT no representa solamente aspectos técnicos, sino también otros, como la capacidad productiva y comercial que también han demostrado ser muy favorables para el caso del estándar DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting). A pesar de aquello hay ciertos ámbitos como los políticos, culturales y socioeconómicos que de alguna u otra manera influyen en la parcialidad a la hora de tomar decisiones tan importantes como la de implementar la Televisión Digital Terrestre en un país, ejemplo el Ecuador, donde el estándar DTMB salió victorioso en las pruebas técnicas, pero influyeron aspectos como: el impacto socioeconómico, la cooperación Internacional y el despliegue, a la hora de optar por el estándar de TDT.

Por último la normatividad y la reglamentación también son aspectos muy importantes a tenerse en cuenta para una legal y ordenada implantación de la Televisión Digital Terrestre. Espero realmente con lo presentado en este documento, haber dado a conocer los parámetros legales y reglamentarios que deberían ser tomados en cuenta a la hora en que las autoridades pertinentes en el Ecuador; una vez adoptado el estándar y realizado el análisis regulatorio pertinente; presenten al público en general el reglamento de prestación del servicio de Televisión Digital Terrestre, y con ello a su debido tiempo fomentar una conciencia crítica.

BIBLIOGRAFÍA

- “Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System”. Chinese National Standard GB 20600—2006. Standardization Administration of the People's Republic of China. China. 2006.
- UIT Radiocommunication Study Groups, Task Group 11/3, “A Guide to Digital Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands”. Document 11-3/3-E. 15 Enero 1996.
- Inter-American Telecommunication Commission (CITEL), “Guía de Implementación de Radiodifusión de Televisión Terrenal Digital”. CCP.II-RAD/doc. 811/05 rev.2. © CITEL. Octubre 2005.
- Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), Revista Institucional de la Superintendencia de Telecomunicaciones, N°3. Qui to, Ecuador. Diciembre 2008.
- Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), Revista Institucional de la Superintendencia de Telecomunicaciones, N°4. Qui to, Ecuador. Febrero 2009.
- Wikitel (Compendio profesional de Tecnología de la Información y Telecomunicaciones patrocinado por la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de España (CMT)). Televisión Digital Terrestre.
http://es.wikitel.info/wiki/Televisión_digital_terreste
- Digital Terrestrial Television Action Group (DigiTAG). DTT INFO
<http://www.digitag.org/>

- Gobierno de España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. TDT Televisión Digital Terrestre.
<http://www.televisiondigital.es/>
- Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Comisión multisectorial TV Digital Terrestre. Guía para el Usuario sobre TV Digital.
www.mtc.gob.pe/portal/tdt/inicio.html
http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/TV_DIGITAL_EXPLICATIVO_usuario_Final_04112008.pdf
- J. Song; Z. Yang; L. Yang; K. Gong; C. Pan; J. Wang; Y. Wu, “Technical review on Chinese Digital Terrestrial Television Broadcasting Standard and Measurements on Some Working Modes”. Broadcasting. IEEE Transactions on, vol.53, n^o 1, pp.1-7. Marzo 2007.
- W. Zhang; Y. Guan; W. Liang; D. He; F. Ju; J. Sun; “An Introduction of the Chinese DTTB Standard and Analysis of the PN595 Working Modes”. Broadcasting. IEEE Transactions on, vol.53, no.1, pp.8-13. Marzo 2007.
- J. Wang; Z. Yang; C. Pan; M. Han; L. Yang, “A combined code acquisition and symbol timing recovery method for TDS-OFDM”. Broadcasting. IEEE Transactions on, vol. 49, pp. 304-308. Septiembre 2003.
- Yunfeng, Guan; Weiqiang, Liang; Dazhi, He, “ADTB-T Technology in National DTTB Standard. Television Technology. Vol.12. 2006.
- MODIBEC (Cooperation on Digital Broadcasting Convergence with Mobile Communications between Europe and China). DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting).
<http://www.modibec.org/>

- Presentación: Jian Song; DTV Technology R&D Center, Tsinghua University, “The Latest Development of Chinese Terrestrial DTV Standard DTMB”. Conferencia: Mobidec China National Event.
http://www.modibec.org/download/Events/2008/CHNE/Day%202-D4-2%20Song%20Jian-DTMB_Latest_Development20081027.pdf
- Superintendencia de Telecomunicaciones - Ecuador. Televisión Digital Terrestre – TDT.
www.supertel.gov.ec/
http://www.supertel.gov.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=130:articulos-relacionados&catid=53:television-digital-terrestre-tdt
 - Presentación: “Televisión Digital Terrestre en el Ecuador”. Quito. Mayo 2009.
http://www.supertel.gov.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=254:presentacion-tdt&catid=88:slides-institucionales
 - Presentación: Gerardo Mesías, “Nuevas Tecnologías para Televisión Terrenal Digital (DTTB)”. Cuenca. Septiembre 2007.
http://www.supertel.gov.ec/pdf/tdt/presentacion_dttb_cuenca.pdf
- CNTV (Comisión Nacional de Televisión-Colombia). Televisión Digital Terrestre
http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/
 - Estudios de TDT previos a la elección del estándar
http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/tdt_colombia.pdf
 - Presentación: Li Qingguo, “Digital Terrestrial TV in China”, Academy of Broadcasting Planning - SARFT. 2008.
http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/presentaciones_agosto_13/estandar_chino.pdf
 - Presentación: Pan Changyong, “Chinese Terrestrial DTV standard DTMB”. Zhongguancun DTV industry alliance, DTV technology R&D center of Tsinghua University. 2008.

http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/presentaciones_agosto_13/estandar_chino2.pdf

- Legend Silicon Corp, Digital Terrestrial TV and Broadcasting Solutions.
<http://www.legendssilicon.com/>
 - Company→Technololy (TDS-OFDM)
<http://www.legendssilicon.com/?t=1&m=1&v=17>
 - Company→GB20600-2006
<http://www.legendssilicon.com/?t=1&m=1&v=46>

- ATSC (Advanced Television Systems Committee).
<http://www.atsc.org/>

- DVB (Digital Video Broadcasting).
<http://www.dvb.org/>

- DiBEG (Digital Broadcasting Experts Group) – Promueve el estándar Japonés ISDB-T en el mundo.
<http://www.dibeg.org>

- Zhang, Chao; Xiao-Lin, Zhang; Cheng, Lu; Zhan, Zhang, “The Technical Analysis on the China National Standard for Digital Terrestrial TV Broadcasting”. School of Electronic Engineering, Beihang University, State of the art of Modibec project. 2007.

- Ming Liu, Matthieu Crussière, Jean-François Hérald, Pierre Pasquero, “Analysis and Performance Comparison of DVB-T and DTMB Systems for Terrestrial Digital TV”. Institute of Electronics and Telecommunications of Rennes (IETR). Rennes, France. 2008.

- NAB (National Association of Broadcasters), "China Approves DTV Standard". TV TechCheck Newsletter. Octubre 30. 2006.
- Tarrés Ruiz Francesc, "Sistemas Audiovisuales /1.- Televisión analógica y digital". Primera Edición. Ediciones UPC (Universidad Politécnica de Cataluña). Barcelona/ España. 2000.
- ISO (International Organization for Standardization), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Coding of Moving Pictures and Audio/ Overview of the MPEG-4 Standard". V.21. Marzo 2002
- Melús Moreno, José L; Cruselles Forner, Ernesto J, "Secuencias pseudoaleatorias para telecomunicaciones". Volumen 53 de Politext Series. Ediciones UPC (Universidad Politécnica de Cataluña). Barcelona/España. 1996.
- Juan Lan; Tiejun Huang; Qu Jun-Hua, "A Perception-based Scalable Encryption Model for AVS Audio". 2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2007), Beijing, China. pp1778-1781. 2007.
- Hao-Jun Ai; Shui-Xian Chen; Rui-Min Hu, "Introduction to AVS audio". Journal of Computer Science and Technology. Vol.21, Issue 3, Pages: 360 – 365. 2006.
- Robert G. Gallager, "Low-Density parity-Check codes". MIT Press Cambridge, Mass. 1963.
- Lei Ao; Lai Lin-Hui; Li Xiao-Jin; Lai Zong-Sheng, "Novel frequency synchronization for TDS-OFDM systems". Institute of Microelectronics, East China Normal University, Shanghai, China. 2008.

- Herrero, Carlos Enrique; López Arranz, Carlos Alberto, “Design of a simulation platform to test next generation of terrestrial DVB”. Tesis Universidad Politécnica de Cataluña. 2007.
- Raj Karamchedu; Legend Silicon Corporation, “China’s DTV standard revolutionizes broadcast”. Digital Television. EE Times-India, 2009.
- Roland A. Burger; Giovanni Lacovoni; Cliff Reader; [Xiaoming Fu](#); [Xiaodong Yang](#); Wang Hui, “A Survey of digital TV standards China”. Proceedings of ChinaCom 2007, Shanghai, China, Special Session on Digital Broadcasting and Mobile Convergence, IEEE. August 2007.
- Constantino Pérez Vega; José Zamanillo, “Fundamentos de Televisión Analógica y Digital”. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. España. 2003.
 - Presentación: Constantino Pérez Vega, “Control de Errores en Televisión Digital/Codificación de Canal”. Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria Santander– España. Septiembre 2008.
<http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Segunda%20sesion.pdf>
- Asia Television Limited; Television Broadcasts Limited, “Technical Test Report on the Digital Terrestrial Television Systems in compliance with the National Standard”. OFTA (Office of the Telecommunications Authority). Hong Kong. Junio 2007.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. TVD Televisión digital terrestre
http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/edic/base/port/inicio.html
- Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, “Estimación Preliminar del Impacto Económico que tendrá la Introducción de la Televisión

Digital en Chile”. Ministerio de Transporte Y Telecomunicaciones Chile, Consejo Nacional De Televisión. Santiago. Noviembre 1999.

- Zhan Zhang; Xiaolin Zhang; Chao Zhang; Cheng Lu; Yanzhong Zhang, “Key Technologies for Chinese Digital Television Terrestrial Broadcasting Standard”. School of Electronic Engineering, Beihang University, State of the art of Modibec project. 2007.
- Vergara González, José Mauricio, “Simulación de un Esquema de Modulación/Demodulación OFDM Utilizando un Modelo de Canal Multitrayectoria”. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Guayaquil-Ecuador. 2008
- S. A. Hama, "Convolutional interleaving for digital radio communications". Conference IEEE, ICUPC. pp. 443-447. 1993.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. IEE 3553 SISTEMAS DE CODIFICACION 1er Semestre 2007
<http://www.ing.puc.cl/esp/index.phtml>
<http://www2.ing.puc.cl/~iee3552/>
 - Presentación: Sistemas de Codificación, Low Density Parity Codes (LDPC)
<http://www2.ing.puc.cl/~iee3552/>
- FRIEDRICH EBERT STIFTUNG, Observatorio de Medios FUCATEL, “TV DIGITAL Manual para el uso de legisladores”. Diciembre 2008
<http://www.observatoriofucatel.cl/wp-content/uploads/2009/09/Manual-TV-digital1.pdf>

- CONARTEL, “REGLAMENTO GENERAL A LA LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN (Decreto No. 3398)”. Decreto 468. Registro Oficial 129. Ecuador. 18-VII-2007
- CONARTEL, “LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN (Decreto Supremo No. 256-A)”. Ley 89-2002. Registro Oficial 699. Ecuador. 7-XI-2002
- CONARTEL, “NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES (Resolución No. 1779-CONARTEL-01)”. Resolución No. 1779-CONARTEL-01. Suplemento del Registro Oficial 335. Ecuador. 29-V-2001
- CONATEL; SENATEL; DIRECCIÓN GENERAL DE RADIOCOMUNICACIONES, “PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS”. Ecuador. Septiembre 2000
- BOE (Boletín Oficial del Estado – España). Reglamentación <http://www.boe.es/>
 - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. REAL DECRETO 944/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Plan técnico nacional de la televisión digital terrestre. “REGLAMENTO GENERAL DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE”. BOE #181, pág. 27006-27013. Julio 2005
 - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. REAL DECRETO 945/2005, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento general de prestación del servicio de televisión digital terrestre. “PLAN TÉCNICO NACIONAL DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE”. BOE #181, pág. 27014-27016. Julio 2005
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes – México. “Acuerdo por el que se Adopta el Estándar Tecnológico de Televisión Digital Terrestre y se Establece la

Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre en México”. DOF. Diario Oficial de la Federación. Julio 2004

- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Telecomunicaciones. “FIJA NORMA TÉCNICA QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LOS RECEPTORES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (Resolución Núm. 7.219 exenta)”. Diario Oficial de la Republica de Chile N° 39.553. Enero 2010
- SUPERTEL, “RESOLUCION STL-2009-0038”. Quito – Ecuador. Febrero 2009