



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN MÉXICO

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

PRESENTAN:

JUDITH ESTEFANIA MONTOYA VAZQUEZ

THALIA IVONNE OCAMPO SANCHEZ

DIRECTOR: M.I. DAMIAN FEDERICO VARGAS SANDOVAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO 2012.



JUDITH ESTEFANIA MONTOYA VAZQUEZ , THALIA IVONNE
OCAMPO SANCHEZ :
*Televisión Digital Terrestre en México , Transición y futuro de la TV Di-
gital , © Agosto de 2012*

DEDICATORIA

A mi *familia* por ser las personas más maravillosas en este mundo.

A mi hermana *Carolina*, por sus sabios consejos que me orientaron por el camino recto de la vida, por todo su cariño y por ser un ejemplo a seguir. Te admiro y te quiero mucho.

A mis padres *Socorro y José Luis*, principalmente por haberme dado la vida y por su gran esfuerzo, determinación, amor y comprensión.

A mi sobrina *Daira*, en quien me inspiré para seguir adelante cada vez que tropezaba, pues deseo se sienta orgullosa de mí, y de quien estoy segura en un futuro llegará hasta este mismo punto al que yo he llegado.

A mis abuelos *Leovigilda y Juan*, a quienes quiero con todo mi corazón.

A mi hermana *Elizabeth*, por sus palabras que me enseñaron a defenderme en la vida.

A mi tutora la *Ing. Margarita Bautista*, a quien tengo la fortuna de conocer desde mi ingreso a la carrera, y a mi director de tesis el *M.I. Federico Vargas*, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo.

JUDITH ESTEFANIA MONTOYA VAZQUEZ

DEDICATORIA

A Dios el gran *Yo Soy*, quien es mi padre y mi mejor amigo, no me alcanzan las palabras para expresar todo lo que siento por él, puesto que ha estado conmigo siempre.

A mi madre *Josefina Sánchez*, quien es la persona que más admiro en este mundo, me ha guiado con sus sabios consejos y me ha dado todo su apoyo, comprensión, cariño y amor.

A mi hermano *José Ocampo*, por su ayuda y porque gracias a su ejemplo por salir adelante, me ha motivado a hacer lo mismo.

A mis hermanitos *Isaias Ocampo* y *Elizabeth Ocampo*, a quienes admiro mucho, me han enseñado, aconsejado, ayudado incondicionalmente y acompañado en los momentos más difíciles.

A mi profesora. Ing. *Margarita Bautista* por todo el apoyo que me ha dado cuando más lo he necesitado.

A mi director de tesis. M.I. *Federico Vargas*, quien me brindó la oportunidad de trabajar con él y sacar adelante este proyecto tan importante y valioso en mi vida.

THALIA IVONNE OCAMPO SANCHEZ

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de una investigación sobre la transición hacia la TDT en México. En este país, donde la plataforma terrestre tiene un papel dominante, la introducción de la TDT tiene que ser un proceso de participación conjunta entre la industria televisiva, los consumidores y las instituciones regulatorias. Los principales objetivos son: analizar las tecnologías, las decisiones políticas, los estándares y las experiencias en las transiciones en otros países; con el fin de mejorar el proceso de la transición en México.

ABSTRACT

In this work are presented the results of an investigation about the transition to DTT in Mexico. In this country, where the terrestrial platform has a dominant role, the introduction of DTT has to be a process of joint participation between television industries, consumers and regulatory institutions. The main objectives are analyze various technologies, political decisions, standards and experiences in the transitions in other countries, in order to identify lessons and conclusions that can help this process in Mexico.

*Los sueños se van construyendo con esfuerzo
constante, y se alimentan a diario con
dedicación y perseverancia.*
JEMV

AGRADECIMIENTOS

A mi *familia*, a quienes jamás encontraré la forma de agradecer su confianza y apoyo incondicional. Por haberme comprendido y ayudado en todo momento, y por haber entendido que había ocasiones en las que no podía convivir con ellos por la carga de trabajo que implicaba la carrera. Por esas horas de sueño que les robé, por mis desvelos y por ser las personas más importantes en mi vida.

A la *Universidad Nacional Autónoma de México*, mi *Alma Mater*, por haberme brindado una excelente formación tanto académica como humana.

A la *Facultad de Ingeniería*, que me otorgó el privilegio durante cuatro años y medio de adquirir conocimientos para mi formación profesional.

A mis *profesores*, quienes siempre siguieron de cerca mis pasos y me guiaron por el camino del conocimiento, y especialmente, a la *Ing. Margarita Bautista* y a mi director de tesis el *M.I. Federico Vargas*, quienes me brindaron su apoyo en todo momento y a quienes les debo mucho de lo que soy.

Finalmente, agradezco a mis amigas *Thalia y Luisa*, y a todas las demás personas que se han cruzado en mi camino, las cuales me han apoyado y por quienes siento gran aprecio.

JUDITH ESTEFANIA MONTOYA VAZQUEZ

AGRADECIMIENTOS

*Todo lo puedo en Cristo que me Fortalece.
Filipenses 4:13*

A la *Universidad Nacional Autónoma de México*, que me abrió sus puertas para alcanzar mi superación personal.

A mis *profesores* quienes me compartieron de su conocimiento.

A mis amigas *Estefania Montoya, Gabriela Trejo y Luisa Montiel* por su apoyo y amistad a lo largo de la carrera.

Y por último quiero agradecerles a todas aquellas personas que me animaron y confiaron en mí, algunas aún están conmigo, otras están con el Señor, no obstante a todos los llevo en mi corazón y en mis pensamientos.

THALIA IVONNE OCAMPO SANCHEZ

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ANTECEDENTES	3
2.1	Panorama Histórico	3
2.2	Televisión Digital Terrestre	9
2.3	Estándares para TDT	10
2.3.1	DVB-T	10
2.3.2	ATSC	11
2.3.3	ISDB-T	12
2.3.4	DTMB	12
2.4	Impacto de la TDT	13
2.5	Consideraciones Regulatorias para la TDT	14
2.6	El Apagón Analógico	15
3	TECNOLOGÍA EN TELEVISIÓN DIGITAL	17
3.1	Conceptos básicos	17
3.2	Principios básicos de la Televisión Analógica	18
3.3	Receptor a color	20
3.4	¿Para qué comprimir?	22
3.5	Fundamentos de Televisión Digital	24
3.5.1	Vídeo y Audio Digitales	26
3.5.2	Formatos de Vídeo Digital	27
3.5.3	Formatos de Audio Digital	33
3.6	Tipos de televisión digital	37
3.7	Transporte y multiplexaje	38
3.7.1	Estándar ISO/IEC 13818-1 MPEG-2	38
3.8	Transmisión TDT	39
3.8.1	Estándar ATSC	41
3.8.2	Estándar DVB	50
3.8.3	Estándar ISDB	65
3.8.4	Estándar DTMB	73
3.9	Recepción TDT	74
3.9.1	Estándar ATSC	74
3.9.2	Estándar DVB-T	75
3.9.3	Estándar ISDB-T	75
3.9.4	Tipos de Set Top Box	76
3.9.5	Mercado de los STB	77
4	TELEVISIÓN DIGITAL EN EL MUNDO	81
4.1	Televisión Digital en Europa	81
4.1.1	Televisión Digital Terrestre en Luxemburgo	83
4.1.2	Televisión Digital Terrestre en España	84
4.1.3	Televisión Digital Terrestre en Alemania	87
4.1.4	Televisión Digital Terrestre en Finlandia	91
4.1.5	Televisión Digital Terrestre en Francia	94

4.1.6	Televisión Digital Terrestre en el Reino Unido	96
4.1.7	Televisión Digital Terrestre en Suecia	100
4.2	Televisión Digital Terrestre en Asia	101
4.2.1	Televisión Digital Terrestre en Japón	101
4.3	Televisión Digital Terrestre en América	102
4.3.1	Televisión Digital Terrestre en Brasil	103
4.3.2	Televisión Digital Terrestre en EUA	108
5	TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN MÉXICO	115
5.1	Situación en México	115
5.2	Regulación de la TDT en México	115
5.2.1	Política de Televisión Digital Terrestre	116
5.2.2	Adelanto del Apagón Analógico	117
5.3	Transición a la TDT	126
5.4	Exigen cumplir con el apagón	135
5.4.1	Países que han adoptado el estándar	135
5.5	ATSC en México	135
5.5.1	Norma Oficial	137
5.6	Inicia oficialmente el proceso de licitación de televisión digital abierta	137
6	ALGUNAS REFLEXIONES Y CONCLUSIONES	139
6.1	Comenzando desde el principio: Elementos de comparación	139
6.1.1	Televisión digital sobre la analógica	139
6.1.2	Comparación de estándares (ATSC vs DVB vs ISDBT)	141
6.2	Conclusiones: Contrastando Experiencias	145
6.2.1	¿Qué tanto sabemos del apagón?	155
6.2.2	Otras consideraciones y recomendaciones	161
	REFERENCIAS	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estándares de TDT en el mundo, 2011 [50]. 10
Figura 2	Dividendo digital [sic] [145]. 16
Figura 3	Señal de luminancia [119]. 20
Figura 4	Intervalo de bloqueo vertical [119]. 21
Figura 5	Espectro del canal 2 [119]. 22
Figura 6	Diagrama general de transmisión y recepción de DTV [149]. 24
Figura 7	Secuencia de vídeo con imágenes I, P y B [75]. 29
Figura 8	Ubicación de los canales de audio 5.1 [52]. 36
Figura 9	Sistema ATSC [134]. 42
Figura 10	Multiplexaje en ATSC [75]. 43
Figura 11	Transmisión ATSC [134]. 44
Figura 12	Sistema ATSC-M/H [141]. 48
Figura 13	Sistema DVB-T [134]. 54
Figura 14	Codificación de canal DVB-T [134]. 55
Figura 15	Capas jerárquicas ISDB-T. 67
Figura 16	Configuración del sistema ISDB-T [141]. 70
Figura 17	<i>MPEG-2 TSP y Reed-Solomon-TSP (transmisión TSP)</i> [141]. 70
Figura 18	<i>Codificación ISDB-T</i> [113]. 71
Figura 19	Conformación de las capas de codificación para el modo jerárquico [75]. 72
Figura 20	Diagrama a bloques del receptor ATSC [75]. 74
Figura 21	Receptor DVB-T [75]. 75
Figura 22	Receptor ISDB-T [135]. 76
Figura 23	Global Digital TV Set Top Box Market Forecast [103]. 77
Figura 24	STB IC Market Value by Region, World Market Forecast: 2010-2016 [116]. 78
Figura 25	Número de receptores móviles y fijos en el mercado, 2009 [72]. 79
Figura 26	Receptores móviles y fijos de acuerdo con el estándar [72]. 79
Figura 27	Mensaje de aviso mostrado en la pantalla del televisor al concluir las transmisiones analógicas en España. 86
Figura 28	Número de televisores digitales, ENDUTIH 2009 [83]. 121

Figura 29	Televisores digitales con servicios de televisión de paga, ENDUTIH 2009 [83].	122
Figura 30	Televisores digitales, MODUTIH 2010 [84].	122
Figura 31	Televisores digitales con servicios de televisión de paga, MODUTIH 2010 [84].	122
Figura 32	Grado de conocimiento de la televisión digital.	156
Figura 33	Oferta de contenidos.	157
Figura 34	Preferencia de contenidos.	158
Figura 35	Tendencias en los contenidos.	158
Figura 36	Preferencia de servicios.	159
Figura 37	Conocimiento del costo de un televisor digital.	159
Figura 38	Dinero estimado a destinar para la compra de un televisor.	160
Figura 39	Tiempo en el que consideran comprar un televisor.	160
Figura 40	Aspectos a tomar en cuenta en la compra de un televisor.	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Bandas de frecuencias [36].	5
Tabla 2	Frecuencias de canales de televisión en VHF para México [47].	6
Tabla 3	Frecuencias de canales de televisión en UHF para México [47].	7
Tabla 4	Estándares de TDT más utilizados en el mundo [141].	11
Tabla 5	Niveles de codificación MPEG [75].	29
Tabla 6	Canales de audio DOLBY AC3 [75].	36
Tabla 7	Posibles usos del ancho de banda en TV digital.	37
Tabla 8	Características básicas formatos ATSC y NTSC [149].	47
Tabla 9	Resoluciones de los formatos digitales ATSC [149].	47
Tabla 10	Características básicas formatos DVB y PAL [149].	50
Tabla 11	Resoluciones de los formatos digitales DVB [149].	51
Tabla 12	Resoluciones de pantalla ISDB-T [134].	66
Tabla 13	Parámetros básicos del sistema ISDB-T [141].	69

Tabla 14	Estándares DVB.	82
Tabla 15	Países del continente Europeo [133].	111
Tabla 16	Países del continente Asiático [133].	112
Tabla 17	Países del continente Americano [133].	113
Tabla 18	Calendario para la transición a la TDT por sitios de transmisión [34].	126
Tabla 19	Canales de Televisión Digital Terrestre en México [26].	133
Tabla 20	Concesionarios y permisionarios [28].	133
Tabla 21	Países con el estándar ATSC [133].	136

ACRÓNIMOS

AAC	Advanced Audio Coding
ACAP	Advanced Common Application Platform
ACATS	Advisory Committee on Advanced Television Services
ACM	Adaptive Coding and Modulation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
A/D	Analógico a Digital
ADTB-T	Advanced Digital Television Broadcasting-Terrestrial
AFC	Automatic Frequency Control
ALAC	Apple Lossless Audio Codec
AM	Amplitud Modulada
ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicaciones
APSK	Amplitude Phase Shift Keying
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
ASF	Advanced Systems Format
ASI	Asynchronous Serial Interface
ATT	American Telephone and Telegraph
ATDT	Acuerdo de Televisión Digital Terrestre
ATSC	Advanced Television Systems Committee
ATSC-M/H	ATSC-Mobile/Handheld
ATV	Advanced Television
AVO	Audio Visual Objects
AVC	Advanced Video Coding
AVI	Audio Video Interleave
B	Blue
BAT	Bouquet Association Table

BBC	British Broadcasting Corporation
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSkyB	British Sky Broadcasting
BST-OFDM	Band Segmented Transmission-OFDM
BTS	Broadcast Transport Streams
C	Center
CANITEC	Cámara Nacional de la Industria de las Telecomunicaciones por Cable
CATV	Community Antenna Television
CCIR	Comité Consultivo Internacional de las Radiocomunicaciones
CCTDR	Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión
CD	Compact Disk
CDMA	Code Division Multiple Access
CE	Comisión Europea
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CFC	Comisión Federal de Competencia
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
COFEMER	Comisión Federal de Mejora Regulatoria
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones
cps	cuadros por segundo
CPU	Central Processing Unit
CSA	Conseil Superieur de l'Audiovisuel
DAB	Digital Audio Broadcast
DCT	Discrete Cosine Transform
DiBEG	Digital Broadcasting Expert Group
DOF	Diario Oficial de la Federación
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DSL	Digital Subscriber Line

DTH	Direct To Home
DTMB	Digital Television Terrestrial Multimedia Broadcasting
DTV	Digital Television
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	DVB-Cable
DVB-CPCM	DVB-Content Protection and Copy Management
DVB-DSNG	DVB-Digital Satellite News Gathering
DVB-H	DVB-Handheld
DVB-MDS	DVB-Multipoint Video Distribution Systems
DVB-RCS	DVB-Return Channel Satellite
DVB-S	DVB-Satellite
DVB-SH	DVB-Satellite services to Handhelds
DVB-SI	DVB-Service Information
DVB-T	DVB-Terrestrial
DVD	Digital Versatile Disc
EBU	European Broadcasting Union
EDTV	Enhanced Definition Television
EHF	Extremely High Frequency
EIT	Event Information Table
EIA	Electronic Industries Association
ELG	European Launching Group
ENDUTIH	Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares
EPG	Electronic Program Guide
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EUA	Estados Unidos de América
FCC	Federal Communications Commission
FEC	Forward Error Correction
FIC	Fast Information Channel

FIFA	Fédération Internationale de Football Association
FM	Frecuencia Modulada
fps	frames per second
G	Green
GAO	Government Accountability Office
Ginga-J	Ginga-Java
Ginga-NCL	Ginga-Nested Context Language
GSM	Groupe Spécial Mobile
HD	High Definition
HD-MAC	HD-Multiplexed Analog Components
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HDTV	High Definition Television
HP	High Priority
IC	Integrated Circuits
iDTV	Integrated Digital Television
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
IRD	Integrated Receiver Decoder
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-C	ISDB-Cable
ISDB-T	ISDB-Terrestrial
ISDB-S	ISDB-Satellite
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standardization
ISI	Inter Symbol Interference

ITC	Independent Television Commission
ITU	International Union of Telecommunications
JCIC	Joint Committee on InterSociety Coordination
kbps	kilobit por segundo
L	Left
LAN	Local Area Network
LDPC	Low Density Parity Codes
LDTV	Limited Definition Television
LED	Light Emitting Diode
LFE	Low Frecuency Effects
LMS	Least Mean Square
LP	Low Priority
LS	Left Surround
LTE	Long Term Evolution
MABB	Medienanstalt Berlin Brandenburg
MAC	Multiplexed Analog Components
Mb	Megabit
Mbps	Megabit por segundo
mdd	millones de dólares
mdp	millones de pesos
MTD	Multiplexación por División de Tiempo
MDTE	Multiplexor por División de Tiempo Estadístico
MFN	Multiple Frequency Network
MF-TDMA	Multi Frequency-Time Division Multiple Access
MHz	Megahertz
MHP	Multimedia Home Platform
MIMO	Multiple Input and Multiple Output
MISO	Multiple Input and Single Output
MIT	Massachusetts Institute of Technology

MODUTIH	Módulo sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares
MoU	Memorandum of Understanding
M-PAM	Multilevel (M-ary) Pulse Amplitude Modulation
MPE	Multi Protocol Encapsulation
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MPEG-2 AAC	MPEG-2 Advanced Audio Coding
MPEG-2 NBC	MPEG-2 Non Backward Compatible
MPEG-2 TS	MPEG-2 Transport Stream
M-PSK	M-ary Phase Shift Keying
M-QAM	M-ary Quadrature Amplitude Modulation
MUSE	Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding
NAB	National Association of Broadcasters
NBC	National Broadcasting Corporation
NCTA	National Cable Telecommunications Association
NHK	Nihon Hoso Kyokai
NIT	Network Information Table
NOM	Norma Oficial Mexicana
NRT	Non Real Time
NTSC	National Television Systems Committee
NVRAM	Non Volatile RAM
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OPMA	Organismo Promotor de Medios Audiovisuales
OSI	Open System Interconnection
PAL	Phase Alternating Line
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PAT	Program Association Table

PBTVD	Plano Básico de Distribuição de Canais de Televisão Digital
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PCR	Program Clock Reference
PES	Packetized Elementary bit Streams
PIB	Producto Interno Bruto
PID	Packet ID
PMT	Program Map Table
PN	Pseudoaleatory Noise
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
PS	Programme Streams
PSI	Program Specific Information
PSIP	Program and System Information Protocol
PTNTDT	Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
R	Red
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frecuencia
RIFF	Resource Interchange File Format
RMA	Radio Manufacturers Association
ROM	Read Only Memory
RS	Right Surround
RST	Running Status Table
RTP	Real-time Transport Protocol
SBTVD-T	Sistema Brasileño de Televisión Digital-Terrestre
SCCC	Series Concatenated Convolutional Code
SCJN	Suprema Corte de Justicia de la Nación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes

SD	Standard Definition
SDT	Service Description Table
SDTV	Standard Definition Television
SE	Secretaría de Economía
SECAM	Sequential Couleur Avec Memoire
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEP	Secretaría de Educación Pública
SFN	Single Frequency Network
SI	Service Information
SMATV	Satellite Master Antenna TV
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
SNR	Signal to Noise Ratio
SPI	Synchronous Parallel Interface
SSI	Synchronous Serial Interface
ST	Stuffing Table
STB	Set Top Box
TC8PSK	Trellis Coded 8-phase Phase Shift Keying
TDT	Televisión Digital Terrestre
TDM	Time Division Multiplexign
TDS-OFDM	Time Domain Synchronous-OFDM
TG	Technology Group
3GPP	Third Generation Partnership Project
TKG	Telekommunikationsgesetzes (Ley federal de Telecomunicaciones)
TMCC	Transmission Multiplexing Configuration Control
TS	Transport Stream
TSP	Transport Stream Packet
UE	Unión Europea

UHF	Ultra High Frequency
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-R	UIT-Radicomunicaciones
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
USD	United States Dollar
VCEG	Video Coding Experts Group
VGA	Video Graphics Array
VHF	Very High Frequency
VLC	Variable Length Coding
VOB	Video Object
VOD	Video On Demand
VSAT	Very Small Aperture Terminal
8-VSB	8-level Vestigial Sideband Modulation
WAV	Waveform Audio Format
XML	eXtensible Markup Language

INTRODUCCIÓN

La necesidad de contar con dispositivos que permitieran la comunicación a distancia, mediante imágenes y sonido, impulsó la creación de los primeros televisores analógicos. Siendo los primeros televisores electromecánicos, posteriormente fueron reemplazados por los electrónicos, hasta convertirse en la televisión como la conocemos hoy en día.

Con el paso de los años se han desarrollado nuevas y mejores tecnologías, que junto con la introducción de la televisión digital, pretenden expandir las posibilidades y utilizar al máximo la capacidad del canal, mediante métodos de compresión, para no limitar la transmisión a vídeo y audio, sino también incluir la transmisión de datos; e inclusive, por medio de un canal de retorno, convertir al televisor en una terminal interactiva, atractiva en contenidos y servicios, capaz de responder a las necesidades de la vida actual.

Estas nuevas tecnologías están desplazando rápidamente a los sistemas analógicos; pero, mientras se completa dicha transición, éstos funcionan como un sistema integral, combinando de esta manera la operación de ambos (analógico y digital), que gradualmente se convertirá en una emisión totalmente digital.

De los distintos estándares de televisión digital, cada uno cuenta con diversas características, con lo que cada país, con base en ellas, elige el estándar más adecuado a sus necesidades. Entre los estándares con mayor impacto a nivel mundial se tienen ATSC, DVB, ISDB y DTMB. Una característica importante en torno a dichos estándares, corresponde a la posibilidad de tener recepción en condiciones de movilidad (televisores o STBs a bordo de un automóvil, tren, autobús, etc.), y en terminales portátiles (recepción de señales de vídeo de resolución limitada en teléfonos celulares o agendas electrónicas por ejemplo).

Por su parte, México, a pesar de haber sido pionero en la transmisión de señales digitales, ha presentado un gran rezago en dicha transición en comparación con otros países, no solo europeos sino también con algunos países latinoamericanos. Se tiene como caso más representativo a Brasil, el cual ofrece una valiosa experiencia a tomar en cuenta.

En México, el 2 de julio de 2004 se publicó en el DOF que el estándar de TDT que se adoptaría sería el ATSC A/53. Además, se estableció que el *apagón analógico* se llevaría a cabo en el año 2021, fecha que posteriormente se adelantó, ya que el 2 de septiembre de

2010 fue publicado en el mismo, que dicho apagón se llevaría a cabo el 31 de diciembre de 2015, 6 años antes de lo previsto.

Este adelanto implica una serie de retos, que México debe superar para poder alcanzar este objetivo; trabajando a nivel país, gobierno, sociedad, industria y televisoras. El principal reto a vencer radica en que los televisores analógicos presentes en la gran mayoría de los hogares mexicanos son incompatibles con esta nueva tecnología. Ello obligará a los usuarios ya sea a adquirir un decodificador (STB), para su televisor analógico actual, o bien, adquirir un televisor digital.

El presente trabajo tiene como objetivo, presentar un panorama general de la Televisión Digital Terrestre en México, con respecto al estándar adoptado, la transición que está en curso, la regulación vigente, así como las perspectivas económicas y sociales de la tecnología. Lo anterior por medio de la evaluación de los estándares de televisión digital terrestre existentes en el mundo, considerando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos desde el punto de vista técnico, económico y regulatorio. También se exponen una serie de observaciones, propuestas y recomendaciones sobre diversos aspectos de la tecnología, incluyendo la transición, regulación y legislación, oportunidades económicas y sociales, fundamentadas en estudios comparativos sobre las experiencias en otros países.

ANTECEDENTES

En este capítulo se explica el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de la televisión digital, mediante una breve descripción de los diversos estándares desarrollados en el mundo. También se expone el impacto que representa esta transición para los diversos sectores, como lo son: el consumidor, las televisoras, los proveedores de equipo y los creadores de contenido. Adicionalmente, se presentan algunas de las consideraciones regulatorias para realizar la transición y con ello cumplir de manera exitosa con el *apagón analógico*.

2.1 PANORAMA HISTÓRICO

Desde sus inicios, la televisión representó un avance tecnológico de gran importancia, por el simple hecho de poder recibir de manera remota imágenes (vídeo), que pueden ser visualizadas en una pantalla, y sonidos (audio). Esta importancia también radica en que se ha convertido inclusive, en un medio de comunicación masivo de gran influencia en la sociedad a nivel mundial. Para un elevado porcentaje de la humanidad, la televisión forma parte de su vida cotidiana. Sus aplicaciones, ya sea para entretenimiento, información o bien como herramientas en varias actividades, son innumerables y continúan creciendo al igual que la tecnología que la hace posible. La televisión ha sufrido una evolución tecnológica a lo largo del tiempo, en un principio los sistemas de televisión se dividían casi por igual entre sistemas electromecánicos y sistemas electrónicos [119]. Sin embargo, los sistemas de televisión electromecánicos tenían una serie de problemas que no pudieron ser superados en aquellos años, como por ejemplo, la baja resolución y el parpadeo notorio en la imagen reproducida, aunados a la complejidad de los sistemas necesarios en el receptor.

En EUA, la NBC inició en 1939 transmisiones regulares en las poblaciones de Nueva York, Schenectady y Los Angeles, con la emisión de dos programas de una hora por semana. El sistema empleado fue el de la RMA, con 441 líneas por cuadro. Por otra parte, en el Reino Unido, la BBC inició transmisiones regulares de imágenes fijas con 30 líneas por cuadro en 1928; y en 1936, con imágenes en movimiento, utilizando dos sistemas en días alternos, uno el electromecánico de Baird¹, mejorado a una resolución de 240 líneas y otro, completamente electrónico, de las empresas EMI y Marconi con resolución de 405

¹ Sistema de exploración electromecánico desarrollado por el ingeniero y físico escocés John Logie Baird.

líneas [35]. Los sistemas iniciales de televisión, en particular los electromecánicos, no obedecieron ningún estándar en específico. Fue en la década de los 40's, en donde se vivió la primera revolución en este sector, cuando la televisión electrónica desplazó por completo a la mecánica. En 1941 EUA creó el estándar NTSC de 325 líneas para la televisión, que tiempo después fue mejorado a 525 líneas, hecho que representó la transmisión de objetos con mayor detalle. En 1956 Francia estableció el SECAM, y en 1963 Alemania desarrolló el estándar conocido como PAL, ambos estándares de 625 líneas [85].

En un principio los sistemas de televisión fueron monocromáticos; en este sistema la señal de vídeo transmitida por las estaciones, solo incluía la información de brillo de la imagen. Fue necesario desarrollar sistemas de color compatibles con los receptores monocromáticos del momento y, además, los nuevos aparatos reproductores de color debían seguir captando las señales de origen *blanco y negro*. El primer sistema de televisión cromático fue desarrollado en EUA. El 17 de diciembre de 1953 la FCC de los EUA, aprobó las normas de transmisión y también autorizó a las radiodifusoras, a partir del 23 de enero de 1954, proporcionar el servicio regular al público bajo esas normas. Posteriormente, este sistema ahora referido como el sistema NTSC, utiliza una frecuencia de imagen de 30 fotogramas o cuadros por segundo (fps) y fue adoptado por Canadá, Japón, México y otros países [3]. En Europa fueron desarrollados dos sistemas alternativos de televisión a color, PAL en Alemania y SECAM en Francia. Como ya se mencionó, el sistema PAL emite 625 líneas, a través de una serie de ráfagas producidas por electrones sobre la pantalla del televisor a una velocidad o frecuencia de 25 cuadros por segundo (fps). En cuanto al sistema SECAM, de la misma manera que en el sistema PAL, la transmisión televisiva se forma escaneando la pantalla del televisor a 625 líneas y a una frecuencia de 25 cuadros por segundo (fps). Estos dos sistemas son compatibles, ya que utilizan los mismos formatos de escaneo y velocidades en los cuadros; la diferencia es la forma de cómo se codifica el color [87].

Los sistemas NTSC, PAL y SECAM, permiten la generación, transmisión y recepción de imágenes de calidad, bastante aceptables. Son sistemas concebidos cuidadosamente, su desarrollo técnico se basó en aspectos perceptuales de la visión humana y se tuvieron en cuenta factores fisiológicos y psicológicos. Posteriormente surgieron sistemas maduros cuyas eventuales limitaciones se debieron principalmente a la tecnología de la época, la que al ir evolucionando y mejorando en las últimas décadas, permitió obtener una señal de mejor calidad y resolver con mayor eficiencia algunos de los problemas inherentes a cada uno de los sistemas. Sin embargo, los principios originales en que se basan se mantienen casi invariables hasta hoy, y continúan siendo válidos aún para los recientes sistemas digitales [35].

Las bandas de VHF y UHF son utilizadas para la difusión de televisión en todo el mundo. Existen diferencias en la distribución de canales y frecuencias entre cada país, y también se deben considerar los diferentes estándares que se utilizan para la emisión televisiva (PAL, NTSC, SECAM).

En la difusión de televisión de VHF o UHF ordinaria, la imagen y el sonido se transmiten por medio de esquemas de modulación separados en portadoras también separadas. En el estándar NTSC, las dos portadoras se encuentran separadas 4.5 MHz, y el canal completo tiene un ancho de banda de 6 MHz. La señal de sonido utiliza FM de banda ancha y emplea un sistema estéreo similar, pero no idéntico, al que se utiliza para la radiodifusión de FM estéreo [119].

La asignación de bandas de frecuencia es llevada a cabo por la UIT, como se muestra en la tabla 1. Las tablas 2 y 3 muestran las

Región	VHF (Banda I)	VHF (Banda III)	UHF (Banda IV y V)
1. Europa, incluyendo la porción asiática de Rusia, África y Cercano Oriente incluyendo Turquía.	47-68 MHz	174-230 MHz	470-790 MHz 790-862 MHz
2. Continente Americano.	54-68 MHz 68-72 MHz 76-88 MHz	174-216 MHz	470-608 MHz 614-806 MHz
3. Asia, excepto la porción asiática de Rusia y, además, Oceanía.	47-50 MHz 54-68 MHz	174-223 MHz	470-585 MHz 610-960 MHz

Tabla 1: Bandas de frecuencias [36].

equivalencias de canales con frecuencias empleadas en México, en las bandas VHF y UHF, donde f_i representa la portadora de imagen y f_s la portadora de sonido. Los sistemas cromáticos en uso en el mundo pueden resumirse como sigue [35]:

- NTSC: sistema utilizado en América con excepción de Argentina y Brasil. Fue adoptado también en Japón y algunos otros países asiáticos.
- PAL: sistema utilizado en Europa y el resto del mundo.
- SECAM: sistema utilizado en Francia, la antigua Unión Soviética y los países de Europa Oriental y Asia con influencia soviética, así como la mayor parte de las antiguas colonias francesas en África y Asia, además de Irán y Egipto.

El sistema más utilizado a nivel mundial es el PAL seguido por el NTSC y el menos utilizado el SECAM. Estos estándares, siguen vigentes hasta la fecha, a pesar del ya iniciado *apagón analógico*, pues establecieron las bases fundamentales para sus homólogos digitales.

Canal	f_i (MHz)	f_s (MHz)
2	55.25	59.75
3	61.25	65.75
4	67.25	71.75
5	77.25	81.75
6	83.25	87.75
7	175.25	179.75
8	181.25	185.75
9	187.25	191.75
10	193.25	197.75
11	199.25	203.75
12	205.25	209.75
13	211.25	215.75

Tabla 2: Frecuencias de canales de televisión en VHF para México [47].

Cuando se implementaron los sistemas NSTC, PAL y SECAM en el mundo, se buscó mejorar la calidad de las señales visuales y audibles. Por una parte, se buscaba la reducción o eliminación de ciertos problemas que presentaban dichos sistemas, y por otra, la adición de servicios de valor agregado, como puede ser teletexto, sonido estereofónico o dual [35].

En la década de los 70's en Japón se investigó la forma de tener en la pantalla del televisor una imagen con calidad similar a la del cine, por lo cual, la NHK (Japanese National Broadcast System), comenzó a buscar la forma de hacer lo anterior posible bajo la dirección del Dr. Takashi Fujio. En 1984 fue presentado el sistema de transmisión de alta definición analógica llamado MUSE, designado también como HiVision, el cual comenzó sus transmisiones al aire a principios de 1987, utilizando un ancho de banda de 12 MHz [69]. Además, la NHK desarrolló un sistema que solo ocupaba un ancho de banda de 6 MHz, es decir, un canal normal de televisión, que se denominó Narrow MUSE.

En 1986 en EUA estaban siendo analizadas algunas propuestas para sistemas de radiodifusión vía satélite y terrestres. Se pensaba que la radiodifusión terrestre de señales de alta definición, sería posible si los radiodifusores podían disponer de ancho de banda adicional para transmitir la señal. A principios de 1987, la FCC consideró la reasignación de porciones del espectro de UHF a los sistemas de radiocomunicaciones móviles, con lo que los radiodifusores estadounidenses estimaron que la pérdida de esas porciones del espectro (originalmente destinadas a los servicios de radiodifusión de televisión), impediría la posibilidad de disponer de la banda excedente que requerían las

Canal	f_i (MHz)	f_s (MHz)
14	471.25	475.75
15	477.25	481.75
16	483.25	487.75
17	489.25	493.75
18	495.25	499.75
19	501.25	505.75
20	507.25	511.75
21	513.60	517.75
22	519.25	523.75
23	525.25	529.75
24	531.25	535.75
25	537.25	541.75
26	543.25	547.75
27	549.25	553.75
28	555.25	559.75
29	561.25	565.75
30	567.25	567.71
31	573.25	577.75
32	579.25	583.75
33	585.25	589.75
34	591.25	595.75

Tabla 3: Frecuencias de canales de televisión en UHF para México [47].

transmisiones de HDTV. En esa época, el único sistema de HDTV en funcionamiento en el mundo era el MUSE. Éste dio una demostración de la posibilidad de transmitir HDTV analógica por medio terrestre, utilizando dos canales adyacentes (58 y 59), por lo que los radiodifusores solicitaron a la FCC que iniciara el estudio del impacto que tendría la introducción de las tecnologías de televisión avanzada, entre las que se incluye la HDTV, sobre la radiodifusión terrestre [35].

Conforme aumentaba el interés por la alta definición, en ese mismo año, la FCC propició la formación de la ACATS, la cual se encargó de seleccionar un solo estándar para un sistema de alta definición capaz de ser transmitido en forma simultánea con la señal NTSC vigente, y por tanto restringida al esquema de utilización de canales de 6 MHz de ancho de banda. El gobierno estadounidense propuso a los principales fabricantes que trabajaban cada cual en su propuesta, que unieran sus esfuerzos en una *Gran Alianza*, para proponer un solo sistema de televisión de alta definición digital, con lo mejor en cuanto

a tecnologías de cada uno de los participantes: AT&T (Lucent), MIT, General Instruments, Zenith Electronics Corporation, North American Philips, David Sarnoff Research Center (RCA) y Thompson Consumer Electronics [35].

Entre 1993 y 1994, la *Gran Alianza* introdujo mejoras en elementos técnicos de los cuatro sistemas digitales sobre los que se estaban realizando pruebas y creó un prototipo de HDTV, mediante la incorporación de lo mejor de cada uno de estos sistemas [69]. Finalmente, el 24 de diciembre de 1996, el gobierno norteamericano aprobó como norma obligatoria para la transmisión terrestre digital y de alta definición, la norma para SDTV y HDTV de la ACATS, documentada por ATSC. Esta norma, conocida como la Norma ATSC, dejó fuera lo referente a la imposición del tipo de barrido (solo progresivo, o solo entrelazado) [93] y reflejó un acuerdo de consenso entre los radiodifusores, fabricantes de equipos y la industria de computadoras. Durante el periodo de transición de televisión analógica a digital, la FCC asignó un nuevo canal de servicio a cada una de las 1,500 estaciones de EUA que lo solicitasen. Esto lo hizo porque no todos los televisores que aún utilizaba la población eran capaces de poder recibir la señal digital, por lo que, para evitar que estos televisores se quedaran inservibles, la FCC exigía que el mismo programa fuera transmitido simultáneamente tanto por señal digital como por analógica [69].

En Europa a finales de 1991, se decidió dejar de trabajar en HDTV analógica mediante HD-MAC², y crearon el ELG con el propósito de definir y estandarizar un sistema de difusión de televisión digital. Esto dio nacimiento en 1993 a lo que se conoce como el proyecto DVB [77]. El proyecto DVB se conforma por alrededor de 250 a 300 organismos de radiodifusión, fabricantes, operadores de redes, desarrolladores de software, organismos reguladores y otras instituciones en más de 35 países, comprometidos con el diseño de estándares globales para el suministro de televisión digital y servicios de datos [60].

El 1° de julio de 1997 se hizo público el *libro azul* de DVB, el cual contiene las guías de implementación para el uso de sistemas MPEG-2 en aplicaciones de transmisión de vídeo y audio por satélite, cable y sistemas de radiodifusión terrestre, que comprende tanto la televisión de definición estándar (SDTV), como la de alta definición (HDTV), detallando los requisitos de implementación para los receptores-decodificadores integrados (IRD) a utilizar en algunos países [35]. En Japón su sistema de televisión digital ISDB-T, fue aprobado por el *Japanese Telecommunications Technology Council* en noviembre de 1998. Este sistema digital fue su respuesta ante la serie de estándares que se encontraban emergiendo.

² Se trataba de una compleja mezcla de señales de vídeo analógicas multiplexadas con sonido digital, que ofrecía 1250 líneas de resolución de las cuales eran visibles 1152, a 50 fps, relación de aspecto 16:9 y la posibilidad de la transmisión vía satélite [17].

En los últimos años del siglo XX, otras formas de televisión digital aparecieron: televisión digital por cable, televisión digital terrestre y, más recientemente, televisión digital por medio del suscriptor de línea telefónica (IPTV sobre ADSL). Estos desarrollos han traído la extinción de la televisión analógica en Europa, alrededor del término de la primera década del siglo XXI; el ritmo de la transición del sistema analógico al sistema digital varía según el país [77].

Dos de los cambios más representativos que han marcado la evolución de la televisión son: el cambio de la televisión en blanco y negro a la televisión a color, y el cambio de televisión analógica a la televisión digital. De este último cabe mencionar que en una transmisión analógica, la recepción de una señal débil da como resultado una calidad de imagen degradada en forma de ruido en la pantalla del televisor, mientras que una señal digital simplemente requiere identificarse como un uno o un cero, permitiendo la corrección de errores, haciendo de esta manera que la transmisión digital sea más inmune al ruido comparada con la transmisión analógica [48].

2.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

La TDT guarda similitud con la televisión tradicional analógica³. De igual forma su emisión y recepción se realizan empleando las ondas terrestres. En cuanto al entorno, el centro de producción ha sido analógico y solo hasta hace unos pocos años se proyectaron y construyeron centros de producción totalmente digitales, en los que prácticamente todas las operaciones se realizan en el entorno digital. La excepción a lo anterior, lo constituye la propia generación de la señal en la cámara, que es, en general, un proceso analógico por la propia naturaleza de los transductores optoelectrónicos⁴. El término televisión digital no es suficientemente preciso en la forma en que se aplica habitualmente, puesto que no especifica si todo el proceso es digital, desde la generación de la imagen y el sonido asociado, hasta su transmisión y recepción final, o si solo se pretende indicar que algunas partes del proceso se realizan manejando la información en forma digital. En los EUA se viene utilizando el término televisión avanzada (ATV) que parece más adecuado, ya que no restringe la posibilidad de que la señal pueda manejarse en forma analógica, digital o una combinación de ambas como es el caso más general [35]. A diferencia de una señal analógica, una señal digital se puede enviar de manera más confiable y eficiente por distintos medios de transmisión y gracias a los métodos de codificación y compresión empleados, se puede almacenar en dispositivos de almacenamiento digital, utilizando es-

³ Mediante un transmisor, se convierten los pulsos eléctricos en ondas radioeléctricas que se propagan por el aire.

⁴ También conocidos como fotodetectores o sensores de luz, son aquellos dispositivos capaces de convertir energía luminosa en eléctrica.

pacios relativamente reducidos [85]. La compresión del vídeo digital fue lo que impulsó a la transmisión de la televisión digital, puesto que en un principio la digitalización de la señal de vídeo era ineficaz. Entre las ventajas que trae consigo la digitalización están: optimizar el ancho de banda (lo cual a su vez conlleva a una mejor utilización del espectro radioeléctrico), mayor número de canales, transmisiones con menor potencia y envío de datos.

2.3 ESTÁNDARES PARA TDT

Para la televisión digital terrestre han sido desarrollados varios estándares; los que han tenido una considerable penetración son: el sistema ATSC, diseñado por los EUA; el sistema DVB-T, diseñado por los europeos; el sistema ISDB-T, estándar desarrollado en Japón, y finalmente, el sistema chino DTMB. La tabla 4 muestra algunas de las principales características de estos estándares y en la figura 1 se muestran los países en donde estos han sido adoptados.

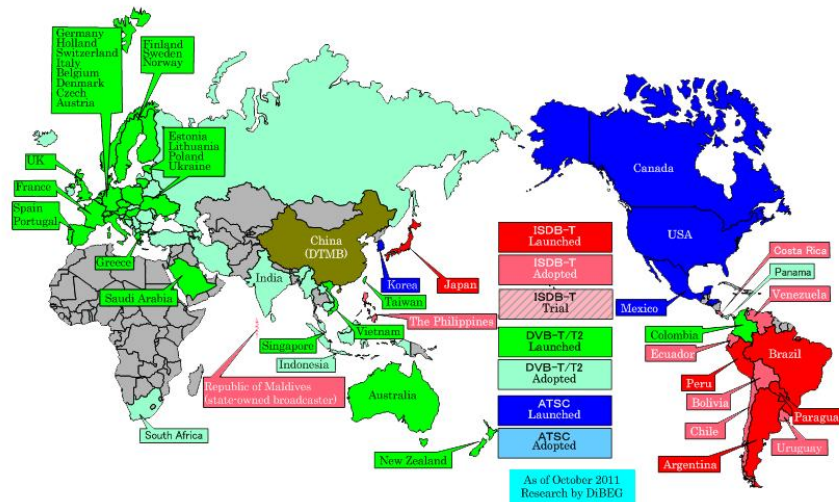


Figura 1: Estándares de TDT en el mundo, 2011 [50].

2.3.1 DVB-T

El estándar DVB-T fue formulado a principios de los años 90's en Europa, cuando los principales operadores e industrias involucradas en el desarrollo de equipos de recepción discutían acerca de la elaboración de una plataforma paneuropea⁵, que permitiese sentar las bases para la implantación de la televisión digital en la región. Desde entonces se constituyó la principal asociación dedicada al desarrollo de la

⁵ adj. Perteneciente o relativo a toda Europa.

Norma	Canales	Banda	Modulación	Normas aplicables
ATSC	6 MHz	UHF/VHF	8-VSB	A/52, A/53, A/65, A/153
DTMB	6, 7 y 8 MHz	UHF/VHF	Single carrier (QAM)/OFDM ⁺	AGB 2060-2006
DVB-T	6, 7 y 8 MHz	UHF/VHF	OFDM	EN 300 744
ISDB-T	6, 7 y 8 MHz	UHF/VHF	OFDM Segmentado*	ARIB STD-B31

*En el canal de 6 Mhz, las portadoras están agrupadas en segmentos, 13 en total. Esto permite el servicio de recepción fija y portátil a la vez, dentro del mismo ancho de banda.

+ En la Revista IEEE Communications Magazine de mayo de 2010, se publicó que la modulación utilizada en el estándar DTMB es TDS-OFDM.

Tabla 4: Estándares de TDT más utilizados en el mundo [141].

televisión digital [96]. El estándar, fue concebido para ser introducido en países con anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz, y ha sido adoptado por un gran número de países de Europa y África, así como en Panamá, Colombia y Uruguay en América Latina [45]. El sistema europeo sustituye los estándares de televisión analógica (PAL y SECAM).

2.3.2 ATSC

Como ya se mencionó, el estándar ATSC fue desarrollado por un consorcio de empresas bajo consenso con el Gobierno de EUA; con un enfoque claro a la difusión de televisión de alta definición, en un canal de 6 MHz de ancho de banda. Actualmente, ATSC ha sido adoptado por EUA, Canadá, México, Corea del Sur, Honduras, Guatemala, Puerto Rico, República Dominicana y El Salvador [133]. El estándar ATSC conserva procesos semejantes al europeo. Sin embargo, existe una serie de elementos que lo distinguen y marcan una tendencia particular en él; la extensa dimensión territorial, la concepción de televisión que se presta al público y el inigualable peso que la industria audiovisual e informática tiene en EUA [96]. Este sistema utiliza la modulación 8-VSB⁶, que posee características similares a la modulación empleada en el estándar NTSC para la televisión analógica [85]. Además este estándar transmite flujos de audio, vídeo y datos a través de MPEG-2.

⁶ Sistema de modulación digital en AM de banda lateral vestigial con ocho niveles de amplitud.

2.3.3 ISDB-T

La norma ISDB-T fue creada en Japón por el consorcio DiBEG⁷, con el apoyo del operador estatal de televisión y fue introducido en forma posterior a los estándares ATSC y DVB-T. ISDB-T ha sido adoptado por Japón, Brasil, Perú, Argentina y otros países de América del Sur [45]. El sistema japonés adoptó el esquema de transmisión OFDM con la tecnología de *time interleaving*⁸. Este sistema de transmisión hace posible construir una red de frecuencia única (SFN), y con ello utilizar la misma frecuencia para muchos transmisores de la misma red, de manera que no sea necesario cambiar el canal de recepción de los receptores móviles/portátiles [9].

En Brasil también se implementó este estándar, solo que con algunas diferencias en las normativas de ambos países. Estas diferencias dieron origen a un ISDB-T modificado, al que se le denomina SBTVD-T; la diferencia está en que la compresión que utiliza es MPEG-4, en tanto que la estructura del transporte sigue siendo la de MPEG-2. El acuerdo entre Japón y Brasil implica la cooperación tecnológica por medio de transferencia de tecnología, de ayuda y cooperación en la definición de políticas industriales en la fabricación de semiconductores y su financiamiento, la asesoría en el desarrollo de nuevos negocios basados en la televisión digital, y la capacitación de recursos humanos [78].

2.3.4 DTMB

Esta norma fue publicada el 18 de agosto de 2006 por la administración de normalización de China y entró en vigor el 1° de agosto de 2007; el sistema fue llamado DTMB (adoptado en China incluyendo Hong Kong y Macao). Fue diseñado para ser flexible y puede adaptarse a diversas formas de recepción. Es capaz de efectuar tanto la recepción fija como la recepción móvil, admite la aplicación simultánea en canales adyacentes a un canal de televisión analógico, y el marco de una SFN con el mismo programa.

El sistema puede aplicarse a la televisión de definición ordinaria (SDTV) y a la de alta definición (HDTV). Ha sido diseñado para canales con 8 MHz de ancho de banda, que es el espacio usado en los canales de televisión en China, pero también soporta sistemas que tengan canales con ancho de banda de 6 MHz y 7 MHz usados en otros países.

El sistema presenta una gran robustez en diferentes entornos, contra los ecos producidos por el terreno, los edificios, las señales en el mismo canal procedentes de transmisores distantes o en una SFN.

⁷ Fundado en septiembre de 1997 para promover el sistema de televisión ISDB-T.

⁸ Entrelazado temporal que mejora la robustez de la transmisión de datos en un entorno variable (por ejemplo, recepción en un receptor móvil).

Esta característica mejora la eficiencia en la utilización del espectro a la hora de planificar los servicios de televisión digital en condiciones de espectro muy ocupado, como sucede en China. Además, este estándar incluye la aleatorización para la dispersión de energía, codificación de canal, entrelazado y correspondencia de constelaciones. En junio de 2008 se comenzaron a transmitir programas de HDTV. También fue adoptado por Laos, Camboya, y Cuba [141, 91].

2.4 IMPACTO DE LA TDT

La TDT, representa un cambio importante en la forma de transmisión y recepción de la televisión, ya que codifica sus señales de forma digital, posibilitando la creación de diversos servicios y aplicaciones. Además, la TDT con el mismo ancho de banda que se utiliza en la televisión analógica, puede proporcionar un programa HDTV o varios programas de definición estándar simultáneamente (multitransmisión). El número de programas que una estación puede enviar en un solo canal digital depende del nivel de detalle de la imagen, también conocido como la resolución, que se desea para cada flujo de programación.

La televisión digital hace que se tengan repercusiones en los siguientes sectores [137]:

- Consumidor: tendrá potenciales aplicaciones interactivas y acceso a gran número de contenidos. Mayor calidad y definición de imagen. Podrá acceder a nuevos servicios creados por las compañías operadoras.
- Operadores de televisión digital: tendrán la posibilidad de establecer nuevos modelos de negocio basados en servicios de datos, interactividad y creación de nuevos canales para transmitir, en particular para móviles. Además, requerirán de menor potencia para realizar sus transmisiones, lo cual significa una reducción en los costos de las mismas.
- Industria de la electrónica: al tenerse que renovar los aparatos transmisores y receptores de televisión, supondrá ingresos para todos los agentes que forman la cadena de valor.
- Creadores de contenidos: tendrán nuevas vías para comercializar sus productos, representando así un crecimiento en esta industria.
- Empresas: tendrán más canales de comunicación para llegar al consumidor, que además estará más segmentado, pudiendo así focalizar más sus mensajes publicitarios.

En esto radica la importancia de que al implementar un estándar de TDT se tengan en cuenta los siguientes factores [102]:

- Técnico: estudiar y comparar los estándares, planificación del espectro radioeléctrico, determinación del período de transición y la calidad (HDTV, SDTV).
- Económico-social: analizar los requerimientos económicos para sus operadores e inversionistas, el impacto del estándar elegido en los hogares, la relación costo-beneficio de la TDT para el estado.
- Regulatorio: nuevas licencias y operadores, nueva regulación (leyes y reglamentos).

Es indispensable que las autoridades gubernamentales estudien las repercusiones en materia de política, los servicios propuestos, el mercado (audiencia potencial y volumen de financiación), la disponibilidad de canales para la introducción del servicio de televisión digital y, por supuesto, la integración técnica de este servicio en la red analógica existente. En la primera fase de esta transición es preciso crear un marco reglamentario (ley u ordenanza) que rijan la introducción de la televisión digital y especifique el número de multiplexores autorizados (varios canales de radiodifusión por multiplexor, un multiplexor ocupa el equivalente a un canal analógico) y los tipos de servicios [141].

2.5 CONSIDERACIONES REGULATORIAS PARA LA TDT

La transición de la televisión analógica a digital es un proceso complejo, que tiene repercusiones sociales y económicas; además de las puramente técnicas. El desarrollo de la radiodifusión digital es positivo, dado que mejorará la calidad de los servicios. Además, permite que se lleve a cabo la convergencia digital, esto es, el transporte del mismo contenido digital por cualquiera de las redes. Los países deben de tener una reglamentación que les permita la prestación de servicios multimedia en todo tipo de redes de comunicación, garantizar que existan condiciones equitativas para todos los actores en los nuevos mercados horizontales⁹, y corregir las imperfecciones del mercado. Esto con el fin de cerrar la brecha digital entre los diferentes sectores sociales y garantizar el acceso igualitario a los servicios de telecomunicaciones. Para ello, es necesario adaptar las estructuras políticas y reglamentarias existentes.

Es importante que la política en materia de espectro (que habrá de tener en cuenta aspectos tales como las adjudicaciones, las asignaciones y la liberación), permita el acceso a todos los proveedores de contenido de una manera equitativa, abierta, transparente y no discriminatoria, y ofrezca mecanismos para realizar una comunicación

⁹ Si el producto es utilizable en muchas industrias, se dice que tiene un mercado amplio u horizontal de empresas.

suficiente y adecuada. Para facilitar el desarrollo de servicios y comunicación mundiales, así como lograr la compatibilidad de economías de escala en la producción de equipos, debe fomentarse la adecuada gestión del espectro y concesión de licencias a escala mundial, sin que ello afecte la flexibilidad necesaria para crear un entorno competitivo y tecnológicamente avanzado. Por otra parte, la utilización del espectro debe permitir que existan diferencias regionales en cuanto a la cantidad de espectro necesario para suministrar contenido y servicios interactivos, dado que la demanda y los intereses del consumidor varían según la región.

Las redes de telecomunicaciones y de radiodifusión habían evolucionado hasta ahora por separado, mediante normas y reglamentos de carácter vertical. La radiodifusión se refiere a la radio y la televisión; mientras que las telecomunicaciones se refieren a voz. Últimamente también ha evolucionado la comunicación de datos dentro de su propio marco, denominado tecnología de información. Con la llegada de la era digital están desapareciendo las fronteras entre los servicios de telecomunicaciones, televisión y radio, y comunicación de datos. Como consecuencia de ello, resulta cada vez más difícil definir o clasificar las futuras estructuras de comunicación, según el tipo de servicio que se suministra a través de ellas. Por lo tanto, para llevar a cabo la reglamentación será necesario recurrir a nuevas definiciones [141].

2.6 EL APAGÓN ANALÓGICO

El llamado *apagón analógico* representa la etapa final del establecimiento de la tecnología digital, en la que las televisoras dejan de transmitir su señal analógica [4]. Mientras este proceso se concluye, las transmisiones analógicas son emitidas simultáneamente con las digitales, mediante los canales espejo que se les han asignado a las televisoras. Las transmisiones digitales no deben representar un costo adicional para los usuarios; puesto que no son canales que se puedan explotar comercialmente. Los canales analógicos de televisión deberán devolverse al Estado, una vez que cada televisora concluya su periodo de transición hacia la digitalización.

Las oportunidades que ofrece la tecnología de televisión digital de transmitir imágenes y audio de mejor calidad; aunado a la posibilidad de poder incrementar el número de programas, utilizando el mismo ancho de banda que en el caso analógico, así como también la introducción de servicios adicionales (gracias a la transmisión de datos), representa entre muchas otras ventajas, la utilización óptima del espectro radioeléctrico.

La transición de la televisión analógica a la televisión digital hace posible liberar parte de la banda de ondas decimétricas (UHF) que van de los 470 a 862 MHz, para otras aplicaciones. A esta banda se

se le conoce como *dividendo digital*, la cuál fue atribuida al servicio de radiodifusión, en las tres Regiones de la UIT: Región 1 (Europa y África), Región 2 (Américas) y la Región 3 (Asia y Australasia). La disponibilidad real de estas frecuencias (UHF) depende de los plazos fijados en cada país para la transición de la televisión analógica a la televisión digital. La banda en ondas decimétricas es particularmente atractiva porque las ondas de radio pueden desplazarse más lejos y penetrar más profundo dentro de los edificios que las actuales bandas de espectro móvil. En el caso de la Región 1 y la Región 3, la banda de frecuencias que le corresponde es de 790 a 862 MHz [144], y a la Región 2 la banda de frecuencias en el rango de 698 a 806 MHz [42]. En la figura 2, se ilustra la mayor banda espectral que se necesita en las bandas de ondas métricas y decimétricas para dar cabida a programas analógicos existentes, y que por consiguiente podría liberarse cuando complete la transición de televisión analógica a digital.

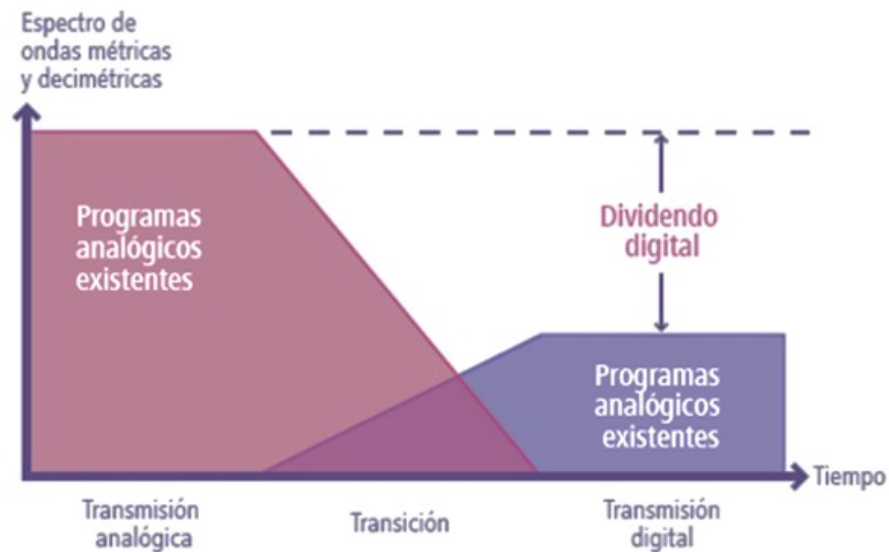


Figura 2: Dividendo digital [sic] [145].

La importancia que implica el que los países concluyan exitosamente, y en tiempo este proceso, se observa en el hecho de que en el Mundo, algunos ya han finalizado con dicha transición, tal es el caso de Noruega, Suecia, Bélgica, España, las repúblicas de Finlandia y Federal Alemana, la Confederación Suiza, y los EUA [56], de tal forma que, hoy en día, sus transmisiones ya son completamente digitales. Además de las oportunidades que ofrece el poder contar con una mayor integración e interactividad entre servicios, el ancho de banda que quede disponible, representa un aspecto de gran interés, tanto económico como también en el sector de las telecomunicaciones.

En este capítulo se retoman las bases fundamentales que sentaron los inicios de la tecnología usada en los televisores analógicos monocromáticos y a color, para posteriormente explorar en la nueva tecnología digital la necesidad de los métodos de compresión, algunos tipos de modulaciones y formatos de audio y vídeo digital. También se presentan las principales características técnicas de los estándares de televisión digital de mayor impacto en el mundo y la manera en cómo estos transmiten y reciben.

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Se presentan algunos conceptos básicos [35, 74]:

- **Píxel o elemento de imagen:** es la porción más pequeña de imagen que puede mostrarse. La luminancia y el color son los mismos para un píxel completo.
- **Cuadro:** es una imagen completa de televisión (consiste en dos campos explorados en el caso del barrido entrelazado).
- **Vídeo:** tecnología de captación, grabación, procesamiento, almacenamiento, transmisión y reconstrucción por medios electrónicos digitales o analógicos de una secuencia de imágenes (o cuadros) que representan escenas en movimiento.
- **Audio:** generación, procesado, transmisión y reproducción de señales eléctricas en el rango de frecuencias audibles, entre los 20 Hz a los 20 kHz.
- **Cámara de televisión:** dispositivo que convierte la información de brillo y color de la imagen en una señal eléctrica.
- **Resolución:** la resolución de una imagen de televisión está determinada por el número de elementos de la imagen.
- **Matiz:** se define como la sensación de color producida cuando se ve luz de una o más longitudes de onda.
- **Brillo:** es la intensidad de la luz que se observa.
- **Saturación:** describe el grado de pureza de un color y su carencia de luz blanca, se relaciona con el brillo porque si se incrementa el contenido de blanco de un color saturado, su contenido de energía se incrementa y lo hace más brillante.

3.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA

En general en el sistema NTSC, cuando la escena es enfocada sobre la placa de imagen, por medio de una lente óptica, los glóbulos fotoeléctricos pueden convertir todos los elementos de imagen en la variación de la señal de salida. Debido a estas variaciones la señal eléctrica también varía, a medida que se lleva a cabo la transmisión. Dicha variación en el tiempo es aleatoria, generando de esta manera la señal de vídeo analógica.

La conversión de energía luminosa a eléctrica se realiza únicamente sobre la información de brillo; es decir, el transductor optoelectrónico¹ no identifica la información de color. Para la información de color, es necesario descomponer la luz emitida o reflejada por la escena televisada mediante filtros ópticos² consistentes en prismas o espejos dicróicos³, en tres colores primarios: rojo, verde y azul. El brillo o luminancia de cada color por separado se convierte luego en otras tantas señales eléctricas. Cuando no se realiza esta descomposición de colores, la información de brillo que capta el transductor optoelectrónico corresponde a la de una imagen monocromática. Tal es el caso de las cámaras de blanco y negro, motivo por el cual las cámaras de color requieren de tres transductores; dicho en palabras más simples, una cámara de color está constituida por tres cámaras de blanco y negro, y un filtro dicróico [74].

La imagen enfocada en la superficie fotosensible del tubo de cámara se convierte en una señal eléctrica, de modo que cada uno de los elementos de imagen representa una carga eléctrica, la cual es consecutivamente *barrida* por un haz de electrones, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, de la misma manera en la que es leído un texto. El proceso de exploración o barrido que produce la imagen no es continuo. Después de cada línea completa debe haber un lapso antes de que comience la línea siguiente, para que el haz electrónico regrese a una nueva posición inicial.

La información de un cuadro completo corresponde a una imagen fija. Para que el movimiento pueda ser percibido por el observador de forma imperceptible, continua y sin saltos, se requiere que los cuadros se transmitan, con una rapidez mínima, evitando de esta manera, que el observador perciba parpadeo en la imagen y saltos en los movimientos. Mientras más rápido se sigan las imágenes, habrá menos centelleo o parpadeo (*flicker*); pero esto requiere que se transmita más información, lo cual incrementaría a su vez el ancho de banda requerido. Para el estándar NTSC, las imágenes se envían a una tasa

1 Los transductores optoelectrónicos, son aquellos dispositivos capaces de convertir energía luminosa en eléctrica.

2 Un filtro óptico es un dispositivo capaz de seleccionar una banda de longitudes de onda y de eliminar el resto.

3 En óptica, un espejo fabricado para reflejar solo una parte concreta del espectro luminoso, mientras que deja pasar el resto.

de 30 fps, pero esta frecuencia de 30 Hz causa un notable centelleo. Lo que se hace es transmitir el cuadro dividiéndolo en dos campos, uno formado por las líneas impares de la imagen y el otro por las pares; un cuadro de imagen será barrido o explorado dos veces. Esta técnica se denomina exploración entrelazada, en la cual primero se transmiten líneas alternas de la imagen, para posteriormente regresar y llenar las faltantes. El ojo humano integra la información de ambos campos, y la percepción final no tiene parpadeo apreciable, lo anterior se realiza sin tener que aumentar el ancho de banda. El haz de electrones se suprime durante los intervalos de tiempo en que el haz vuelve a trazar su trayectoria, de derecha a izquierda y de abajo hacia arriba. Estos intervalos de tiempo son conocidos como *intervalos de supresión o bloqueo horizontal y vertical*. Según se incrementa el número de líneas y elementos de imagen, se obtienen imágenes de televisión más nítidas.

Se denomina *señal de vídeo compuesta*, a la señal que combina las señales de borrado (señal en la que la información está suprimida para dar tiempo a que el haz de electrones se mueva de derecha a izquierda y de abajo hacia arriba), junto con los pulsos de sincronía. La sincronía es el tiempo en que se efectúa el retorno de haz. Con el propósito de sincronizar la exploración de una escena en la cámara y el receptor, se utiliza lo que se conoce como sincronización horizontal y sincronización vertical al final de cada campo. La señal de negro de imagen debe encontrarse arriba del nivel de borrado. Con una señal compuesta, la señal completa se transmite en el mismo cable o mismo canal de radiocomunicación. El nivel de borrado, representa el *negro absoluto* que se observa en el monitor, y es utilizado para cortar el haz electrónico en el cinescopio.

La exploración entrelazada se lleva a cabo mediante dos tipos de sincronización vertical, una para los campos impares y otra para los pares. Durante el borrado horizontal existe un pulso negativo conocido como sincronía horizontal, el cual sirve para que el retorno horizontal del haz se efectúe a tiempo. En el intervalo de guarda frontal se inicia el borrado para asegurar que el haz esté cortado antes de comenzar el retorno, después de este intervalo se encuentra la sincronía horizontal y seguida a ésta se tiene el intervalo de guarda posterior, como se muestra en la figura 3. En este último se sitúa la subportadora de color (*burst*) y presenta una duración más larga para dar tiempo a que el haz de electrones se mueva de derecha a izquierda en la pantalla. Como se tienen 525 líneas, se obtendrán por lo tanto 525 borrados horizontales y pulsos de sincronía en la imagen, con una frecuencia de 15.750 kHz, correspondiente a una línea horizontal [74]. En la figura 4 se ilustra el intervalo de bloqueo vertical, es decir, la porción de borrado vertical de la señal compuesta de vídeo, y se muestran los dos campos de vídeo en cada cuadro. Este intervalo ocupa el tiempo requerido para alrededor de 21 líneas por campo, o

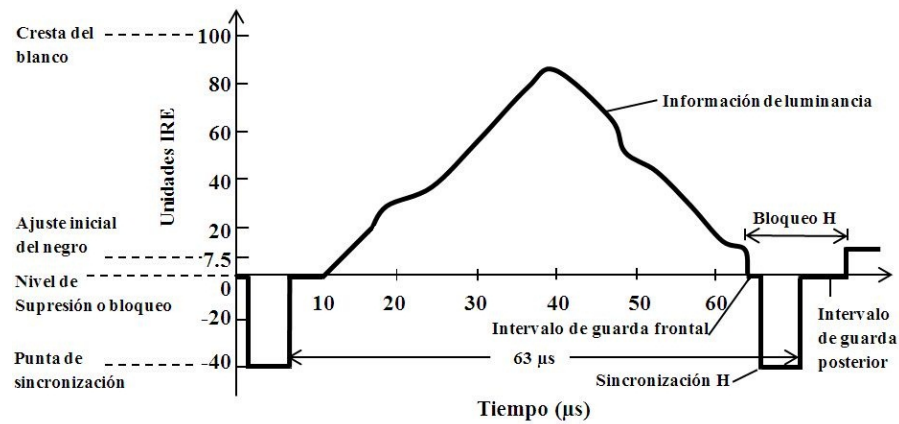


Figura 3: Señal de luminancia [119].

42 líneas por cuadro. La manera en la que el receptor diferencia entre sincronización horizontal y vertical, es mediante la duración de las mismas, puesto que por un lado para el bloqueo vertical se tienen alrededor de 1.3 ms y, por otro, para el bloqueo horizontal es alrededor de $10\mu\text{s}$. Se comienza con seis pulsos de ecualización espaciados $H/2$ (H representa la longitud de una línea horizontal, ó $63.5\mu\text{s}$, como se muestra en la figura 3), o lo que es igual a $3H$ ($190.5\mu\text{s}$). El entrelazado se lleva a cabo colocando el primer pulso de ecualización a la mitad de una línea para un campo y en el extremo de una línea para el siguiente.

Se requiere enviar de manera constante, información de sincronización horizontal durante el intervalo de bloqueo vertical, debido a que este último tiene una duración de varias líneas; de lo contrario, la exploración horizontal en el receptor podría perder sincronización durante el trazo de retorno vertical. Como resultado de esto, el pulso de sincronización vertical (*dentado*) se interrumpe a intervalos de $H/2$ en su duración de $3H$. Hay seis pulsos de sincronización ecualizadores más, con espaciado $H/2$, para una duración total de nueve líneas horizontales. Siendo que este tiempo podría ser insuficiente para que el haz de electrones regrese a la parte superior de la pantalla, un periodo de más de casi $12H$ consiste en el nivel de bloqueo con pulsos de sincronización horizontal normales como se observa en la figura 4 [119].

3.3 RECEPTOR A COLOR

En un sistema de vídeo de color, no es necesario que se reproduzcan en realidad los colores de la naturaleza; debido a la manera en la que el ojo, junto con el cerebro percibe el color, por lo que solo se requiere transmitir información de tres colores, que son: rojo, verde y

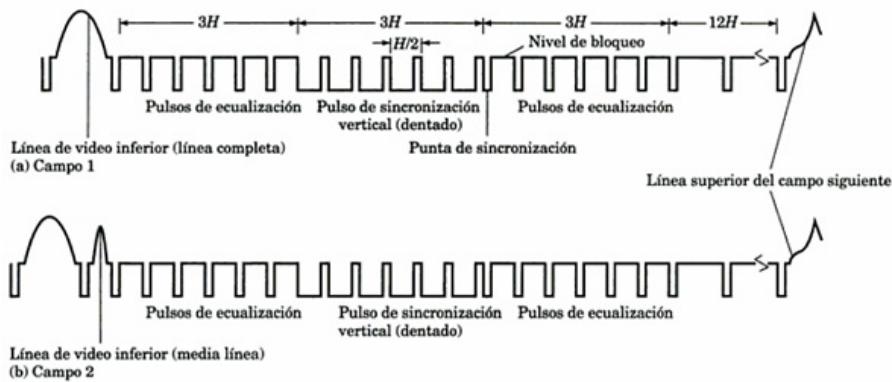


Figura 4: Intervalo de bloqueo vertical [119].

azul [119], mediante cuyas combinaciones es posible formar cualquier otro color.

Para mantener la compatibilidad con el sistema monocromático, el sistema de color compuesto incluye una señal de luminancia y sobre ésta se multiplexan otras dos señales para proveer el color (las cuales son una combinación lineal independiente⁴ de los tres colores). Solo son necesarias dos, porque la señal de luminancia original es una combinación de rojo, verde y azul. El ojo humano es mucho más sensible a la luz verde que al rojo o al azul, siendo el azul el color menos luminoso para el ojo. Las dos señales de crominancia tienen amplitud cero cuando se ve un objeto gris o blanco, es decir cuando los valores de R, G, B son iguales. Si estas señales son normalizadas (teniendo valores entre cero y uno), entonces se definen como se muestra en el siguiente grupo de ecuaciones [119]:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B \quad (2)$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B \quad (3)$$

donde Y es la señal de luminancia, I es la componente en fase de la señal de color y Q es la componente de cuadratura de la señal a color.

La componente de fase I y la de cuadratura Q, son moduladas por medio de AM en cuadratura con portadora suprimida, en una subportadora de aproximadamente 3.58 MHz para el sistema NTSC. La técnica utilizada en modulación en cuadratura consiste en sumar dos portadoras moduladas en amplitud, desfasadas 90° una de la otra, con la misma frecuencia. La resultante de la suma es la señal modulada en cuadratura que se transmite [119]. Cuando la señal de vídeo no contiene información cromática, se tiene una imagen en blanco y negro, es decir 0% de saturación de color. En la televisión a color se

⁴ Un conjunto de vectores es linealmente independiente si ninguno de ellos puede ser escrito con una combinación lineal de los restantes.

hace uso de una señal de referencia para el color, denominado *burst* o sincronía de color. Mediante ella se logra que la señal que genera la cámara, aparezca igual en el receptor por medio de sincronía. Consiste en 8 a 11 ciclos y es insertada en el intervalo de guarda posterior como ya había sido mencionado. Una señal de vídeo sin *burst* se ve en blanco y negro, debido a que al no sincronizar el color, éste no puede ser interpretado en el receptor [74].

Como se mencionó en el apartado 2.1, en la difusión ordinaria de televisión, el vídeo y el sonido se transmiten por medio de esquemas de modulación separados en portadoras también separadas. De los 6 MHz utilizados en el sistema NTSC, para la señal de vídeo la portadora se ubica a 1.25 MHz del límite inferior de canal. La subportadora de color se encuentra a 3.58 MHz de la portadora de vídeo y la señal de audio se encuentra separada 4.5 MHz de la portadora de vídeo [119].

En la figura 5 se muestra la distribución del canal de 6 MHz correspondiente al canal 2. La razón por la cual la señal de luminancia

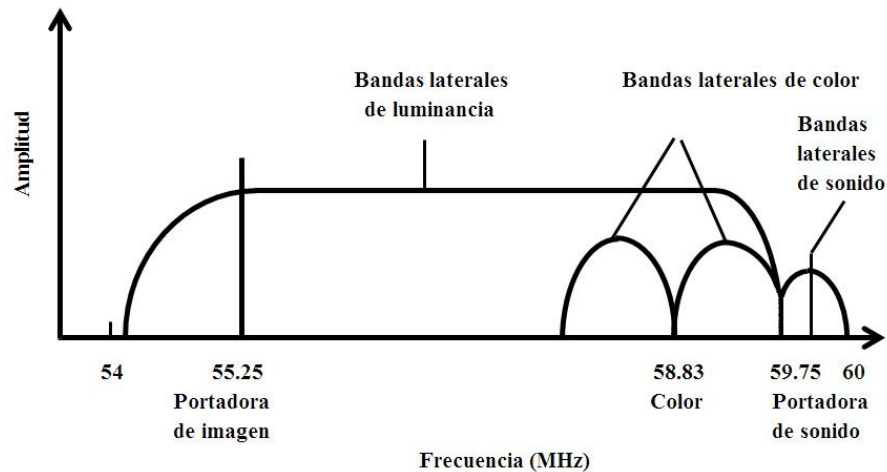


Figura 5: Espectro del canal 2 [119].

requiere mayor ancho de banda, es debido a que la retina contiene un gran número de células sensibles a la luz. Las células conocidas como *bastones* son sensibles al brillo y las células conocidas como *conos* son sensibles al color. El número de bastones sobrepasa al número de conos en una proporción de 20:1 y son 10,000 veces más sensibles. Por tanto, el ojo reacciona predominantemente a la luminancia de una imagen en color en comparación con su crominancia [80].

3.4 ¿PARA QUÉ COMPRIMIR?

Las técnicas de compresión representaron un aspecto fundamental para la utilización de los sistemas digitales, pues sin ellas se requeriría mayor ancho de banda. Mediante ellas, se tiene la posibilidad de

transmitir una señal de alta definición, o en su caso, transmitir un mayor número de señales con definición estándar utilizando el mismo ancho de banda.

El vídeo digital de alta calidad no comprimido requiere tasas de bits bastante altas. Mediante la ecuación 4 se puede hacer una estimación de la magnitud de la tasa necesaria para una resolución⁵ dada. El número de muestras de luminancia por cuadro es igual al número de píxeles⁶. Éste es el producto de la resolución horizontal y vertical:

$$N_{PL} = N_V \cdot N_H \quad (4)$$

donde N_{PL} es el número de píxeles de luminancia por cuadro, N_V es la resolución vertical en píxeles y N_H es la resolución horizontal en píxeles.

En cada una de las dos señales de color se utiliza un cuarto del número de píxeles de la señal de luminancia, por lo que el número total de píxeles por muestrear es una y media veces el número de píxeles de luminancia. Para el color con la mitad de resolución de luminancia, el número total de píxeles es el doble del número de píxeles de luminancia. La tasa de datos se obtiene como se muestra en la ecuación 5:

$$f_b = N_{PT} \cdot m \cdot R_f \quad (5)$$

donde f_b es la tasa de bits por segundo, N_{PT} es el número de píxeles por cuadro, incluidos los píxeles de luminancia y crominancia, m es el número de bits por muestra y R_f es la frecuencia de imagen en cuadros por segundo. Como ejemplo se considerará una señal de vídeo con una resolución de 640 por 480 píxeles, con una frecuencia de imagen de 30 Hz y exploración progresiva. La luminancia se muestrea usando 8 bits, mientras que la resolución de color de la señal digital respectiva, es un cuarto de la utilizada para la luminancia. Para obtener la tasa de bits (no se consideran sincronización, corrección de errores y compresión) usando la ecuación 4:

$$N_{PL} = N_V \cdot N_H = 480 \cdot 640 = 307.2 \times 10^3 \quad \text{píxeles}$$

Cada señal de color tiene un cuarto del número de píxeles de luminancia, por lo que:

$$N_{PT} = 1.5N_{PL} = 460.8 \times 10^3 \quad \text{píxeles}$$

De la ecuación 5:

$$f_b = 460.8 \times 10^3 \times 8 \times 30 = 110.6 \quad \text{Mbps}$$

5 El número de programas que pueden ser transportados por el canal es función de la resolución elegida y del tipo de programas. Las imágenes muy dinámicas absorben una elevada cantidad de datos y por tanto, reducen el número de programas.

6 En el caso digital, la resolución está dada en píxeles y no en líneas como es el caso de televisión analógica.

La tasa obtenida es demasiado elevada para ser transmitida en un canal de 6 MHz [119]. Este es el motivo por el que se requiere comprimir la señal de vídeo junto con la señal de sonido, antes de transmitirla en el canal de 6 MHz. Para difusión terrestre en el canal de 6 MHz se requiere de una tasa máxima de 19.39 Mbps.

3.5 FUNDAMENTOS DE TELEVISIÓN DIGITAL

La televisión digital transmite imágenes y sonido de televisión como información binaria, mediante la digitalización de la señal. Cuando se lleva a cabo la reproducción, tiene que haber una sincronización en el tiempo entre las imágenes y el sonido. Para transformar la información analógica de las imágenes en digital se usan los códecs (codificador - decodificador). En muchos casos estos códecs analizan los fotogramas y emplean algoritmos para comprimir sus datos. La compresión de vídeo puede ser:

- temporal, en la que se analiza un fotograma y se guarda la diferencia entre un fotograma y el fotograma anterior, o
- espacial, en la que se eliminan los datos de los píxeles que no cambian en cada fotograma.

En general se usan ambos tipos de compresión simultáneamente. Un diagrama general de la transmisión y recepción de televisión digital se muestra en la figura 6. El vídeo, audio y otros servicios de datos

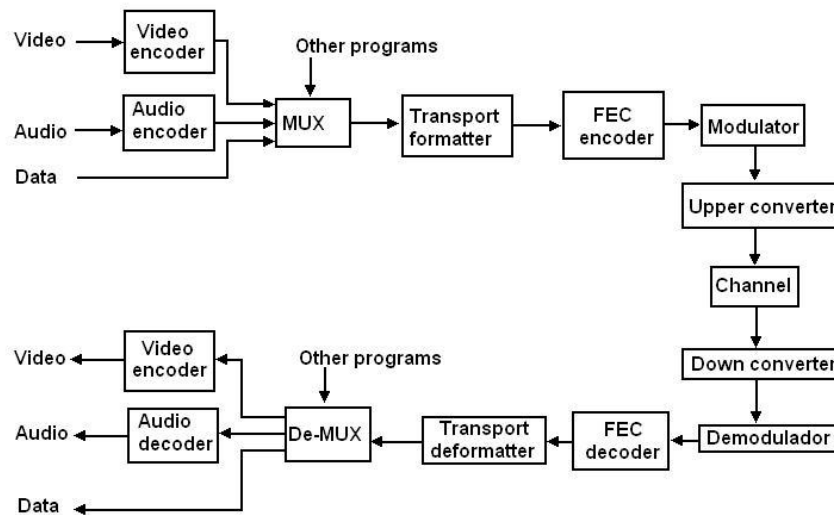


Figura 6: Diagrama general de transmisión y recepción de DTV [149].

son comprimidos y multiplexados para formar cadenas elementales de datos (*streams*). Estos streams pueden ser multiplexados de nuevo con la información fuente, proveniente de otros programas para

formar MPEG-2 TS (el flujo de transporte (TS) consiste de paquetes de 188 bytes de longitud). El FEC toma medidas preventivas para proteger los flujos de datos de errores causados por el ruido y la interferencia en el canal de transmisión. Incluyen la codificación Reed-Solomon, entrelazado externo, y codificación convolucional⁷. El codificador Reed-Solomon, es un codificador de tipo externo, que corrige los datos alterados en el receptor y para ello utiliza unos bits adicionales (bit de paridad) que permiten esta recuperación a posteriori. El número de errores que pueden corregirse es una función directa de los bits de paridad. En Reed-Solomon, el número de errores reparables siempre corresponde a exactamente la mitad de los bytes de la protección de errores.

El modulador entonces convierte los paquetes protegidos por el FEC en símbolos digitales que son convenientes para la transmisión en los canales terrestres. Esto incluye QAM y OFDM en los sistemas DVB-T y ISDB-T, o PAM y VSB en ATSC-T. La fase final es el convertidor superior, el cual convierte la señal digital modulada en el canal de RF apropiado. La secuencia de operaciones en el receptor es en orden inverso a la operación del transmisor [149].

Los procesos digitales de audio y vídeo requieren de conversiones entre el formato analógico al digital por medio del muestreo, la cuantización y la codificación.

El muestreo supone la conversión de tiempo continuo a tiempo discreto de la señal de entrada y a intervalos periódicos, convierte la señal de entrada en impulsos PAM que constituyen las muestras. Conforme al teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo debe tener la condición de que su valor sea, al menos, dos veces el de la frecuencia máxima de la señal a muestrear, de lo contrario se producirá *aliasing*⁸.

En el proceso de cuantización se asigna un número digital a los niveles de voltaje de la señal: 256 niveles para 8 bits, 1,024 niveles para 10 bits y hasta 64,000 niveles para 16 bits. El número de niveles de cuantización está estrechamente relacionado con el número de bits n que se utilizan para codificar una señal. Si hay pocos niveles de cuantización, se presentarían defectos visibles en la imagen.

Por su parte, en el proceso de codificación interviene un convertidor A/D, el cual toma la sucesión de muestras correspondientes a la señal de entrada. Cada muestra discreta recibida es comparada internamente con una referencia, obteniendo con ello información numérica que es posteriormente codificada a binario, generalmente en *complemento dos*⁹ para poder señalar las diferentes polaridades de la información.

7 Es una codificación continua en la que la secuencia de bits codificados depende de los bits previos.

8 Distorsión de la señal debido al traslape ocasionado, como resultado de una tasa de muestreo muy baja.

9 El formato *complemento dos*, es un formato para representar números con signo fundamentado en el sistema posicional de escritura con base dos: el sistema binario.

De esta manera, el convertidor, como bloque funcional incorpora los circuitos de cuantización y codificación, proporciona una palabra binaria de n bits de longitud, en formato paralelo o serie por cada muestra discreta que recibe, obteniendo así el vídeo o audio digital.

La norma CCIR¹⁰ 601 fue la primera norma sobre televisión digital que definió los parámetros básicos del sistema de televisión digital que aseguran la mayor compatibilidad mundial. También conocida como norma 4:2:2, especifica la longitud de la palabra de 8 bits, lo que supone una resolución de 256 niveles de cuantización distribuidos de la siguiente manera:

- Luminancia: 220 niveles para la señal. El nivel 16 corresponde al negro y el 235 al blanco. Se reserva un 10 % para absorber situaciones de sobremodulación.
- Crominancia: 224 niveles para las señales diferencia de color, estando situado el cero analógico en el número digital 18. Tal condición da lugar a valores extremos de 240 y 16. Se reservan 16 niveles por cada extremo para situaciones como la indicada en la luminancia.

Esta norma se basa en una señal Y, Cr (diferencia al rojo), Cb (diferencia al azul) en el formato llamado 4:2:2 (4 muestreos Y por 2 muestreos Cr y 2 muestreos Cb), con una digitalización sobre 8 bits, con posibilidad de ampliarla a 10 bits para aplicaciones más exigentes. Cualquiera que sea el estándar de barrido, la frecuencia de muestreo es de 13.5 MHz para la luminancia Y; y para las señales de crominancia Cr y Cb, dado su ancho de banda más limitado, se muestrean a la mitad de la frecuencia de la luminancia, es decir, 6.75 MHz, que se corresponde con una definición de 720 muestras por línea en luminancia y de 360 muestras por línea de crominancia (datos correspondientes al número de muestras activas por línea).

Para esta frecuencia de muestreo, en el sistema de 525 líneas, el número de muestras por línea es de 858 para la luminancia y de 429 para las diferencias de color (datos correspondientes al número de muestras por línea completa) [7].

Dicha norma, ha ido evolucionando desde que fue creada, en los años 80's. La norma recomienda se use como base para los estándares de codificación digital, por los estudios de televisión en países que utilicen sistemas de 525 ó 625 líneas.

3.5.1 *Vídeo y Audio Digitales*

En el vídeo digital, la información no está representada por la amplitud de las variables físicas, como en el caso de los voltajes de luminancia y crominancia, sino que está representada mediante dígitos,

¹⁰ Ahora conocido como UIT-R.

que son el resultado del proceso de muestreo, cuantización y codificación (digitalización). Este conjunto de dígitos, que representan la información recibe el nombre de *señal digital*.

Para iniciar el proceso de creación de vídeo digital, se deben tomar primeramente aspectos tales como: la resolución, frecuencia de cuadro y número de bits en cada muestra de vídeo. La televisión digital puede transmitirse casi con cualquier resolución y relación de aspecto, e inclusive con exploración entrelazada y no entrelazada. Con respecto al número de bits, el ojo humano tolera más lo que son los errores de cuantización que el oído, por lo que se utilizan muestras de 8 ó 10 bits para el vídeo, siendo que en el caso del audio digital de alta fidelidad se tienen muestras de 10 ó 18 bits. En el mismo caso como en el analógico, no es necesario que la resolución a color sea tan alta como la resolución de luminancia. Por lo general la resolución de color es un cuarto o un medio de la que se utiliza para la luminancia, para cada una de las dos señales de diferencia de color.

Una vez más, se destaca la importancia que representaron los métodos de compresión para el impulso de la televisión digital, debido a que si el vídeo digital de alta calidad no es comprimido, requeriría altas tasas de bits, pues de lo contrario, el canal de televisión ordinario, no sería suficiente para poder transmitir la señal. Las tasas de bits no comprimidas para señales utilizadas en la producción de vídeo digital para definición estándar se encuentran entre 225 Mbps y para alta definición 992 Mbps [119].

3.5.2 *Formatos de Vídeo Digital*

3.5.2.1 *MPEG*

Hacia 1990 la necesidad de organizar el flujo de vídeo, con los de audio y datos auxiliares que le acompañan, motivó a la ISO y al IEC, a formar el grupo de expertos MPEG. Como resultado de los trabajos de este grupo, fue constituido el estándar MPEG adoptado por DVB y DAB, organismos creados en esa época, con el fin de estudiar toda la problemática relativa al vídeo y audio digital para de esta manera establecer normas al respecto. Las metas principales de MPEG, concernientes a la televisión digital, han sido establecer los métodos de compresión de imagen y sonido, además de definir las estructuras de los flujos individuales de vídeo y de audio con sus correspondientes datos auxiliares y la estructura del flujo global. MPEG corresponde a una compresión con pérdidas, pues elimina datos que aún no siendo redundantes, presentan menor importancia que los datos conservados. El flujo MPEG está formado por dos subflujos o capas: la Capa de Sistema, que contiene la temporización y otras informaciones necesarias para demultiplexar los flujos de vídeo y audio, y para sincronizarlos durante la reproducción, y la Capa de Compresión, que incluye los flujos comprimidos de vídeo y audio [95].

El trabajo del grupo MPEG se observó primeramente, en 1992, con el estándar MPEG-1.

MPEG-1 Se publicó como un estándar ISO/IEC 11172 con el título *Information technology – Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbps* y consta de un documento con cinco partes:

1. Sistemas: almacenamiento y sincronización de vídeo, audio, y otros datos juntos.
2. Vídeo: contenido del vídeo comprimido.
3. Audio.
4. Prueba de conformidad: comprobando el cumplimiento del estándar por parte de las implementaciones.
5. Software de referencia: ejemplo de software mostrando cómo codificar y decodificar de acuerdo con el estándar.

El objetivo de MPEG-1 es almacenar audio y vídeo en CD. En cuanto a la tasa binaria que especifica, es de 1.5 Mbps para imagen y sonido, de la cual 1.15 Mbps son para vídeo y los 350 kbps restantes, para audio estéreo y datos auxiliares [95].

MPEG-2 En noviembre de 1994 fue presentado el estándar MPEG-2, desarrollado para la televisión digital. Comienza reduciendo el número de bits requerido para transmitir un cuadro de referencia. Esto lo logra mediante la DCT. En términos generales se debe transformar la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, y posteriormente filtrar la información para reducir tanto como sea posible el número de bits, con una calidad aceptable de la imagen. Esta codificación se realiza sin referencia de alguna otra imagen, por lo que se le conoce como codificación *intraimagen* y la imagen es una *imagen I*.

Se puede comprimir más considerando el hecho de que no todo dentro de una escena común cambia de una imagen a otra. Las escenas con mucho movimiento, requieren de mayor cantidad de datos, pero a pesar de eso también es posible realizar compresión. MPEG-2 define diversos tipos de imágenes, además de las *imágenes I*. El otro tipo se denomina *imágenes P* (predichas), éstas contienen mucho menos datos que las *I*, y portan únicamente información de lo que cambió, además pueden incluir información nueva y *vectores de movimiento* (*Motion vectors*), que son descripciones del movimiento en la imagen.

Por otra parte, las denominadas *imágenes B* (*bidireccionales*), se derivan de las imágenes *I* o *P* anteriores o posteriores a ellas en la secuencia de vídeo, y no suelen utilizarse como referencias. El uso de estas imágenes incrementa la cantidad de compresión, así como también incrementa el tiempo para la decodificación.

El uso de muchas imágenes P y B hace menos robusta la señal al ruido e interferencia, ya que la pérdida de una imagen I podría afectar las imágenes basadas en ésta [119]. En la figura 7 se muestra una secuencia de vídeo conformada por imágenes I, P y B. Dependiendo del formato de imagen, calidad y compre-

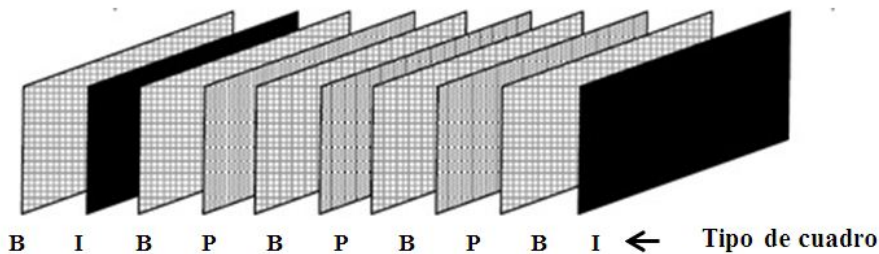


Figura 7: Secuencia de vídeo con imágenes I, P y B [75].

sión que se requiere, MPEG-2 ofrece varios niveles o de codificación, como se muestra en la tabla 5. Múltiples servicios pueden

Nombre	Tipo de codificación de imagen	Formato de Croma	Relaciones de Aspecto	Modos escalables
Simple profile (SP)	I, P	4:2:0	píxeles cuadrados 4:3, ó 16:9	Ninguno
Main profile (MP)	I, P, B	4:2:0	píxeles cuadrados 4:3, ó 16:9	Ninguno
SNR Scalable profile	I, P, B	4:2:0	píxeles cuadrados 4:3, ó 16:9	SNR escalable
Spatially Scalable profile	I, P, B	4:2:0	píxeles cuadrados 4:3, ó 16:9	SNR- o espacial-escalable
High profile	I, P, B	4:2:0 ó 4:2:2	píxeles cuadrados 4:3, ó 16:9	SNR- o espacial-escalable

Tabla 5: Niveles de codificación MPEG [75].

ser multiplexados en un flujo de transporte MPEG-2, teniendo principalmente audio completo asociado a una señal de vídeo (incluyendo diálogo, música, efectos especiales, entre otros), y asociados servicios especiales como para gente con discapacidades visuales o auditivas, señales de emergencia, etc [97]. Millones de decodificadores para la recepción de televisión digital vía satélite, cable o terrestre y de reproductores DVD basados en la norma MPEG-2 están en servicio en todo el mundo. Entre

algunas de las características de MPEG-2 se pueden mencionar [95]:

- El barrido en zig-zag de los coeficientes DCT es variable en MPEG-2, esto es útil para el vídeo entrelazado (procesado por campos) con abundantes movimientos y donde la correlación vertical es pobre.
- La codificación VLC es más versátil en MPEG-2.
- La estimación y compensación de movimiento se hacen campo tras campo, y las escenas con poco movimiento, basta que sean procesadas cuadro a cuadro.
- La cuantización de los coeficientes de la DCT puede ser uniforme o variable.
- Posibilidad de copias magnéticas en el modo de reproducción Fast Forward.
- Edición de imágenes comprimidas MPEG-2 con la precisión de un cuadro.
- Deformación de los cuadros para adaptarlos a los 24 fps del cine.
- Ventana *Pan and Scan* para extraer las diferentes relaciones de aspecto de las pantallas anchas.
- La tasa de bits de MPEG-2 tiene un amplio margen de variación en función de las aplicaciones, las más representativas son televisión convencional: calidad BETACAM, con una tasa de bit entre 3 y 15 Mbps, y televisión de alta definición de 17 a 80 Mbps.
- Las jerarquías ITU 601 utilizadas en MPEG-2 son 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4.
- Las densidades de muestras de luminancia por cuadro son 720 x 576 (Europa) y 720 x 480 (EUA) (Televisión convencional), 1,920 y 1,440 x 1,150 (HDTV Europa).
- Posibilidad de utilizar separadamente el vídeo o el audio.

MPEG-3 Fue diseñado para tratar señales HDTV en un rango de entre 20 a 40 Mbps. Al poco tiempo se descubrió que se podían conseguir resultados similares modificando ligeramente el estándar MPEG-2. Por ello, HDTV fue incluido como un apartado separado en el estándar MPEG-2 y a partir de entonces se interrumpió el trabajo sobre MPEG-3.

MPEG-4 El desarrollo de MPEG-4 empieza en 1993, con la finalidad de normalizar aplicaciones de flujos de bits muy bajos, como los utilizados en vídeo telefonía, tanto fija como móvil. Este formato es una versión mejorada del formato MPEG-2. Se introdujo a

finales de 1998 y fue diseñado por el grupo MPEG bajo el nombre de ISO/IEC 14496. La clave tecnológica que representa la diferencia fundamental de MPEG-4, es la habilidad de codificar objetos visuales de formas arbitrarias, ya que los objetos visuales de MPEG-2 están limitados a tener formas rectangulares. En MPEG-4 es posible componer escenas en donde diferentes personas (imágenes en 2D) pueden estar juntas alrededor de una mesa en la misma escena, siendo cada una, un objeto audiovisual definido y tratado en forma completamente diferente. El estándar MPEG-4 ofrece una serie de tecnologías que definen [18]:

- La representación codificada de unidades con contenido de audio y vídeo, llamados objetos audiovisuales o AVO.
- La forma en que los diversos AVO están compuestos en una escena.
- La manera en la que los AVO son multiplexados y sincronizados, para que puedan ser transportados sobre canales de una red ofreciendo calidad de servicio apropiada para la naturaleza de los mismos o requerimientos del usuario final.
- Una interfaz genérica entre la aplicación y los mecanismos de transporte.
- La manera en la que el usuario final interactúa con la escena, como por ejemplo, cambiando el punto de vista, o con un objeto individual en la escena.
- La proyección de la escena audiovisual compuesta sobre el equipo terminal de audio y/o vídeo deseado.

H.264 La estandarización de H.264 fue un esfuerzo iniciado por el VCEG, un grupo de trabajo de la ITU-T que opera de manera similar a MPEG y ha sido responsable de una serie de estándares de telecomunicaciones visuales. Las etapas finales del desarrollo del estándar H.264 fueron llevadas conjuntamente por VCEG y MPEG. Los trabajos emergentes en el estándar de Codificación de Vídeo Avanzada (AVC), conocidos como recomendación ITU-T H.264 y como ISO/IEC 14496 (MPEG-4) Parte 10 ha tenido gran influencia en la comunidad de estandarización de codificación de vídeo. Publicado en 2003, el estándar H.264/AVC está diseñado para proveer una solución técnica apropiada para un amplio rango de aplicaciones, incluyendo:

- Difusión sobre cable, satélite, DSL y terrestre.
- Almacenamiento interactivo o serial en dispositivos de almacenamiento ópticos y magnéticos, DVD, etc.
- Servicios VOD sobre DSL, ISDN, LAN y redes inalámbricas.

- Servicios de mensajería multimedia sobre DSL e ISDN.

MPEG-4 Visual y H.264, son estándares para la representación codificada de la información visual. En cada estándar está documentado que principalmente definen dos cosas, una representación codificada (o sintaxis) que describe información visual de manera comprimida y un método de decodificación de sintaxis para reconstruir la información visual. Los dos estándares tienen visiones muy relacionadas pero un tanto diferentes. Ambos se refieren a la compresión de información visual, pero MPEG-4 Visual provee una gran cantidad de herramientas flexibles de técnicas y recursos de codificación. Por su parte H.264 se centra específicamente en la eficiencia, en la compresión de las tramas de vídeo (proveyendo de esta manera significativamente mejor compresión que ningún estándar previo) y en la eficiencia de la transmisión (con una serie de características que soportan confiablemente, transmisiones robustas sobre un rango de canales y redes) [79].

3.5.2.2 AVI

Los archivos AVI son un caso especial de archivos RIFF o Formato de Archivos para el Intercambio de Recursos, un formato de propósito general para el intercambio de datos multimedia. Fue desarrollado por Microsoft. En un fichero AVI los datos de audio y vídeo son almacenados consecutivamente en capas (a un segmento de datos de vídeo le sigue inmediatamente otro de audio). La extensión por defecto es .avi, siendo el formato más utilizado para el manejo de datos audio/vídeo en una PC. También existe la posibilidad de almacenar los ficheros en un formato AVI de extensión .raw sin procesar, es decir, sin compresión. AVI no es más que un formato de archivo que puede guardar datos codificados de diversas formas mediante la ayuda de diversos códecs (software de codificación), que aplican diversos factores de compresión [94].

3.5.2.3 DivX

Es una marca de productos creada por DivX, Inc. que incluye el DivX Códec que se ha popularizado debido a su capacidad de comprimir los largos segmentos de vídeo en tamaños pequeños, manteniendo la calidad visual relativamente alta. Hay dos códecs DivX: el códec DivX MPEG-4 Parte 2 y el códec DivX H.264/MPEG-4 AVC. Es uno de los distintos códecs comúnmente asociados con el *ripping*, es decir, la transferencia de audio y vídeo a un disco duro y codificado [132].

3.5.2.4 ASF

Es el formato de archivo utilizado por Windows Media. Audio y/o contenido de vídeo comprimido con una amplia variedad de códecs

se pueden almacenar en un archivo ASF y se reproduce con el Reproductor de Windows Media, streaming de Windows Media Services u, opcionalmente, empaquetado con Windows Rights Media Manager. ASF es un formato de archivo extensible diseñado para almacenar los datos sincronizados del multimedia. Es compatible con la entrega de datos sobre una amplia variedad de redes y protocolos. ASF admite capacidades multimedia avanzadas, incluyendo los tipos de medios extensibles, descarga de componentes, los tipos de medios escalables, soporte de múltiples idiomas, y amplias capacidades bibliográficas, incluyendo gestión de documentos y contenido [99].

3.5.2.5 VOB

Es un formato contenedor usado en DVDs para almacenar vídeo, audio, subtítulos y menús, mediante el estándar MPEG-2, todo multiplexado en un único flujo. Los archivos de este tipo usualmente tienen la extensión .vob o .mpg [51].

3.5.2.6 3G2/3GP

3GP (3GPP) es un formato de contenedor multimedia definido por el proyecto 3GPP para los servicios multimedia de 3G UMTS. 3G2 (3GPP2) es un formato de contenedor multimedia definido por el 3GPP2 para los servicios multimedia de 3G CDMA2000. Es muy similar al formato 3GP, pero tiene algunas ampliaciones y limitaciones en comparación con el formato 3GP. Las especificaciones técnicas del formato 3GP están en la norma ETSI 3GPP. Es un formato requerido para el vídeo, asociado al audio y al texto temporizado. Los formatos 3GP y 3G2 están basados en la ISO/IEC 14496-12 - MPEG-4 Parte 12, pero las versiones anteriores al formato 3GP no utilizaron algunas de sus características. Los formatos 3GP y 3G2 fueron diseñados para disminuir el almacenamiento y la necesidad de ancho de banda con el fin de acomodarlo a los teléfonos móviles [124].

Las diferencias básicas de los formatos 3GP y 3G2 son:

- El formato 3GPP fue diseñado para los teléfonos basados en GSM y pueden tener la extensión .3gp.
- El formato 3GPP2 fue diseñado para los teléfonos basados en CDMA y pueden tener la extensión .3g2.

3.5.3 Formatos de Audio Digital

Un sistema completo de audio digital comienza habitualmente con un micrófono (transductor) que convierte la onda de presión del sonido a una señal eléctrica analógica. Posteriormente esta señal analógica atraviesa un proceso en el que se le puede realizar limitaciones en fre-

cuencia, ecualización, amplificación y compansión¹¹. La ecualización tiene como objetivo contrarrestar la particular respuesta en frecuencia del transductor utilizado, de forma que la señal analógica se asemeje mucho más al audio original.

El muestreo consiste en fijar la amplitud de la señal eléctrica a intervalos regulares de tiempo (frecuencia de muestreo). Para cubrir el espectro audible que va de los 20 Hz a los 20 kHz, suele bastar con tasas de muestreo de un poco más de 40 kHz (debido a que se debe cumplir con el teorema de Nyquist), con 32,000 muestras por segundo se tendría un ancho de banda similar al de radio FM. Aparte de la cuantización en la que se convierten los niveles de las muestras obtenidas en el proceso de muestreo en un valor entero, también se pueden hacer cuantificaciones no lineales, como es el caso de cuantificadores logarítmicos como la Ley Mu o la Ley A [64].

El formato más usado de audio digital PCM lineal es el del CD de audio: 44.1 kHz de tasa de muestreo y cuantización lineal de 16 bits (que mide 65,536 niveles de señal diferentes) y que, en la práctica, permite registrar señales analógicas con componentes hasta los 20 kHz [114].

El sistema de audio digital suele terminar con el proceso inverso al descrito anteriormente. De la representación digital almacenada se obtienen el conjunto de muestras. Estas muestras pasan por un proceso de conversión digital a analógica proporcionando una señal analógica, que luego de un proceso, como pueden ser el filtrado, amplificación, ecualización, entre otros, inciden sobre el transductor de salida (altavoz) que convierte la señal eléctrica a una onda de presión que representa el sonido comprimido [1].

Existen diversos tipos de formatos de audio que pueden ser con pérdida o sin pérdida. Los formatos con pérdida, utilizan un tipo de compresión mínima posible para ello, por lo que esto hace imposible reconstruir exactamente la información original del archivo, reconstruyendo solamente una aproximación de la información original. Entre estos formatos se encuentran [81]:

- MP3 o MPEG-1 Audio Layer 3: un archivo mp3 consigue reducir el tamaño del archivo de sonido, sin embargo la calidad depende de cuanto se comprima. Aproximadamente 1 minuto de audio en formato mp3 ocupa 1 Megabyte con una calidad prácticamente igual a la calidad de CD. La frecuencia de muestreo del mp3 se encuentra entre los rangos de 16 Hz y los 48 kHz. Solo soporta 2 canales (estéreo).
- ACC: es el resultado de la cooperación de compañías internacionales como AT&T, Sony, Dolby y Fraunhofer Institute. Fue declarado estándar internacional en abril de 1997. Es un for-

¹¹ Método aplicable a señales para mejorar la transmisión de las mismas en canales limitados. Está formado por dos procesos: compresión y expansión.

mato de audio digital estándar como extensión de MPEG-2, y ofrece más calidad que MP3. Su compresión está basada en los mismos principios que la compresión MP3. El método de codificación adapta automáticamente la tasa de kbps necesarios en función de la complejidad de la transmisión de audio en cada momento. ACC soporta 48 canales distintos como máximo, lo que lo hace indicado para sonido envolvente o Surround y sonidos polifónicos.

- Ogg: es un formato de audio digital comprimido. Este formato está pensado para codificar desde la calidad de telefonía 8 kHz hasta la calidad de alta definición 192 kHz, y para sistemas monoaurales, estereofónicos, polifónicos, cuadrafónicos, 5.1, ambisónicos¹² y hasta 255 canales discretos. Las tasas de bit disponibles van desde 32 kbps hasta 500 kbps. El formato Ogg ofrece una mejor fidelidad de sonido entre 8 kHz y 48 kHz que el mp3 y sus archivos ocupan menos espacio.
- Dolby Digital (AC-3): es el estándar de compresión de audio propietario de los laboratorios Dolby¹³. El sistema de audio está diseñado para transportar hasta seis señales de audio de alta calidad para su utilización en sistemas de tipo Home Theater (también conocido como 5.1) y permite dar mayor naturalidad a los sonidos que acompañan a las imágenes de alta definición. Los seis canales de audio son: L, C, R, LS, RS y LFE, se codifican 5 canales de audio de banda completa (20 Hz - 20 kHz) y un canal subwoofer (LFE) de frecuencias bajas en la banda de 20 Hz a 120 Hz. Este último sirve para mejorar la reproducción de los sonidos graves como motores, explosiones, vibraciones, etc. También es posible enviar otras combinaciones de señales de audio, siempre que no se exceda la tasa máxima total de 448 kbps [67, 97]. La tabla 6 muestra las características de cada canal y la figura 8 su ubicación.

Dolby Digital además incluye metadatos, que son transportados dentro del flujo de audio y especifican los parámetros claves del programa para todo el procesamiento incluyendo la transmisión al consumidor final. Estos metadatos permiten asegurar la mejor calidad de audio para los usuarios, independientemente del televisor o STB y el medio ambiente. Los metadatos instruyen a los televisores y STBs en el apropiado control de sonoridad (*dialogue normalization*), permiten configurar modos de rango dinámico (*dynamic range*) y especifican los parámetros de mezcla final de canales (*downmixing*) cuando sea necesario.

¹² Sistema de sonido que permite codificar los sonidos con dinámica móvil en uno o dos planos, posibilitando una ubicación de los distintos sonidos en un escenario horizontal de 360° ó en un concepto de esfera completa.

¹³ El Dolby AC-3 es un codificador multicanal ampliamente utilizado el cine; lo que motivó su estandarización para HDTV-ATSC.

Canal de audio	Banda de frecuencias	Tipo de Sonido
Izquierdo (L)	20 Hz-20 kHz	Música
Derecho (R)	20 Hz-20 kHz	Música
Central (C)	20 Hz-20 kHz	Diálogo
Izquierdo envolvente (LS)	20 Hz-20 kHz	Efectos especiales
Derecho envolvente (RS)	20 Hz-20 kHz	Efectos especiales
Canal de Bajas Frecuencias (Subwoofer), LFE	20 Hz-120 Hz	Bajas frecuencias mejoradas

Tabla 6: Canales de audio DOLBY AC3 [75].

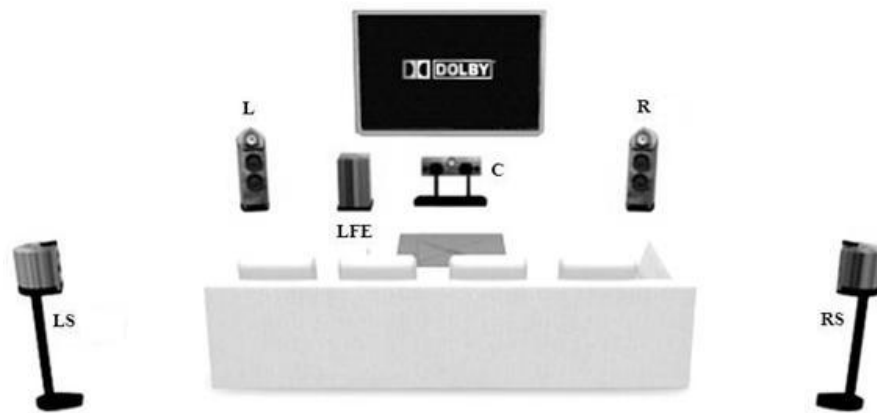


Figura 8: Ubicación de los canales de audio 5.1 [52].

En la radiodifusión, los metadatos son información descriptiva que acompaña al programa. Permite a los radiodifusores y operadores entregar el audio justo como ellos quieren, si sus espectadores escuchan en sonido envolvente, estéreo o mono.

Las tasas de datos típicas para transmisión de canales 5.1 en Dolby Digital son: 384 kbps ó 448 kbps [53, 54].

Los archivos de sonido sin pérdida son aquellos que, usando o no métodos de compresión, hacen posible una reconstrucción exacta de la información original, por mencionar algunos [81]:

- WAV o WAVE: es un formato de audio digital sin compresión, puede soportar casi todos los códecs de audio, se utiliza principalmente con PCM (no comprimido). Se usa profesionalmente, para obtener calidad de CD; se debe grabar el sonido a 44.1 kHz y a 16 bits; por cada minuto de grabación de sonido se consumen alrededor de 10 Megabytes de disco duro. Su limitación es que únicamente puede grabar archivos de 4 Gigabytes que son aproximadamente 6 horas y media de audio en calidad CD.

- ALAC: es un formato de audio digital comprimido sin pérdida desarrollado por Apple Computer. Este códec almacena los datos en el contenedor MP4 o MOV, con la extensión .m4a o .mov respectivamente.

3.6 TIPOS DE TELEVISIÓN DIGITAL

En función de la calidad de imagen y sonido que lleva consigo la TDT, existen diversos tipos de televisión digital: HDTV, SDTV, EDTV y LDTV.

- HDTV: las imágenes son transmitidas con una resolución horizontal que es hasta 6 veces mayor que la que presenta la televisión analógica convencional. La resolución vertical, definida por el número de líneas de barrido, duplica la cantidad de líneas presentada por su par analógico. Por su parte, el audio transmitido es multicanal con sonido envolvente.
- SDTV: las imágenes y el sonido son transmitidos con la misma definición que presenta la televisión analógica convencional. Sin embargo, la transmisión es realizada en formato digital.
- EDTV: las imágenes y el sonido presentan un nivel de calidad intermedio entre HDTV y SDTV.
- LDTV: imágenes y sonido de baja calidad.

Un único programa de HDTV con resolución máxima (19.39 Mbps), ocupa todo el ancho de banda establecido. Asimismo, en la misma banda pueden ser transmitidos varios programas en SDTV y EDTV, como se muestra en la figura 7.

← Ancho de Banda de 6 MHz →

HDTV 19 Mbps 1 programa			
HDTV 15Mbps 1 prog		SDTV 4Mbps 1 prog	
EDTV 9 Mbps 1 prog		EDTV 9 Mbps 1 prog	
SDTV 4 Mbps 1 prog	SDTV 4 Mbps 1 prog	SDTV 4 Mbps 1 prog	SDTV 4 Mbps 1 prog

Tabla 7: Posibles usos del ancho de banda en TV digital.

3.7 TRANSPORTE Y MULTIPLEXAJE

3.7.1 *Estándar ISO/IEC 13818-1 MPEG-2*

ISO/IEC 13818 fue desarrollado en respuesta a la creciente necesidad de contar con un método de codificación genérica de imágenes en movimiento y sonido asociado para diversas aplicaciones, tales como medios de almacenamiento digital, radiodifusión televisiva y comunicación. El uso de esta especificación significa que el vídeo puede ser manipulado en forma de bits y se puede almacenar en diferentes medios, transmitir y recibir sobre las redes existentes y futuras, y distribuir sobre los actuales y futuros canales de radiodifusión.

El sistema de transporte y multiplexaje se encarga del empaquetamiento de la información a transmitir y del multiplexaje de paquetes, para la conformación de los programas o secuencia de programas de televisión. El sistema empaqueta la información proveniente de los codificadores de audio y vídeo (elementary bit streams) adicionando cabeceras de señalización, sincronización, identificación y de control de error. Los paquetes conformados por el sistema se denominan paquetes de transporte. Antes de la conformación de estos paquetes se tiene también la opción de empaquetar la información en paquetes PES. Estos paquetes permiten dar una mayor funcionalidad al sistema en la sincronización e identificación de cada aplicación. Existen dos jerarquías de multiplexación: multiplexación para conformación de programas y multiplexación para conformación de secuencia de programas. La sincronización entre codificador y decodificador, el acceso condicional a la información y la inserción de fuentes con diferentes bases de tiempo, constituyen algunas de las ventajas del sistema.

A través del empaquetamiento PES, se empaqueta cada aplicación proveniente de los codificadores de fuente (audio, vídeo, etc.). Este tipo de paquetes no presenta tamaño fijo. El tamaño del paquete es adaptativo y es indicado en la cabecera del mismo. Para el caso de vídeo, cada paquete PES empaqueta un único cuadro codificado.

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

El multiplexaje de paquetes es realizado en dos jerarquías:

- Multiplexaje para la conformación de programas.
- Multiplexaje para la conformación de secuencia de programas.

Para la conformación de programas se multiplexan los paquetes de audio, vídeo y datos junto con el PMT. Los PMT son paquetes de transporte que identifican a un determinado programa de televisión

digital y llevan consigo los PID de los paquetes de audio y vídeo que pertenecen al programa. Cada programa de televisión lleva asociado su correspondiente PMT. El siguiente nivel de multiplexaje conforma la secuencia de programas a transmitirse, junto con la secuencia se transmiten los paquetes de transporte denominados PAT, estos paquetes llevan los PIDs de los PMT asociados a cada programa multiplexado. Asimismo, llevan el número asignado a cada programa [75].

3.8 TRANSMISIÓN TDT

La transmisión de la señal de TDT se lleva a cabo de forma similar a la de la televisión analógica convencional, es decir, se emplea la técnica de difusión por radio, enviando desde un punto la señal para que sea sintonizada por todos aquellos interesados en recibirla.

Las televisoras utilizan antenas ubicadas en torres, para difundir la señal en un área determinada. La señal es recibida en cada hogar por medio de las antenas que están comúnmente integradas al televisor o que se encuentran en los techos de las casas. Para evitar la pérdida de potencia de la señal, como consecuencia de la distancia, el tipo del terreno o las condiciones climatológicas, se colocan varios repetidores de señal, e incluso regeneradores de señal; con lo que la calidad de la señal en recepción se verá un tanto mejorada, debido a la menor tasa de error en el receptor final.

El despliegue de la TDT puede seguir dos arquitecturas distintas de redes de distribución [95]:

- MFN (nivel nacional): cada transmisor dispone de radiofrecuencias individuales (cada uno de ellos transmite a una frecuencia diferente), no se requiere una sincronía de los distintos centros emisores, y se pueden realizar desconexiones de la programación a distintos niveles, en función de los intereses del editor de contenidos. El inconveniente de este tipo de redes, es el número de frecuencias necesarias para cada uno de ellos. Si varios emisores utilizan la misma frecuencia deben de estar suficientemente alejados unos de otros para no interferirse. Estas redes son las que han difundido al radio y la televisión analógicas desde sus inicios.
- SFN (nivel provincial o local): todos los transmisores del área de cobertura radian a la misma frecuencia y todas las emisiones deben estar moduladas con la misma señal, teniendo para ello que estar sincronizados todos los transmisores. No se pueden realizar desconexiones, pues la señal debe ser la misma para todos los equipos transmisores del área de cobertura. Por el contrario, permiten un mejor aprovechamiento de los recursos del espectro y su planificación es más sencilla. En recepción

se producen ganancias de la señal por los propios ecos que se generan durante la transmisión.

En una SFN para distribución de televisión digital, puede haber sectores entre transmisores adyacentes, en los cuales las transmisiones de éstos se traslapan. En estos sectores, los receptores perciben las múltiples transmisiones como una propagación de multitrayectoria, debido a que las transmisiones portan el mismo contenido, pero están desfasadas en el tiempo y tienen magnitudes relativas que dependen de la ubicación del receptor respecto de los transmisores. El receptor debe procesar estas múltiples transmisiones para obtener una sola señal que permita demodular el flujo de transporte con la menor cantidad de errores. En este sentido, si un estándar tiene mejor robustez frente a propagación de multitrayectoria, la tendrá también en términos de la operación en red con frecuencia única.

Las SFNs ofrecen ventajas significativas en la difusión de televisión digital terrestre. La principal ventaja es la eficiencia espectral¹⁴ que se puede obtener, ya que un servicio compuesto por 4 o 5 programas de televisión puede ser difundido en un área extensa, o incluso a nivel nacional usando tan solo un único canal RF. Sin embargo, el principal reto que implica la operación de un sistema de televisión digital mediante SFNs es lograr y mantener la mejor sincronía posible entre las estaciones transmisoras, de modo que las señales provenientes de dos o más estaciones puedan ser interpretadas, en la práctica, como ecos de una sola transmisión [71].

- La sincronía de frecuencia es especialmente crítica en la televisión digital terrestre debido al esquema de modulación multiportadora empleado. La modulación COFDM emplea portadoras 2K y 8K que se deben difundir a la misma frecuencia RF por todos los transmisores que pertenecen a la red SFN.
- La sincronía temporal también es necesaria para poder aprovechar la robustez frente al efecto de propagación multitrayecto que ofrece la modulación COFDM (cuando la duración del eco es menor que el intervalo de guarda).
- La sincronía de bit implica emitir el mismo símbolo al tiempo de modo que todas las portadoras estén moduladas igual.

¹⁴ Tasa de datos neta que un sistema es capaz de transportar dentro del ancho de banda asignado y bajo condiciones dadas de SNR en un ambiente de propagación determinado. La unidad de medida es *tasa de datos por unidad de ancho de banda* (bits/s/Hz) [75].

- La sincronía es necesaria para asegurar que las transiciones binarias del flujo de datos MPEG-2 sean aleatorizados tan pronto como entran en el codificador de canal.

3.8.1 Estándar ATSC

ATSC es una organización sin fines de lucro creada en 1982 por los miembros del JCIC; EIA, IEEE, NAB, NCTA, y SMPTE [15]. Esta organización se formó para estandarizar las soluciones tecnológicas para la TDT, requeridas originalmente por los radiodifusores de la televisión abierta, libre y gratuita del mercado de los EUA [102].

La estándar de televisión digital de la organización ATSC, fue concebida para maximizar la capacidad de transmitir vídeo y audio de alta calidad, así como datos auxiliares, por un solo canal de radiodifusión de televisión terrestre de 6 MHz. Este diseño dio origen a la HDTV y al sonido envolvente multicanal, y a la capacidad de proporcionar radiodifusión de televisión con definición ordinaria y servicios de datos e interactivos [141]. Este sistema puede entregar alrededor de 19 Mbps en canales de televisión terrestre con ancho de banda de 6 MHz y cerca de 38 Mbps en canales de televisión por cable de 6 MHz [15]. En el año 2004, el estándar ATSC fue modificado para permitir la opción de operación en redes de frecuencia única (SFNs) [45].

En ATSC, las SFNs para señales de portadora única tales como 8-VSB, fueron posibles debido a la presencia de ecualizadores adaptativos en los receptores. Cuando las señales de múltiples transmisores llegan al receptor, bajo las condiciones adecuadas, el ecualizador adaptativo en ese receptor puede tratar varias señales como ecos de otra y extraer los datos que portan. Las condiciones son controladas por las capacidades del ecualizador adaptativo.

Entre las limitaciones de las SFNs se menciona el hecho de que habrá interferencia entre las señales de los transmisores en una red. Esta interferencia debe ser manejada para que se encuentre dentro de las capacidades de los ecualizadores adaptativos del mayor número de posibles receptores. Cuando la interferencia cae fuera del rango que puede ser manejado por un determinado ecualizador adaptativo, otras medidas son aplicadas [11].

La operación de SFNs en ATSC está especificada en el estándar A/110 y en la práctica recomendada A/111. Previo a estos documentos, la operación de SFNs no estaba contemplada en el estándar ATSC. De acuerdo con estos documentos, ATSC puede trabajar en tres posibles modos para redes con múltiples transmisores (ya sea conformando redes de frecuencia única o de frecuencias múltiples) [12, 11]:

- Repetidores digitales en la misma frecuencia: equipos que reciben la misma frecuencia que los receptores domésticos, y la retransmiten en la misma frecuencia con o sin procesamiento, dependiendo del tipo de receptor. El documento A/111 reco-

mienda su uso para ampliar la zona de cobertura, cubrir áreas pequeñas e iluminar zonas oscuras.

- Transmisores distribuidos: reciben la señal a través de una red de bajo retardo y la retransmiten al aire, todos en la misma frecuencia.
- Traductores distribuidos: operan de forma similar a los repetidores, pero retransmitiendo en una frecuencia distinta. Permiten la formación de redes multifrecuencia, y requieren al menos de dos frecuencias disponibles.

3.8.1.1 Sistema ATSC

En la figura 9 se muestra una representación del sistema ATSC [15] y a continuación se explica brevemente cada uno de sus bloques:

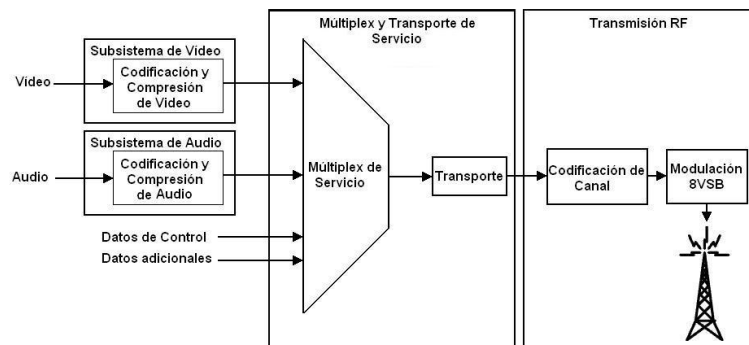


Figura 9: Sistema ATSC [134].

- Codificación y compresión: se refiere a los métodos de reducción de tasa de bits, también conocido como compresión. Ésta se efectúa en el vídeo, audio y datos auxiliares como son: los datos de control y de acceso, así como otros datos asociados con el audio y el vídeo del programa, por ejemplo los subtítulos. El propósito de los codificadores es minimizar el número de bits necesarios para representar la información de audio y vídeo [15].

ATSC utiliza para la codificación de vídeo el estándar MPEG-2, y para la codificación de audio se emplea la norma de compresión de audio digital AC-3, definida en la norma ATSC A/52B como se explicó en el apartado 3.5.3. La codificación AC-3 mejorada (E-AC-3), que proporciona herramientas y capacidades de codificación adicionales, también se define en la Norma A/52B [141].

- Multiplexación y transporte: se refiere a los medios que se utilizan para dividir los flujos de datos dentro de paquetes de información, así como los medios de identificación únicos de cada paquete dependiendo del tipo que éste sea, y el método apropiado de multiplexación de vídeo, audio y datos auxiliares. Además, se refiere al desarrollo de mecanismos de transporte, a la interoperabilidad entre los medios digitales, tales como radiodifusión terrestre, distribución por cable y satelital, medios de grabación e interfaces de computadoras [15].

El estándar ATSC utiliza el estándar MPEG-2 para la paquetización y multiplexación de señales de vídeo, audio y datos de los sistemas de radiodifusión digital, como se ilustra en la figura 10. El PSIP definido en la norma ATSC A/65, es una pequeña colección de cuadros diseñados para funcionar con todo el flujo de transporte (TS) de radiodifusión de televisión digital terrestre. Su finalidad es describir la información a nivel de sistema y de eventos para todos los canales virtuales (números de canales no vinculados directamente con la frecuencia real del canal RF) que se transportan en un determinado TS. Además, puede incorporarse información de canales analógicos y digitales de otros flujos de transporte [141].

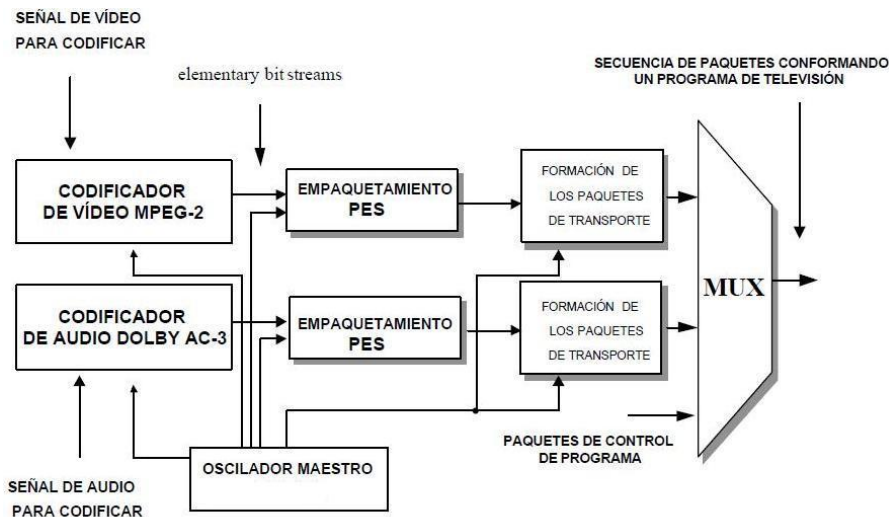


Figura 10: Multiplexaje en ATSC [75].

- Transmisión RF: se refiere a la codificación de canal y a la modulación. Los codificadores de canal toman los flujos de datos y les adhieren información que puede ser usada por el receptor para reconstruir la señal recibida [15], en la figura 11 se muestra el esquema de transmisión. El estándar ATSC utiliza la modulación 8-VSB para la radiodifusión terrestre, ésta se concibió para lograr una gran eficiencia espectral, maximizar la velocidad de

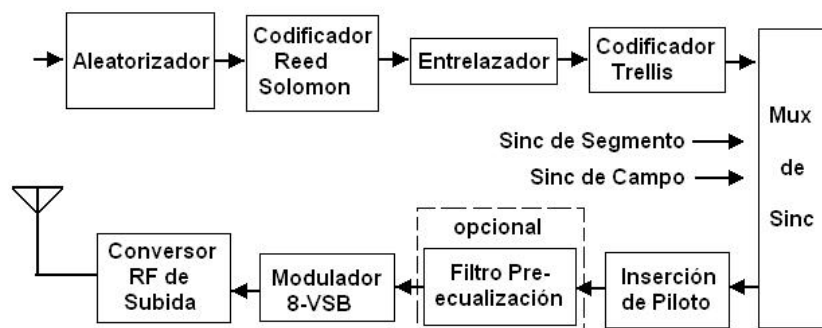


Figura 11: Transmisión ATSC [134].

datos, una elevada inmunidad a la interferencia en el mismo canal y con canales adyacentes, además de una gran robustez en lo que respecta a los errores de transmisión. Las características de 8-VSB permiten utilizar canales DTV en un entorno de espectro muy ocupado que contiene señales de televisión analógica y digital. Dado que la modulación 8-VSB requiere menos potencia, las estaciones de ATSC DTV pueden existir en canales en los que no podrían funcionar las estaciones analógicas debido a la interferencia. La eficiencia espectral y las características de potencia de la modulación 8-VSB son fundamentales a la hora de convertir la transmisión de radiodifusión terrestre de analógica a digital, dado que no se distribuye nuevo espectro durante la fase de transición [141].

El esquema de modulación 8-VSB, es esencialmente una modulación de amplitud de pulsos de 8 niveles (8-PAM), en banda base, trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de banda lateral doble con portadora suprimida, seguido por un filtro que elimina la banda lateral inferior y da forma a los pulsos de la señal para minimizar la interferencia intersimbólica. A la señal resultante se le inserta una señal piloto, la cual brinda una portadora fija en la señal transmitida que simplifica las tareas de sincronización y demodulación en el receptor. Debido a que todo filtro realizable tiene una transición no vertical entre la banda lateral superior y la banda lateral inferior, la señal filtrada inevitablemente contiene vestigios de la banda lateral inferior, lo cual le da el nombre de modulación VSB [45]. Este método de modulación es conocido como VSB y es similar a la técnica de modulación utilizada para transmisión de televisión analógica desde sus comienzos. 8-VSB es un esquema de amplitud modulada que incluye información de sonido digital

como parte de la transmisión digital, en lugar de transportar el sonido en una portadora separada [97].

Al inicio del proceso, los datos entrantes, el vídeo MPEG-2 y audio AC-3 combinados, se aleatorizan con el fin de igualar la potencia en todas las partes del espectro de RF, esto se logra mediante la combinación de los datos con *ruido pseudoaleatorio (PN)*, que corresponden a una serie de unos y ceros, que en apariencia es aleatoria pero que en realidad es repetida cierto tiempo después. En el receptor es conocida la secuencia por lo que se puede utilizar para recuperar los datos originales. Posteriormente se tiene la etapa de corrección de errores con el codificador Reed-Solomon, el cual toma los bytes del paquete MPEG-2 y le adiciona 20 bytes de paridad. Este esquema de codificación es capaz de corregir hasta 10 bytes erróneos entre cada grupo de 207 bytes, para este estándar.

Después se tiene un *entrelazador*¹⁵, el cual expande los datos en el tiempo, acortando de esta manera la posibilidad de que una pequeña porción de ruido cause errores de ráfaga¹⁶ en la imagen. Como resultado de esto, los errores se distribuyen en varias imágenes, facilitando así la corrección de los mismos o en su caso una menor degradación en la imagen y sonido. Cuando un entrelazador está correctamente diseñado, la distribución de los errores responderá a un patrón de aspecto aleatorio y su corrección será mucho más sencilla, si se emplea conjuntamente con adecuadas técnicas de codificación de datos [112].

Otra etapa de corrección de errores es el *codificador trellis*¹⁷; al igual que el proceso anterior adiciona bits de redundancia. Palabras de dos bits, las convierte en palabras de tres bits (ocho niveles) para la transmisión, por esta razón se dice que es un codificador de relación 2/3. Cada grupo de 3 bits así resultantes define uno de los 8 niveles de la modulación VSB [45].

Posterior a esto, son añadidas las señales de sincronía para que el receptor pueda rastrear los cuadros de la secuencia original. Se adiciona una señal piloto, que como ya se había comentado, brinda una portadora fija en la señal transmitida para facilitar la sintonización en el receptor.

A continuación se tiene el modulador 8-VSB, el cual como ya se indicó, contiene un modulador de amplitud que genera una señal con 8 niveles de amplitud discretos, después hay un filtro que tiene como fin el reducir el ancho de banda de la señal ajustando a 6 MHz, esto lo logra eliminando la mayor parte de la banda lateral inferior de la señal de AM. Como parte final del proceso, la señal se convier-

15 Es un codificador que reordena la información digital a transmitir con el objetivo de mejorar el desempeño de los codificadores de canal externos e internos que presente el sistema.

16 Un error de ráfaga afecta a una serie de bits consecutivos, mientras que los errores aleatorios afectan a bits individuales en posiciones de la secuencia del mensaje.

17 Codificador de tipo convolucional interno que permite la detección y corrección de errores aleatorios en bits o símbolos aislados.

te a la frecuencia solicitada y es amplificada a su nivel de potencia correspondiente [119].

Una transmisión ATSC puede portar ya sea una señal única de HDTV, o varios programas diferentes con SDTV. Asimismo, es posible incluir datos adicionales en la transmisión, como pueden ser: canales adicionales de audio, servicios especiales para personas con discapacidades visuales o auditivas.

Para asegurar una adecuada sincronización entre el audio y el vídeo digital, los temporizadores que generan las frecuencias de muestreo toman como referencia a un único oscilador maestro. Esto permite que un cuadro de imagen (representado por un número entero de píxeles) tenga siempre asociado un número entero de muestras de audio. Ambos tipos de información serán reproducidos simultáneamente en el receptor, asegurando una adecuada sincronización. Con ello se pretende evitar el desfase de señal que algunas veces se presenta en los sistemas analógicos [75].

La televisión digital puede ser transmitida casi con cualquier resolución y relación de aspecto. El estándar ATSC determina 18 diferentes formatos de display, los cuales están divididos dentro de cuatro combinaciones de vertical y horizontal [123]:

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

En la tabla 8 se muestran las características básicas de los diferentes formatos de ATSC. Existen tres resoluciones básicas: alta (HDTV), realzada (EDTV) y estándar (SDTV). Para HDTV existen dos posibilidades: 720p (720 líneas activas en exploración progresiva) y 1080i (1080 líneas activas en exploración entrelazada). En los sistemas de barrido entrelazado (i), se necesitan dos campos: uno con las líneas pares y el otro con las líneas impares, para definir un cuadro o imagen completa. Este sistema de barrido es el utilizado en televisión analógica, como se mencionó en el apartado 3.2. En los sistemas de barrido progresivo (p), la trama contiene toda la información de un cuadro, a diferencia del entrelazado, se escanea la imagen entera línea a línea cada $1/16$ segundos; por lo que las imágenes captadas no se dividen en campos separados, las coloca en una misma línea a la vez en perfecto orden como por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, etc. Por tanto, virtualmente no existe un efecto de *parpadeo*. Se requiere de un monitor de alta calidad para aprovechar al máximo este tipo de barrido [97]. En la tabla 9 se muestran las resoluciones de los formatos

Transmisión	Analógica	Digital	Digital	Digital	Digital
Denominación	NTSC	SDTV	EDTV	HDTV	HDTV
Resolución máxima	480i	480i	480p	720p	1080i
Relación de aspecto	4:3	4:3	4:3 y 16:9	16:9	16:9
Capacidad del canal	1	5-6	5-6	1-2	1
Descripción	Como se conoce actualmente	Imagen y sonido similar al DVD	Mejor imagen, función de la fuente	Máxima calidad de imagen	Máxima calidad de imagen

Tabla 8: Características básicas formatos ATSC y NTSC [149].

digitales de ATSC: SDTV y HDTV. ATSC fue diseñado desde el principio con las opciones necesarias para ser implementado en cualquier parte, inclusive en países que adoptasen un formato distinto a NTSC, como PAL. Por ello, ATSC es capaz de trabajar correctamente en situaciones en que la frecuencia de barrido sea tanto 25 cuadros por segundo (PAL) como 30 cuadros por segundo (NTSC) [97]. De los 18

Formato	Líneas de exploración	Frecuencia de exploración	pixelación (V x H)	Velocidad de cuadro	Relación de aspecto
SDTV	525 total 480 activas	15.75 kHz (60i)	640 x 480	24p, 30p, 60p ó 60i	4:3
EDTV	525 total 480 activas	31.5 kHz (60p)	704 x 480	24p, 30p, 60p ó 60i	4:3 y 16:9
HDTV	750 total 720 activas	45 kHz (60p)	1280 x 720	24p, 30p ó 60i	16:9
HDTV	1125 total 1080 activas	33.75 kHz (60i)	1920 x 1080	24p, 30p ó 60i	16:9

*La definición baja (LDTV) no se contempla en esta norma. 4:3 es la relación de aspecto tradicional y 16:9 es la relación de aspecto en pantalla extendida.

Tabla 9: Resoluciones de los formatos digitales ATSC [149].

diversos formatos de vídeo con los que ATSC cuenta, todos los televisores deberían ser capaces de recibir y decodificar los 18 formatos. Sin embargo, la mayoría de los televisores son capaces de desplegar solo 1 ó 2 de estos formatos, y convierten todos los demás a estos últimos.

3.8.1.2 ATSC-M/H (A/153)

El ATSC ha desarrollado un conjunto de normas de radiodifusión de datos y la norma ACAP para los servicios de televisión interactivos. La norma ATSC-M/H (A/153) sirve para prestar servicios de radio-

difusión móvil/pedestre/de bolsillo utilizando una parte de los 19.39 Mbps de la carga útil de ATSC 8-VSB y se entrega sobre transporte IP, de modo que el resto sigue estando disponible para el servicio de televisión HD y/o varios servicios SD y adopta un poderoso esquema de corrección de errores llamado SCCC. El sistema M/H es un sistema de *flujo doble*, teniendo de esta manera el servicio de múltiplex para los servicios existentes de televisión digital y el servicio múltiplex para uno o más móviles, pedestres y servicios de mano. El servicio móvil/portátil ATSC (M/H) comparte el mismo canal RF que el servicio de radiodifusión ATSC descrito en la norma ATSC A/53. En la Figura 12 se muestra una descripción general del sistema M/H [13, 91].

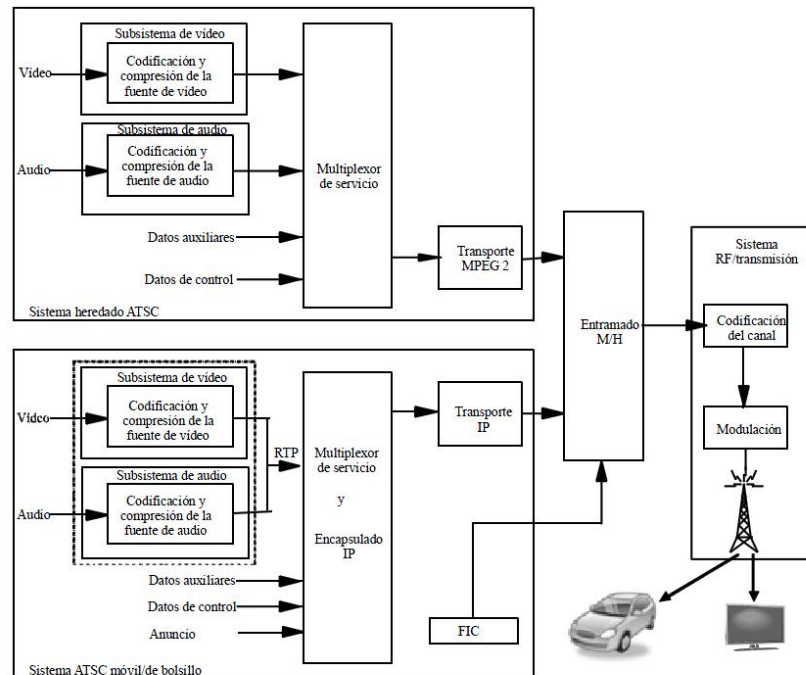


Figura 12: Sistema ATSC-M/H [141].

3.8.1.3 ATSC 2.0

Este nuevo esfuerzo aprovechará el vínculo de la radiodifusión y la conectividad a Internet, para ayudar a asegurar que las emisoras y los fabricantes de receptores tengan una serie de herramientas muy completas, para implementar en los futuros programas y productos de consumo. ATSC 2.0 es un paquete con nuevas capacidades que incluirá transmisión en tiempo no real (NRT), acceso condicional y AVC.

ATSC 2.0 intenta cubrir las expectativas de los usuarios en la parte enfocada a *everything-on-demand*. La radiodifusión es tradicionalmen-

te realizada en *tiempo real*, transmitida y recibida tal como el consumidor ve el contenido. Lo más interesante acerca de esta práctica es que la mayor parte de este contenido no ocurre en tiempo real.

El estándar NRT permitirá la entrega de contenido a los receptores con capacidad de almacenarlo. El uso de compresión avanzada y el bajo costo de otros dispositivos de almacenamiento hace a NRT una solución práctica. NRT puede incluir televisión tradicional (programación de entretenimiento, noticias, clima, deportes), información que no es parte de la televisión tradicional o que está presente de manera personalizada, e información no destinada al cuarto de televisión (incluyendo contenido dirigido a PCs, reproductores de medios portátiles e inclusive plataformas comerciales).

ATSC 2.0 proveerá interactividad y servicios personalizados al creciente número de receptores de televisión con conectividad a Internet. Estos servicios serán transportados por los canales regulares de televisión digital y no interferirán con los servicios actuales de ATSC en el mismo canal de frecuencia, ni tampoco tendrán un efecto adverso en los equipos receptores. MPEG-4 AVC, ampliamente usado para distribución eficiente y de alta calidad de vídeo, ha superado MPEG-2, el cual es la primer tecnología de compresión de vídeo ampliamente usada por más de 15 años [14].

3.8.1.4 ATSC 3.0

Mientras buscan mejoras compatibles para ATSC 2.0, al mismo tiempo se trabaja en ATSC 3.0, un revolucionario estándar de TDT que se espera surja la próxima década. Estas especificaciones están siendo desarrolladas, y se pretende que los futuros estándares sean cada vez más flexibles, escalables y adaptables a innovación futura.

ATSC 3.0 deberá proveer mejoras en el rendimiento y funcionalidades adicionales suficientes para garantizar la implementación de un nuevo sistema. Este cambio a un nuevo sistema seguramente traerá nuevos retos; sin embargo ATSC 3.0 incluirá una serie de servicios sin precedentes que serán útiles para la industria en las próximas décadas. Mientras tanto, ATSC se enfoca en las grandes oportunidades que vienen con la televisión 3D y el mejoramiento de la difusión por Internet como parte de ATSC 2.0. El grupo TG3 se centrará específicamente en todos los trabajos de ATSC 3.0 [14].

3.8.1.5 Televisión 3D

La continua evolución de ATSC incluye el desarrollo de un estándar para transmisión y recepción de televisión 3D. Este estándar tendrá especificaciones para la entrega de televisión en tiempo real y para NRT, para dispositivos receptores móviles/portátiles. Es indispensable que las nuevas características de ATSC 2.0 sean compatibles con A/53 [14].

3.8.2 Estándar DVB

DVB fue diseñado para transmitir información de audio y vídeo codificada de acuerdo con una versión especializada del estándar de codificación de audio y vídeo MPEG-2. El sistema de transmisión del estándar DVB utiliza modulación COFDM para la interfaz aérea, pudiendo ser usados anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz, así como 5 MHz con ciertas limitaciones.

En la tabla 10 se observan las características básicas de los diferentes formatos del estándar DVB. Existen cuatro resoluciones básicas: HDTV, EDTV, SDTV y LDTV¹⁸. En DVB se considera la relación de aspecto de 20:9, una relación muy panorámica. La relación de 20:9 es similar a la relación 2.21:1 utilizada en el cine panorámico (70 mm). En DVB la resolución de la LDTV se apoya en la resolución del Vídeo-CD de Philips. En la tabla 11 se muestran las resoluciones

Transmisión	Analógica	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital
Denominación	PAL	LDTV	SDTV	EDTV	HDTV	HDTV
Resolución máxima	576i	288p	576i	576p	720p	1080i
Relación de aspecto	4:3	4:3	4:3, 16:9 y 20:9	4:3, 16:9 y 20:9	16:9 y 20:9	16:9 y 20:9
Capacidad del canal	1	8-16	5-6	2-3	1-2	1
Descripción	Como se conoce actualmente	Vídeo CD	Similar a PAL	Superior PAL	Máxima calidad de imagen	Máxima calidad de imagen

Tabla 10: Características básicas formatos DVB y PAL [149].

de los formatos digitales de DVB.

3.8.2.1 DVB-T

DVB-T es la primera versión de la norma publicada en marzo de 1997, y desde entonces se ha convertido en el sistema de TDT más ampliamente adoptado en el mundo. Es un sistema flexible que permite a las redes ser diseñadas para proveer una amplia gama de servicios, desde HDTV a SDTV multicanal, recepción fija y móvil [131].

El estándar DVB-T define una capa física¹⁹ y otra capa de enlace de datos²⁰ de un sistema de distribución. Los dispositivos interac-

¹⁸ Corresponde a DVB-H.

¹⁹ Corresponde al nivel 1 del modelo OSI, en este nivel, se definen las características eléctricas, mecánicas y procedimentales de la comunicación en red. Se refiere a las transformaciones que se hacen a la secuencia de bits para transmitirlos de un lugar a otro.

²⁰ Segundo nivel del modelo OSI, es responsable de la transferencia fiable de información a través de un circuito de transmisión de datos.

Formato	Líneas de exploración	Frecuencia de exploración	Pixelación (V x H)	Velocidad de cuadro	Relación de aspecto
LDTV	625 total 288 activas	15,625Hz (25p)	352 x 288	24p, 25p ó 50i	4:3
SDTV	625 total 576 activas	15,625Hz (50i)	720 x 576	24p, 25p ó 50i	4:3 y 16:9
EDTV	625 total 720 activas	31,250Hz (50p)	1080 x 720	24p, 25p ó 50i	4:3 y 16:9
HDTV	750 total 720 activas	37,500Hz (50p)	1280 x 720	24p, 25p ó 50i	16:9 y 20:9
HDTV	1125 total 1080 activas	31,250Hz (50i)	1920 x 1080	24p, 25p ó 50i	16:9 y 20:9

Tabla 11: Resoluciones de los formatos digitales DVB [149].

túan con la capa física a través de una interfaz paralela síncrona (SPI), una interfaz serie síncrona (SSI) o una interfaz serie asíncrona (ASI). Todos los datos se transmiten en flujos de transporte MPEG-2 con algunas restricciones adicionales (DVB-MPEG). Entre algunas de sus características podemos mencionar [66]:

- Se consideran dos modos²¹ de operación según el número de subportadoras en las cuales se subdivide la banda de transmisión, en el modo 2K con 2,048 subportadoras y el modo 8K con 8,192 subportadoras. En la práctica solo se modulan 1,705 subportadoras en el modo 2K, y 6,817 en el modo 8K (incluye subportadoras con tonos piloto y parámetros de transmisión), debido a las limitaciones de los circuitos de RF. Entre las subportadoras moduladas, la cantidad de subportadoras destinadas a portar datos de vídeo para 2K son 1,512 y para 8K 6,048, mientras que las demás son utilizadas para transmitir parámetros de codificación, modulación y tonos pilotos necesarios para sincronización y estimación del canal. Esto además permite que cada operador configure su transmisión libremente en cada momento según el contenido (noticias, HDTV), plan de negocios, etc., y que cada receptor se ajuste automáticamente a la misma.
- Las subportadoras pueden ser moduladas con constelaciones 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM.
- Diferentes tasas de FEC.

²¹ Hay un tercer modo introducido en 2004 para obtener una mayor flexibilidad en la transmisión a terminales móviles (DVB-H), también puede ser usado en DVB-T. En dicho modo denominado 4K, contando con 4,096 subportadoras, en la práctica solo se modulan 3,409; de las cuales 3,024 subportadoras son destinadas a portar datos de vídeo, las subportadoras restantes se destinan a los mismos fines que en el caso de 2K y 8K [134].

- Puede operar en 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda del canal (con vídeo en 50 Hz ó 60 Hz).
- Modulación y codificación de canal jerárquica o no jerárquica.

Las especificaciones del sistema de DVB-T se encuentran en los estándares ETSI EN 300 744 y ETSI EN 300 468. Como en el resto de los estándares DVB, la señal de entrada normalizada es MPEG-2 TS. Dicho *flujo de transporte*, obtenido mediante el proceso *Codificación de Fuente* es una adaptación del estándar MPEG-2 según ISO/IEC 13818 que se estructura multiplexando varios programas y añadiendo la *Información del Servicio (SI)* correspondiente. En el esquema de codificación de fuente, se tiene primeramente que el vídeo y audio comprimido, y las tramas de datos se multiplexan en tramas de programas (PS), que se unen a su vez en el múltiplex de transporte para formar MPEG-2 TS. Ésta es la trama básica transmitida, y se recibe con el STB. Este flujo es en el que viajarán un determinado número de canales de televisión, de radio y servicios interactivos de forma simultánea. Además, también viaja información de señalización tal como horarios de programación o tipo de programa en emisión actual. Una vez que el receptor está recibiendo un flujo de transporte, únicamente queda por seleccionar un servicio en concreto, esto se realiza mediante el PID. El PID identifica un servicio dentro de un conjunto del flujo [120].

El documento ETSI EN 300 468, especifica la *Información del Servicio (SI)* que forma parte de las tramas de bits DVB, con el fin de que el usuario pueda disponer de información de ayuda en la selección de servicios y/o eventos dentro de la trama de bits, y para que el IRD o STB pueda configurarse automáticamente para el servicio seleccionado. Los datos SI para configuración automática están principalmente especificados en la norma ISO/IEC 13818 como la PSI. Además se especifican otros datos que complementan la PSI, suministrando datos para ayudar al ajuste automático de IRDs, e información adicional destinada a mostrar al usuario. La forma de presentación de la información no está especificada en el documento, y los fabricantes de IRDs tienen libertad para elegir los métodos adecuados de presentación. Se espera que las EPG sean una característica de las transmisiones de televisión digital. Los datos que figuran dentro de la SI pueden utilizarse como base para una EPG [120].

DVB-SI está formado fundamentalmente por cuatro tipos de tablas de información de servicio, así como un conjunto de tablas adicionales, que hacen posible su utilización. Estas tablas son las siguientes [2]:

- Tabla de Información de Red (NIT): esta tabla proporciona información acerca de la red física usada para transmitir el *flujo de transporte*, como por ejemplo: frecuencias del canal, características de modulación, detalles de redes alternativas disponibles, etc.

- Tabla de Descripción del Servicio (SDT): contiene datos que describen los servicios en el sistema, como por ejemplo: nombres de los servicios, nombre del proveedor y otros parámetros asociados a cada servicio de un mismo múltiplex.
- Tabla de Información del Evento (EIT): transmite información agrupando todos los eventos que ocurren y que ocurrirán sobre el múltiplex MPEG. Además contiene información sobre el transporte actual y sobre otros flujos de transporte que pueda recibir el IRD.
- Tabla con la hora y la fecha (TDT): se utiliza para actualizar el reloj interno del IRD.

Tablas adicionales [2]:

- Tabla de Asociación de Bouquet (BAT): proporciona información relativa a los bouquets (el término bouquet se usa para referirse a una colección de servicios comercializados como entidad única), además de informar del nombre del bouquet, aportan la lista de los servicios disponibles en cada bouquet.
- Tablas del Estado de Ejecución (RST): actualizan de forma rápida la información relativa a la situación de un acontecimiento (que está o no sucediendo).
- Tablas de Relleno (ST): se emplean para invalidar tablas que ya no sirven.

A diferencia de las tablas de MPEG-PSI, que solo suministran información del flujo de transporte en las que están ubicadas, las tablas de DVB-SI también pueden suministrar información de servicios y eventos transportados por otros flujos de transporte e incluso por flujos de transporte transmitidos por otras redes. Esto permite la conmutación del IRD entre diferentes flujos de transporte, de manera indetectable por el usuario.

En cuanto al documento ETSI EN 300 744, corresponde al estándar de la capa física del sistema DVB-T. Este documento describe un sistema en banda base de transmisión para la radiodifusión de TDT y se hallan las especificaciones que marcan los procesos necesarios de codificación de canal y de modulación para que, realizando el procesamiento pertinente de la señal en banda base, se pueda recibir la misma libre de perturbaciones cuando se usan los canales de transmisión terrestre.

En la figura 13 se ilustra el diagrama general del sistema DVB-T. En este caso hay 2 flujos de transporte, uno de ellos denominado de alta prioridad (HP), que tiene baja velocidad y por tanto menor calidad de imagen, modula las portadoras con QPSK, un esquema de modulación muy robusto frente al ruido. El segundo flujo de transporte, denominado de baja prioridad (LP) complementa al anterior

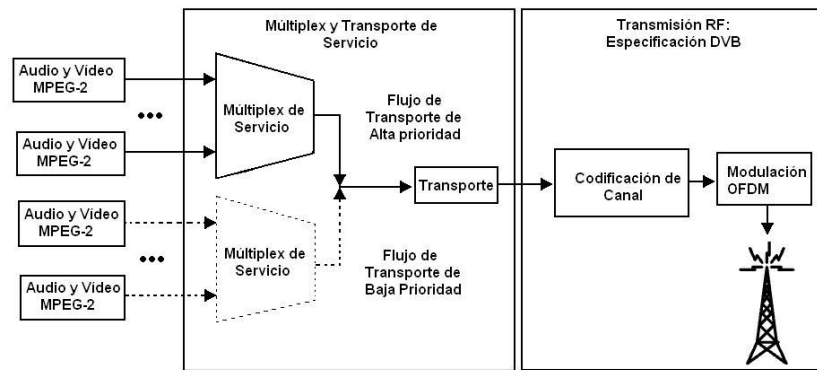


Figura 13: Sistema DVB-T [134].

en cuanto a velocidad y calidad de imagen y combina su información con el anterior, de manera que las portadoras son moduladas finalmente con un esquema más exigente en cuanto a SNR. En dado caso de que este último utilice 4 bits por cada 2 bits del de alta prioridad, se alcanzaría una constelación total para la señal emitida de 64-QAM. En la zona del área de cobertura donde se reciba la señal con buena SNR, la imagen recuperada, de alta calidad, corresponderá a la combinación de los dos flujos (alta y baja prioridad) mientras que en caso contrario la calidad de imagen recibida será peor, correspondiendo solo al flujo de alta prioridad.

El sistema de codificación de DVB-T fue diseñado, en gran medida, para manejar la interferencia dentro del canal y la interferencia de canal adyacente producidas por transmisiones tanto analógicas como digitales.

La codificación de canal (ilustrada en la figura 14), es la secuencia de operaciones mediante la cual se añade suficiente redundancia y protección a la señal para hacerla más robusta, con el fin de poder corregir los errores (FEC) en la recepción. La codificación, llamada externa o de Reed-Solomon, se emplea en todos los estándares DVB y se complementa con otra llamada interna, en el caso de los estándares de transmisión vía satélite y terrestre. Esta codificación es una versión corta de la codificación original Reed-Solomon, mediante la cual se añaden 16 bytes de paridad a los iniciales 188 de cada paquete de transporte, resultando un total de 204 bytes. En estas condiciones pueden corregirse hasta un total de 8 bytes erróneos; cada grupo de 8 paquetes de transporte es primero aleatorizado antes de ser ingresado al codificador Reed-Solomon. El esquema de modulación usado en la transmisión es del tipo OFDM. El resultado de combinar el potente método de codificación para corrección de errores y la modulación multiportadora, es una transmisión de tipo COFDM. Esta transmisión se caracteriza por su inmunidad al desvanecimiento por multitrayectoria e interferencia. Esto se debe a la protección que se

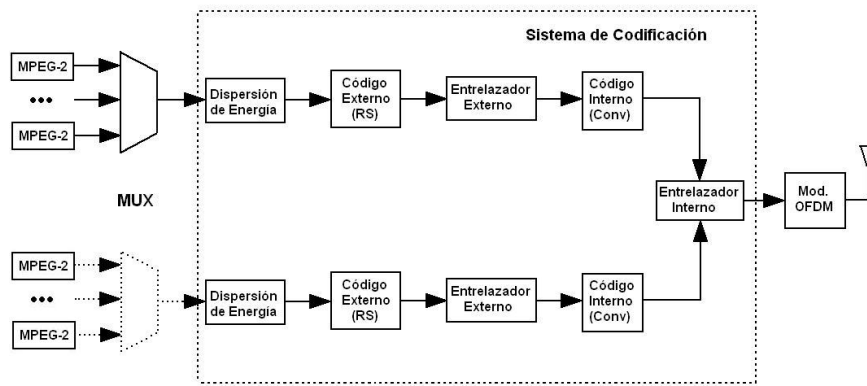


Figura 14: Codificación de canal DVB-T [134].

le da a la señal a través de la codificación FEC conformada por los codificadores internos y externos. El sistema DVB-T introduce un intervalo de guarda para protegerse contra ecos y evitar la interferencia intersímbolo. Las características del estándar DVB-T permiten que si el eco cae dentro del intervalo de guarda, beneficie a la señal; así como también, posee un alto grado de inmunidad a interferencias de banda estrecha [66]. El uso de la modulación OFDM con el *intervalo de guarda* adecuado permite al sistema DVB-T la operación de SFNs. La operación de un sistema DVB-T mediante SFN está especificada en el documento ETSI TS 101 191.

Las redes convencionales de DVB-T consisten en transmisores con señales programadas individualmente y con radiofrecuencias individuales. Por lo tanto, se denominan redes de frecuencia múltiple (MFNs). Con el fin de cubrir grandes zonas con una señal DVB-T se necesita un cierto número de canales de radiofrecuencia. El número de canales depende de la solidez de la transmisión, por ejemplo el tipo de modulación asociado a la tasa de transmisión del canal y el objetivo de la planificación (zona de cobertura total o la cobertura de zonas densamente pobladas solamente).

En redes de frecuencia única con el estándar DVB-T, el principio es el mismo que en el caso del estándar ATSC, en el sentido que las múltiples señales recibidas en las zonas de traslape de los transmisores, deben parecerse lo más posible a un eco. Las redes pueden ser diseñadas para ofrecer una amplia gama de servicios, como la televisión convencional, radio, servicios interactivos, televisión de alta definición y, con multiprotocolo de encapsulación, incluso difusión de datos IP. Una de las limitantes que se tienen en las SFNs, son las interferencias internas de la red. Si las señales de transmisores lejanos se demoran más de lo permitido por el intervalo de guarda, se comportan como ruido de interferencia y no como las señales deseadas. La fuerza de dichas señales depende de las condiciones de propagación,

que pueden variar en función del tiempo. La interferencia interna de una SFN para un determinado espaciado del transmisor, se reduce con la selección de un gran intervalo de guarda [120].

Servicios DVB-T se han desplegado en 68 países y ha sido adoptado en 47 más. Esto en combinación con las pruebas avanzadas y planes serios de implementación de otros países, asciende a 120 países en total, con lo cual se ha tenido un despliegue de hasta más de 200 millones de receptores DVB-T vendidos, con un costo inferior a los 20 USD. Países como Dinamarca, Estonia, Francia, Hungría, Italia, Noruega y Singapur, utilizan DVB-T junto con la codificación de vídeo H.264/AVC MPEG-4 para la prestación de servicios de televisión de alta definición [131].

Entre la documentación publicada por la ETSI para DVB-T se encuentran [120]:

- EN 300 744 V1.5.1: estructura de las tramas, codificación de canal y modulación para televisión digital terrestre (capa física).
- TR 101 190 V1.2.1: guía de implementación para servicios DVB-T; aspectos de transmisión.
- TS 101 191 V1.4.1: Mega-frame para sincronización SFN.

3.8.2.2 DVB-T2

DVB-T2 corresponde al sistema de transmisión de segunda generación para la televisión digital terrestre, tomando como base el sistema DVB-T, DVB-T2 ofrece un incremento de capacidad de un 30 a un 50 % en condiciones de recepción equivalentes. Las televisoras que utilicen DVB-T2 pueden desplegar nuevas multiplexaciones que podrían ofrecer servicios multicanal HDTV y crear nuevas e innovadoras oportunidades de *datacasting* [76].

DVB-T2 usa la modulación OFDM para proporcionar una señal robusta frente al multitrayecto. Emplea los códigos LDPC²² para corregir errores, al igual que en DVB-S2, y así obtiene un rendimiento excelente cuando hay altos niveles de ruido e interferencias. También cuenta con un importante número de características innovadoras como compatibilidad con el sistema MISO (entrada múltiple y salida única) y la técnica Rotated Constellations²³.

En la edición 38 de la revista DVB Scene (septiembre de 2011), se trató el tema *Keen to be green (Dispuestos a ser verdes)*, en el cual se

²² Son una clase de códigos de corrección de error lineal que permiten transmitir un mensaje por un canal de comunicaciones ruidoso (canal de transmisión con errores).

²³ Técnica utilizada en la modulación digital que consigue mejoras en la robustez y la eficiencia de la transmisión a partir de rotar las constelaciones de símbolos originales en un ángulo determinado. Se basa en que los símbolos puedan ser reconstruidos a partir del valor de un único eje de la constelación, de manera que si se pierde el valor del otro eje durante la transmisión, todavía se pueda reconstruir el símbolo enviado.

consideran aspectos ecológicos de la industria de la radiodifusión, incluyendo transmisores, receptores y el desarrollo de los estándares DVB. Debido al gran número de receptores en uso, su consumo de energía es un aspecto importante a tratar. En el inicio de la transición a digital, los decodificadores requerían mucho más potencia en comparación de sus homólogos analógicos. Hoy en día, la tecnología de chipset²⁴ ha logrado una mucho mayor eficiencia. En paralelo a los STB, los displays han mejorado su eficiencia energética, muestra de ello es la última tecnología LED que requiere solo una fracción de la potencia necesaria que la anteriormente requerida. Todos los estándares de segunda generación ofrecen más robustez, lo cual significa que la misma tasa de datos se puede transmitir con menor potencia. Esto es especialmente importante para las redes terrestres con sus altos números de transmisores. El estándar DVB-T2 puede ofrecer una reducción de la potencia por un factor de cuatro, esto implica una gran reducción en los costos operacionales, especialmente cuando se considera que en muchas partes del mundo estos transmisores están recibiendo su energía a partir de un generador local, ya que no están conectados a la red eléctrica.

En resumen, en la transmisión y la recepción se están utilizando los recursos naturales en forma de energía y materias primas. DVB se ha comprometido a continuar en la búsqueda de un verdadero entorno de la radiodifusión verde.

El estándar de segunda generación para la transmisión terrestre DVB-T2, fue aprobado por el ETSI en septiembre de 2009, con un número considerable de mejoras técnicas en comparación con DVB-T. El principal beneficio en la aplicación de la nueva norma es un aumento en la tasa de bits de al menos el 50 %, lo que a su vez permite la entrega de más servicios de alta definición en redes terrestres. DVB-T2 también ofrece oportunidades atractivas para servicios diversificados, así como también nuevos modelos de negocio [122].

En el Reino Unido se comenzó a hacer uso de esta tecnología en 2010, proporcionando el servicio de alta definición de FreeView, la plataforma TDT gratuita británica. Al igual que el Reino Unido, Italia hace uso del estándar DVB-T2, utilizándolo para la difusión de servicios de pago. Teracom, en Suecia, hizo públicos sus planes de pasar a usar DVB-T2 a partir de principios de 2011 para ofrecer servicios de alta definición.

Las pruebas realizadas en España, precedidas solo por las efectuadas en Londres y Turín, tuvieron lugar en el segundo semestre de 2009 y fueron realizadas de la mano de Abertis y la Universidad de Sevilla, cuya finalidad fue el estudio de la cobertura, así como también de la calidad de la señal en recepción. Las emisiones se realizaron gracias a un transmisor de 800 W instalado en el Centro de

²⁴ Conjunto de chips, es decir, circuitos integrados.

Emisión de Valencina de Sevilla, que permitió obtener una cobertura completa para toda la ciudad.

3.8.2.3 DVB-H

DVB-T fue originalmente diseñado para recepción fija y móvil, pero no portátil, la recepción de DVB-T en terminales portátiles fue hecha posible con la norma DVB-H. La cual está pensada para ser usada en movimiento y con aparatos de poca potencia o autonomía. Publicado como un estándar formal (EN 203 204) por el ETSI en noviembre de 2004, DVB-H fue diseñado originalmente para trabajar en la banda UHF entre 470 y 862 MHz, y proporciona capacidades de 5 a 10 Mbps en canales de 8 MHz. Mantiene la capa física de DVB-T, y añade nuevos elementos en la capa de enlace, siendo posible reutilizar la infraestructura de red (transmisores, multiplexores, etc.). La creación de la norma DVB-H, que está estrechamente relacionada con DVB-T, también trajo consigo modificaciones de algunos estándares DVB relacionados con la emisión de datos, Servicio de Información, etc [127].

El factor principal que asegura la calidad en la recepción DVB-H, es el denominado *time-slicing*, el cual representa la principal técnica utilizada para lograr los requerimientos de ahorro de energía. La transmisión de la señal de televisión no se recibe de forma continua, sino que se produce en forma de ráfagas de datos, permitiendo de esta manera que el receptor entre en modo de suspensión hasta que el servicio sea requerido, obteniendo así un ahorro de energía en la batería. También facilita los *handovers*; si el receptor se está moviendo y la calidad de la señal se debilita, éste puede, durante alguna de sus pausas, localizar una frecuencia con mejor señal y cambiar a ella, haciendo un salto, es decir un *handover* de frecuencias. Como resultado se obtiene una recepción fluida y sin cortes [59, 58]. La multiplexación estadística es posible en DVB-H, lo que garantiza un uso óptimo del ancho de banda para prestar servicios, puesto que en situaciones reales, ningún canal de comunicaciones permanece continuamente transmitiendo, por lo que al reservar automáticamente una porción del tiempo de transmisión para cada canal, existirán momentos en los que, a falta de datos del canal correspondiente, no se transmita nada y, en cambio, otros canales esperen innecesariamente. La idea de esta multiplexación consiste en transmitir los datos de aquellos canales que, en cada instante, tengan información para transmitir.

Los multiplexores MDT estadísticos (MDTE) asignan dinámicamente los intervalos de tiempo entre las terminales activas y, por tanto, no se desaprovecha la capacidad de la línea durante los tiempos de inactividad de las terminales.

DVB-H está diseñado para su uso en las Bandas III, IV y V (cuyos datos se mostraron en la tabla 1), así como también la banda L (de 1 a 2 GHz). Además, añade un mecanismo de corrección de errores

adicional, el cual proporciona una mayor robustez a la transmisión, sobre todo en situaciones de movilidad e interferencias. Cada paquete de datos se protege de forma que sea posible corregir errores sin necesidad de una retransmisión. Una de las mayores preocupaciones sobre DVB-H es la gran cantidad de infraestructura de red necesaria para proporcionar niveles aceptables de cobertura, debido a que las condiciones de recepción de DVB-H son mucho más severas que las de DVB-T; sobre todo, para situaciones de recepción en interiores (indoor) y en automóviles (vehicular), DVB-H requiere mucha más infraestructura de red que la existente para DVB-T [38]. Esto es, mayores potencias de transmisión y, especialmente, un considerable número mayor de transmisores y repetidores gap-fillers²⁵, formando SFNs [39]. Por otra parte el rango de frecuencias UHF en el que en principio ha de operar el sistema, está también ocupado por la televisión analógica tradicional y la TDT. Esta escasez de frecuencias continuará hasta que se concluya el *apagón analógico*.

DVB-H se encuentra proporcionando sus servicios en Italia, Finlandia, Suiza, Austria, los Países Bajos, Vietnam, Malasia, Indonesia, India, Filipinas, Albania, Nigeria, Kenia y Namibia. A medida que avanza el *apagón analógico* en toda Europa, el espectro que queda libre en las bandas UHF permitirá el despliegue generalizado de redes DVB-H. En marzo de 2008 este estándar fue recomendado por la Comisión Europea para implementarse en Europa [127].

Documentación publicada para este estándar:

- EN 302 304 V1.1.1: sistema de transmisión para terminales portátiles *handheld*.
- TR 102 377 V1.2.1: guía de implementación para servicios DVB-H.
- DVB BlueBook A092r2: guía de implementación para servicios DVB-H (borrador de TR 102 377).
- TR 102 401 V1.1.1: informe de validación DVB-H del grupo de refuerzo de tareas.

DVB también ha publicado otras especificaciones como DVB-SH²⁶, DVB-MDS y DVB-DSNG.

3.8.2.4 DVB-C

DVB-C fue publicado en diciembre de 1994 por el ETSI, convirtiéndose después en el sistema de transmisión más ampliamente utilizado para la televisión digital por cable. La norma se ha implementado en

²⁵ Reciben una señal y la retransmiten en la misma frecuencia, es decir, la frecuencia de recepción y transmisión son idénticas.

²⁶ Permite la posibilidad de utilizar los satélites que operan en la banda S por debajo de los 3 GHz, como parte de la cadena de televisión móvil.

todo el mundo en los sistemas que van desde las grandes cadenas de televisión por cable (CATV) hasta los sistemas SMATV.

Documentos publicados por el ETSI:

- EN 300 429 V1.2.1: estructura de las tramas, codificación de canal y modulación de sistemas de transmisión por cable.

3.8.2.5 DVB-CS

Corresponde a una adaptación entre los estándares DVB-S y DVB-C, para proveer servicio a los SMATV. Esta es la especificación que debe usarse en los sistemas CATV o en redes de televisión por cable. Se usa para distribuir señales de televisión dentro de un mismo edificio o en edificios contiguos. Las señales son recibidas a través de la antena de recepción de satélite y se pueden combinar con las señales de televisión terrestre. El sistema SMATV representa la posibilidad de compartir los mismos recursos de varios usuarios para la recepción terrestre o por satélite. Además, permite la adaptación de las señales del satélite a las características del canal [120].

Documentos publicados por el ETSI:

- EN 300 473 V1.1.2: sistemas de distribución DVB SMATV.
- TS 101 964 V1.1.1: canal de control para sistemas de distribución SMATV/MATV; especificación base.
- TR 102 252 V1.1.1: guía de usuario para el uso y la implementación del canal de control para sistemas de distribución SMATV/MATV.

3.8.2.6 DVB-C2

Para permitir el uso eficiente de las redes de cable, DVB-C2, utiliza lo último en cuanto a modulación y técnicas de codificación. DVB-C2 se utilizaría inicialmente para la prestación de nuevos servicios innovadores, como el vídeo bajo demanda (VOD) y HDTV. En abril de 2010 fue publicada la especificación DVB-C2. En el mismo mes, la Universidad Técnica de Braunschweig realizó la primera presentación en vivo de la transmisión de DVB-C2, que validó el rendimiento esperado del nuevo sistema.

DVB-C2 presenta un aumento de eficiencia de al menos el 30% bajo las mismas condiciones que en las implementaciones de DVB-C, y soporta diferentes protocolos de entrada. Este nuevo estándar no estaba obligado a ser compatible con DVB-C, aunque los receptores DVB-C2 son capaces de manejar también los servicios de DVB-C.

Su esquema de modulación COFDM, es insensible a los ecos causados por las típicas redes de cable coaxial y muy robusto al ruido impulsivo. La flexibilidad en términos de ancho de banda es una característica importante de DVB-C2 [126].

3.8.2.7 DVB-S

La transmisión por satélite fue la primera área abordada por el proyecto DVB en 1993, este método de transmisión DVB-S está definido en la Norma ETSI adoptada en 1994, ETS 300 421 *Sistemas de Radiodifusión Digital por Televisión, Servicios de Sonido y Datos; Estructura de Cuadros, Codificación de Canales y Modulación para Servicios Satelitales en 11/12 GHz*. Los primeros servicios de televisión digital por satélite fueron puestos en marcha en Tailandia y Sudáfrica, a finales de 1994.

El método de modulación seleccionado para el DVB-S fue QPSK. Durante algún tiempo también se consideró el uso de modulación 8-PSK en lugar de QPSK para aumentar la tasa de datos. En principio, la transmisión satelital requiere de un método de modulación que sea relativamente inmune al ruido.

Debido a la gran distancia correspondiente a 36,000 km entre el satélite y la antena receptora, la transmisión satelital está sujeta a severas interferencias de ruido. En ambos tipos, QPSK y 8-PSK, el contenido de la información está exclusivamente en la fase. Un canal de comunicación de un satélite de radiodifusión directa, normalmente tiene un ancho de banda de 26 a 36 MHz (por ejemplo 33 MHz en el Astra 1F, 36 MHz en el Eutelsat Hot Bird 2), la transmisión hacia satélite está en la banda de 14 a 19 GHz y la bajada en 11 a 13 GHz. Por consiguiente, es necesario seleccionar una tasa de transmisión que produzca un espectro que sea más estrecho que el ancho de banda del transpondedor. El flujo de transporte del MPEG-2 al ser enviado al satélite como una señal modulada QPSK, debe ser primero provisto con una protección de errores antes de que pueda aplicarse al modulador. En DVB-S se usan dos mecanismos de protección de error, un código de bloque Reed-Solomon con una codificación convolucional.

En DVB-S, al paquete del flujo de transporte MPEG-2 de 188 bytes, le son añadidos 16 bytes de protección de error Reed-Solomon para, de esta manera, formar un paquete de datos de 204 bytes de longitud. Esto se llama codificación Reed-Solomon (204, 188). En el receptor, hasta 8 errores pueden corregirse en este paquete de 204 bytes. La posición de los errores no representa relevancia alguna. Si hay más de 8 errores en un paquete, aún pueden ser detectados, pero ya no es posible corregirlos. Siendo este el caso, el paquete de flujo de transporte se marca entonces como *erróneo* por medio del indicador de error de transporte en el encabezado del mismo y finalmente este paquete se desecha por el decodificador MPEG-2.

Una protección de error adicional, en la forma de codificación convolucional, se inserta después de la protección de errores Reed-Solomon, para complementar la transmisión por satélite, obteniendo de esta manera un incremento en el flujo de datos. Esta expansión se hace controlable por medio del FEC [151].

Para este estándar también se dispone del siguiente documento ETSI:

- TR 101 198 V1.1.1: implementación de la modulación BPSK para sistemas de transmisión satélite.

3.8.2.8 DVB-S2

Publicado como estándar ETSI formalmente en marzo de 2005, DVB-S2, fue rápidamente adoptado por la industria para la entrega de nuevos servicios. DVB-S2 hace posible la prestación de servicios que nunca pudieron haber sido entregados por DVB-S, esta entrega la hace con un alto nivel de rendimiento. Entre las características de DVB-S2 se encuentran:

- Hay cuatro modulaciones disponibles: QPSK, 8-PSK 16-APSK y 32-APSK.
- Utiliza un poderoso sistema de FEC, un factor clave para permitir el logro de un rendimiento excelente en la presencia de altos niveles de ruido e interferencias.
- Codificación y Modulación Adaptable (ACM). Permite que los parámetros de transmisión sean cambiados cuadro por cuadro dependiendo de las condiciones particulares de la ruta de entrega para cada usuario individual.

DVB-S2 al igual que DVB-S, su antecesor, ofrece un excelente rendimiento. En Europa y los EUA una serie de canales por satélite, mayoritariamente, utilizan DVB-S2, en relación con el MPEG-4 AVC, para la prestación de servicios de televisión de alta definición (por ejemplo, BSkyB en el Reino Unido e Irlanda, Premiere en Alemania, Sky en Italia, DirecTV en EUA). DVB-S2 también ha sido desplegado por operadores de DTH en otras partes de América, Asia, Oriente Medio y África. La red de comunicación de la EBU, Eurovisión, una de las redes más grandes y de mayor contribución del mundo, ha sido totalmente actualizada de DVB-S a DVB-S2. Las pruebas de los nuevos sistemas en la primavera de 2005 revelaron un aumento del 20% en el rendimiento, un resultado que alentó a la EBU para mejorar la red en el tiempo para distribuir, por ejemplo, la Copa Mundial FIFA 2006 con este estándar.

En agosto de 2006 el grupo de estudio de la UIT sobre la distribución por satélite, emitió una recomendación en la que DVB-S2 solo sería adaptado como la opción preferida para un *Sistema Digital de Radiodifusión por Satélite con una configuración flexible (televisión, sonido y datos)* (ITU recomendación número BO.1784) [129].

Publicaciones ETSI para este estándar:

- EN 302 307 V1.1.2: estructura de las tramas, codificación de canal y modulación de sistemas de segunda generación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones satélite de banda ancha.

- TR 102 376 V1.1.1: guía de usuario de sistemas de segunda generación para radiodifusión, servicios interactivos, periodismo electrónico y otras aplicaciones satélite de banda ancha.
- TS 102 441 V1.1.1: adaptación de código y modulación para aplicaciones híbridas (vía satélite y telefónica) de banda ancha.

3.8.2.9 DVB-SH

Es el nombre de un estándar de sistema de transmisión diseñado para ofrecer servicios de vídeo, audio y datos a los vehículos y dispositivos de mano. La característica principal de DVB-SH es que es un sistema híbrido satélite/terrestre que permite el uso de un satélite para lograr una cobertura de grandes regiones o incluso de todo un país. Está diseñado para utilizar las frecuencias por debajo de 3 GHz, típicamente alrededor de 2.2 GHz. También ha sido diseñado para aprovechar las oportunidades en la banda de alta frecuencia, la banda S (de 2 a 4 GHz), donde hay menor congestión que en UHF. DVB comenzó a trabajar en las especificaciones DVB-SH en el año 2006.

Aunque el DVB-H representó un avance muy significativo, presenta el problema de que se dispone de pocas frecuencias de este tipo a nivel europeo, además de que se requiere desplegar mucha mayor infraestructura de red para proporcionar niveles aceptables de cobertura, sobre todo en aquellos lugares donde no hay población. Debido a lo anterior, el avance que representa DVB-SH, genera un gran interés en los mercados de servicios de televisión móvil en Europa [130].

OFDM es la base tanto de DVB-H y los sistemas DVB-T. A diferencia de ellos DVB-SH presenta un segundo esquema, una multiplexación por división de tiempo (TDM), dando lugar a dos arquitecturas de referencia denominadas SH-A y SH-B [117]:

- SH-A utiliza OFDM: este modo puede ser usado en enlaces directos e indirectos, las dos señales pueden ser combinadas en el receptor para fortalecer la recepción en la configuración SFN.
- SH-B utiliza TDM: parte de este modo derivó del estándar DVB-S2 para optimizar transmisiones a través del satélite hacia terminales móviles. Este modelo solo es utilizado en enlaces directos.

La banda S es muy exigente en términos de cobertura de la señal. Su longitud de onda corta (aprox. 13 cm) requiere de una red terrestre de repetidores bastante densos en pueblos y ciudades. El costo de la red se puede reducir si el SNR requerido, para una recepción estable es bajo [130].

Este sistema incorpora un satélite geoestacionario para proporcionar cobertura en exteriores [44]. En abril de 2008 se llevó a cabo el lanzamiento en EUA de un satélite geoestacionario dedicado a la implementación de un programa nacional de una red DVB-SH, proporcionando servicios de vídeo, información de navegación y mensajería

de emergencia. La CE confirmó en diciembre de 2006, que una porción del espectro de banda S podía utilizarse para servicios móviles por satélite y que los componentes complementarios en tierra de un sistema híbrido satélite/terrestre, también eran permitidos. Un satélite dirigido a seis grandes mercados europeos, se puso en marcha en abril de 2009, que forma parte de una empresa conjunta entre dos importantes operadores de satélites [130]. Dicho satélite cuenta con una antena multihaz de última generación que permite separar los servicios dependiendo de su contenido lingüístico [44].

3.8.2.10 DVB-RCS

DVB-RCS es una norma técnica, diseñada por el proyecto DVB, que define una completa especificación de interfaz de aire para los sistemas del satélite VSAT de banda ancha de dos vías. DVB-RCS ofrece a los usuarios el equivalente de una conexión a Internet ADSL o por cable, sin necesidad de infraestructura terrestre local. En función de los presupuestos de enlace por satélite y otros parámetros de diseño del sistema, la implementación de DVB-RCS puede dinámicamente proveer en cualquier lugar hasta 20 Mbps para cada terminal en el enlace de salida, y hasta 5 Mbps o más, de cada terminal en el enlace de entrada. El estándar ha sido publicado por el ETSI como EN 301 790.

DVB-RCS se desarrolló en respuesta a una petición de varios operadores de satélites y redes que querían embarcarse en despliegue a gran escala de estos sistemas que consideran que es esencial para tener un estándar abierto con el fin de mitigar los riesgos asociados a estar limitado a un solo proveedor. El estándar fue desarrollado, utilizando estado del arte de las técnicas más avanzadas, haciendo un equilibrio entre rendimiento y costo.

En su forma básica, DVB-RCS ofrece conectividad *hub-spoke*, es decir, todos las terminales de los usuarios están conectados a un hub central que controla el sistema y actúa como una puerta de entrada del tráfico entre los usuarios y el Internet.

La terminal de usuario ofrece una IP a través de una conexión Ethernet que se puede utilizar para conectividad interactiva alámbrica o inalámbrica de Internet, para una casa local o una red de oficinas que van de uno a varios usuarios. Además de proporcionar servicios interactivos DVB e IPTV, los sistemas DVB-RCS pueden proporcionar conectividad IP completa desde cualquier lugar con cobertura del satélite adecuado, que a su vez significa abarcar la mayoría de los lugares en tierra, incluyendo áreas no cubiertas por otras soluciones.

DVB-RCS utiliza el esquema de transmisión Acceso Múltiple por división en el Tiempo Multi-Frecuencia (MF-TDMA) para el enlace de retorno, que proporciona una eficiencia de banda ancha para múltiples usuarios. DVB-RCS soporta varios esquemas de acceso, haciendo

que este sistema sea mucho más sensible, y por lo tanto más eficiente que los tradicionales sistemas satelitales.

A mediados de 2007, había más de 150 sistemas de DVB-RCS desplegados en todo el mundo, sirviendo alrededor de 100,000 terminales en banda Ku, banda Ka, banda C y frecuencias extremadamente altas (EHF). DVB-RCS es hoy el único estándar multiproveedor de VSAT. SatLabs es una organización sin fines de lucro de operadores de satélites, proveedores de servicios y fabricantes dedicados a la promoción del estándar DVB-RCS. SatLabs opera un laboratorio de clasificación, donde las terminales pueden ser probadas para demostrar su funcionamiento de acuerdo con el estándar. Las solicitudes atendidas por los sistemas DVB-RCS son muchas y variadas; típicos usos principales incluyen servicios de voz sobre IP y acceso a Internet en general en las zonas rurales, tele-medicina, tele-educación y tele-gobierno, así como también los servicios de Internet más convencionales (e-mail, navegación web, etc.) [128].

3.8.2.11 DVB-3DTV

DVB-3DTV es el primer formato para lo que se conoce como *Planostereoscopic* televisión 3D, desarrollado por el proyecto DVB. Al proceso que permite crear imágenes en 3D se conoce con el nombre de estereoscopía y tiene como fundamento el proceso natural de la visión humana. El sistema visual humano se constituye por el ojo izquierdo y el derecho, estos captan la escena en el mismo instante pero con una imagen ligeramente diferente de la otra debido a la distancia que los separa, estas imágenes son procesadas por el cerebro permitiendo observar el mundo en tres dimensiones [98]. Las imágenes izquierda y derecha pueden ser entregadas a través de infraestructuras existentes de HDTV y pueden ser utilizadas por cable, satélite, radiodifusión terrestre, así como también en canales de banda ancha.

Servicios que utilizan DVB-3DTV ya están disponibles en varios países como por ejemplo EUA, el Reino Unido, Francia, España, Alemania, entre otros. Las primeras transmisiones terrestres se hicieron en el Reino Unido en el verano de 2011 [107].

3.8.3 Estándar ISDB

ISDB-T toma en consideración la conformidad entre la transmisión televisiva y de sonido, además puede suministrar transmisión de datos que consisten en texto, diagramas, imágenes fijas e imágenes de vídeo para aparatos portátiles, así como imágenes de alta calidad y sonido envolvente. En contraste con transmisión por satélite digital, tiene la capacidad de ofrecer información de interés local detallada. Además tiene un gran potencial para difundir terminales móviles de multimedia, tales como radios para coches y receptores de bolsillo.

En la tabla 12 se muestran las resoluciones correspondientes a dicho estándar. Los siguientes requerimientos fueron considerados du-

Líneas verticales	Píxeles por línea	Relación de aspecto	Frecuencia de tramas
1080	1920, 1440, 1080	16:9, 4:3	60i
720	1280	16:9, 4:3	30p
480	720, 540	16:9, 4:3	30p
480	720, 544, 540, 480	16:9, 4:3	60i

Tabla 12: Resoluciones de pantalla ISDB-T [134].

rante el desarrollo de ISDB-T [48]:

- Capacidad de proveer una variedad de servicios de vídeo, sonido y datos.
- Ser suficientemente robusto ante cualquier interferencia, multi-trayectoria y pérdida de intensidad encontrada durante recepción portátil o móvil.
- Tener receptores separados dedicados a la televisión, sonido y datos, así como receptores completamente integrados.
- Flexibilidad para acomodar diferentes configuraciones de servicios y asegurar flexibilidad en el uso de capacidad de transmisión.
- Uso de SFNs.
- Uso efectivo de frecuencias vacantes.
- Compatibilidad con servicios análogos existentes y otros servicios digitales.

El sistema ISDB-T ha utilizado una serie de herramientas para satisfacer estos requerimientos, estas herramientas son: transmisión jerárquica, recepción parcial, modos de transmisión y la adopción del flujo de transporte MPEG-2 para posibilitar la compatibilidad con otros estándares.

3.8.3.1 Recepción parcial

El esquema de modulación que utiliza ISDB-T, es BST-OFDM [45], el cual consiste en que, en un canal de televisión, las portadoras estén agrupadas en segmentos. El agrupamiento de los segmentos permite transportar distintos servicios, como HDTV, SDTV y LDTV [102]. Los segmentos OFDM son 13, y cada uno de estos tiene un ancho de banda $B/14$ MHz (siendo B el ancho de banda del canal de televisión terrestre: 6, 7 u 8 MHz en función de la región), de modo que un

segmento ocupa un ancho de banda de $6/14$ MHz (428.57 kHz), $7/14$ MHz (500 kHz) u $8/14$ MHz (571.29 kHz) [141].

OFDM segmentado permite la recepción de servicios jerárquicos y el *time interleaving*, que hace aleatorias las variaciones de la señal debido al ruido impulsivo o ruido urbano, logrando una mejora en la inmunidad en comparación a otros sistemas. En cuanto al área de cobertura con un único transmisor, el ISDB-T permite lograr la misma área de cobertura con la mitad de potencia que con los otros sistemas [102].

3.8.3.2 Transmisión Jerárquica

Un canal de televisión consiste de 13 segmentos OFDM; sin embargo, una parte del canal de televisión puede ser enviada a receptores fijos, y el resto a receptores móviles; motivo por el cual, la señal puede ser transmitida en forma jerárquica. Cada capa jerárquica consiste en uno o más segmentos OFDM [8], las capas jerárquicas A, B y C presentan parámetros de transmisión, como por ejemplo la tasa de codificación y la profundidad de entrelazado a las que pueden ser ajustados individualmente, de acuerdo a las necesidades y objetivos del servicio encontrados en cada capa [45]. Si la señal es transmitida únicamente usando una capa, se dice que es la capa A, por otro lado, si la señal es transmitida usando dos capas, la capa central es la A y la exterior es la capa B y en dado caso que la señal sea transmitida usando tres capas, la capa central es la A, la siguiente es la B y la exterior es la C [141], esto se puede observar en la figura 15. El número de segmentos y las capas que se utilizan, son determinadas de acuerdo a la organización de la información. Un caso especial de

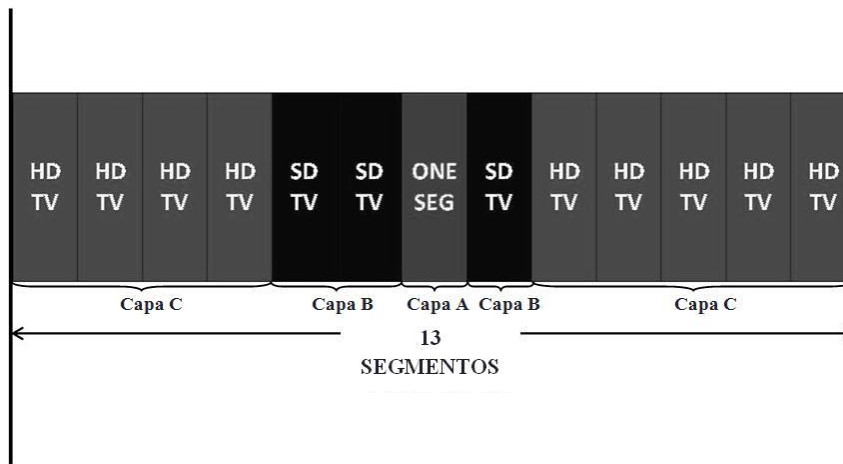


Figura 15: Capas jerárquicas ISDB-T.

la transmisión jerárquica consiste en dedicar el segmento central de la banda para la transmisión de una señal televisiva de baja resolución, a receptores móviles; a esto se le conoce como *One-Seg*. Este seg-

mento puede ser recibido y decodificado independientemente de los otros 12 segmentos, proporcionando así una solución eficiente, tanto en términos de costo (el receptor correspondiente es conocido como receptor de un segmento, significativamente menos complejo que un receptor general de 13 segmentos); como menor consumo energético (fundamental en dispositivos portátiles energizados con baterías) [45]. La transmisión a equipos portátiles, denominada *One-Seg*, utiliza una compresión de vídeo MPEG-4 y una codificación robusta.

Por otra parte ISDB-T posee un mecanismo que permite activar todos los televisores, tanto de 13 segmentos como de 1 segmento, para alertar a la población sobre situaciones de emergencia (típicamente catástrofes naturales) [45].

3.8.3.3 Modos de transmisión

El sistema ISDB-T tiene tres modos de transmisión (Modo 1, 2 y 3), los cuales permiten un amplio uso de frecuencias de transmisión, y además presentan cuatro intervalos de guarda para diseñar la distancia entre transmisores SFN. La tabla 13 presenta las características principales de estos Modos [141]. En el sistema ISDB-T, los intervalos de guarda que se pueden seleccionar son: $1/4$, $1/8$, $1/16$ y $1/32$ de duración efectiva de símbolo. La interferencia multitrayecto se suprime insertando un intervalo de guarda en el dominio de tiempo, haciendo posible al sistema operar en SFN. Se mantienen cuatro esquemas de modulación: QPSK, 16-QAM, 64-QAM y DQPSK; otros parámetros se pueden observar en la tabla 13.

3.8.3.4 Adopción del flujo de transporte MPEG-2

Inicialmente resultaba difícil que el sistema ISDB-T fuera compatible con otros estándares, ya que el flujo de transporte (TS) de MPEG-2 no fue diseñado para transmisión jerárquica y menos aún para una recepción parcial. Sin embargo los ingenieros japoneses de NHK encontraron la manera de resolver este problema, adaptando el flujo de transporte a las necesidades planteadas por el ISDB-T. El flujo de transporte de MPEG-2 fue adaptado mediante un proceso denominado *remultiplexación* [112].

3.8.3.5 Configuración del sistema ISDB-T

El sistema ISDB-T utiliza MPEG-2 para la compresión de vídeo, y para el audio utiliza MPEG-2 AAC, a diferencia del DOLBY AC-3 en ATSC y del MPEG-2 Audio DVB. MPEG-2 AAC está especificado en la norma ISO/IEC 13818-7-Audio [75] y constituye una evolución de la norma MPEG-2 Audio. También se le conoce como codificador MPEG-2 NBC, es decir sistema sin compatibilidad regresiva con MPEG-1-Audio. El MPEG-2-Audio ISO/IEC 13818-3, antecesor del AAC, fue diseñado para operar en el formato de 5.1 canales; sin

Parámetros de transmisión	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos	13		
Ancho de banda	5.57 MHz (6M*) 6.50 MHz (7M*) 7.43 MHz (8M*)	5.57 MHz (6M*) 6.50 MHz (7M*) 7.43 MHz (8M*)	5.57 MHz (6M*) 6.50 MHz (7M*) 7.43 MHz (8M*)
Espacio entre portadoras	3.968 kHz (6M*) 4.629 kHz (7M*) 5.271 kHz (8M*)	1.948 kHz (6M*) 2.361 kHz (7M*) 2.645 kHz (8M*)	0.992 kHz (6M*) 1.157 kHz (7M*) 1.322 kHz (8M*)
Número de portadoras	1405	2809	5617
Duración de los símbolos activos	252 μ s (6M*) 216 μ s (7M*) 189 μ s (8M*)	504 μ s (6M*) 432 μ s (7M*) 378 μ s (8M*)	1008 μ s (6M*) 864 μ s (7M*) 756 μ s (8M*)
Intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de duración efectiva de símbolo		
Método de Modulación	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, DQPSK		
Número de símbolos por cuadro	204		
Time interleaving duration	0, 0.1s, 0.2s, 0.4s		
Código interno	Codificación convolucional ((1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8))		
Código externo	Reed Solomon 204, 188		
Tasa de bit	3.65-23.2 Mbit/s (6M*) 4.26-27.1 Mbit/s (7M*) 4.87-31.0 Mbit/s (8M*)		
Transmisión jerárquica	Capa A, B y C		

* Ancho de banda de los canales de TDT.

Tabla 13: Parámetros básicos del sistema ISDB-T [141].

embargo, no presenta la máxima eficiencia de codificación, debido a que mantiene compatibilidad con el MPEG-1. El AAC se libra de este vínculo y propone un método de codificación más avanzado, con mayor número de opciones y una mayor gama de aplicaciones. En búsqueda de métodos de codificación de audio más eficientes, para canales periféricos como los del formato 5.1, se comenzó a desarrollar AAC. En el estándar ISDB-T también se utiliza el flujo de transporte (MPEG-2 TS) que permite la multiplexación de los programas [121], como se puede observar en la figura 16. Por otra parte en esta misma figura 16, se muestra que en el modulador OFDM ingresa un único flujo de transporte MPEG-2 TS, contrariamente a lo que sucede en un modulador DVB-T, en donde entran dos flujos de transporte

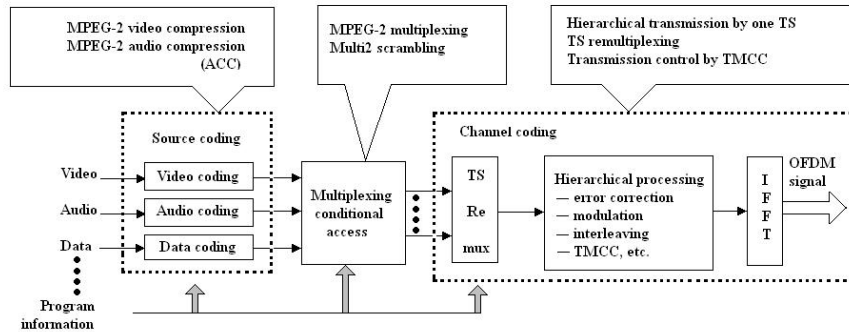


Figura 16: Configuración del sistema ISDB-T [141].

para realizar la modulación jerárquica, uno para cada nivel. En el sistema ISDB-T, los múltiples flujos de transporte que transportan los distintos programas o servicios, deben ser remultiplexados obteniéndose solo uno. En ese flujo de transporte también se envía hacia el receptor información de control de la transmisión, como puede ser la configuración de los segmentos del canal o parámetros de transmisión, a través de la señal TMCC. Este flujo de transporte ya no es llamado TS sino BTS [113]. Para alcanzar la transmisión jerárquica usando el esquema BTS-OFDM, el sistema ISDB-BTS define una trama múltiplex dentro de la extensión del sistema MPEG-2. En la trama múltiplex, el flujo de datos es un flujo continuo de 204 bytes Reed-Solomon-TSP compuestos de 188 bytes TSP y 16 bytes de información nula o paridad Reed-Solomon como se muestra en la figura 17 [141].

Sync 1 byte	MPEG-2 transport multiplexed data 187 bytes
-------------	--

a) MPEG-2TSP

Sync 1 byte	MPEG-2 transport multiplexed data 187 bytes	16 parity bytes
-------------	--	-----------------

b) RS-TSP (transmission TSP). RS(204,188) error protected TSP

Figura 17: MPEG-2 TSP y Reed-Solomon-TSP (transmisión TSP) [141].

3.8.3.6 Flujo de transporte MPEG-2

Como ya se mencionó, inicialmente resultaba difícil que el sistema ISDB-T fuera compatible con otros estándares, motivo por el cual, fue necesario realizarle modificaciones al flujo de transporte a fin de adaptarlo a estos requisitos, buscando que la carga de procesamiento en el receptor fuese mínima.

Dichas modificaciones consisten en lo siguiente [113]:

- Se permite la transmisión jerárquica y la recepción parcial de un flujo de transporte.
- Se tiene un método que relaciona un paquete del flujo de transporte a un segmento de la señal OFDM.
- Hay una interfaz entre el remultiplexor con un modulador a una frecuencia de reloj única y constante.
- Se reconstruye un flujo de transporte serial en los receptores a partir de señales de transmisión jerárquica asignadas a capas paralelas por una modulación multiportadora OFDM.
- Se recupera correctamente la señal del PCR en un receptor con recepción parcial (que toma una de las capas jerárquicas), incluso si la tasa del flujo de transporte del receptor es diferente de la del transmisor.

En la figura 18, se muestran la codificación de canal y la jerarquización de ISDB-T. Hay otras funciones más, como: dispersión de energía, ajuste de retardos y entrelazado, el cual es una forma de diversidad temporal que se emplea para dispersar en el tiempo los errores de ráfaga [112]. El splitter colocado a la salida del codificador Reed-

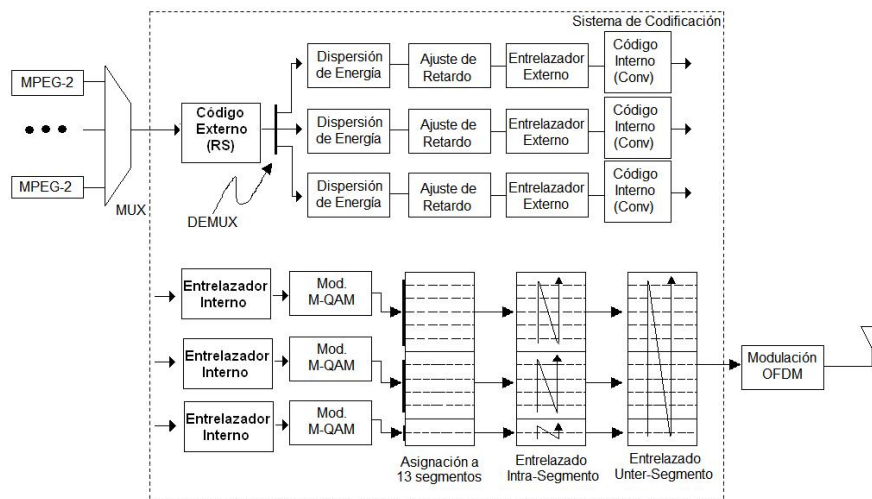


Figura 18: Codificación ISDB-T [113].

Solomon sirve para conformar las capas de codificación para el modo jerárquico, como se muestra en la figura 19. En este splitter son desechados los paquetes nulos insertados en la conformación de una trama múltiplex. El codificador Reed-Solomon utilizado por el sub-

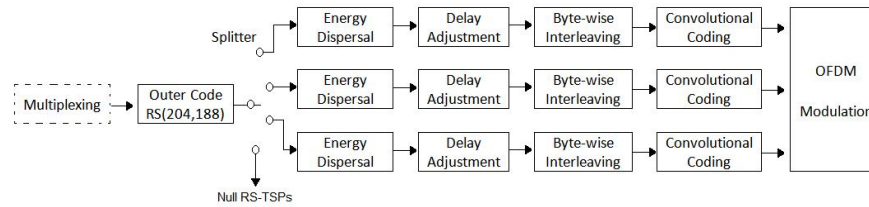


Figura 19: Conformación de las capas de codificación para el modo jerárquico [75].

sistema de transmisión ISDB-T es el Reed-Solomon (204, 188, $t=8$), lo cual implica que por cada paquete de transporte de 188 bytes (provenientes del multiplexor), se agregan 16 bytes de paridad para la corrección de un máximo de 8 bytes con error por paquete.

3.8.3.7 Transmisión a terminales portátiles

La transmisión a terminales portátiles fue considerada desde un comienzo en el estándar ISDB-T mediante el concepto de recepción parcial de un segmento (*One-Seg*).

La solución para transmisión a terminales portátiles basada en recepción parcial de un segmento, es altamente eficiente, puesto que puede ser realizada con un receptor de un solo segmento, el cual es significativamente más sencillo (teniendo de esta manera un menor costo) que un receptor ISDB-T completo de 13 segmentos. Además de esta ventaja económica, un receptor *One-Seg* también es muy eficiente en su consumo de energía, debido a que no requiere decodificar los demás 12 segmentos para recuperar el segmento 13 [134].

3.8.3.8 ISDB-S

La razón principal por la que la ARIB desarrolló el estándar ISDB-S de portadora única, fue para ofrecer capacidad de alta definición, interactividad y eficiencia espectral. En el año 2000, ISDB-S (ARIB STD-B20) fue implementado por el operador de red NHK.

En comparación con DVB-S, las capacidades que se introdujeron incluyeron principalmente modulaciones de orden superior, corrección de errores y multiplexión en el dominio del tiempo. Con el nuevo modo de modulación TC8PSK, son posibles tasas de datos de típicamente 52.2 Mps en un canal de transmisión de ancho 34.5 MHz [118].

3.8.3.9 ISDB-Tmm

En julio de 2010 fue anunciado ISDB-Tmm, una nueva generación del estándar de televisión digital ISDB para difusión terrestre multimedia. ISDB-Tmm es altamente compatible con ISDB-T y puede proporcionar gran variedad de servicios interactivos mediante el uso de la tecnología *One-Seg* existente. Materiales multimedia como e-books, noticias, música, fotografías y películas, pueden ser descargadas en los teléfonos celulares a altas velocidades. A través de varias combinaciones de los grupos de 13 segmentos y un segmento, sin necesidad de protección de banda, ISDB-Tmm puede flexiblemente soportar variados anchos de banda de transmisión que van de 13 segmentos a 33 segmentos (con aproximadamente un ancho de banda máximo de 14.2 MHz). El receptor puede realizar recepción parcial dentro de cualquier segmento. Lo anterior significa que Japón está estudiando la tecnología MIMO para los sistemas de televisión digital terrestre, así como también está tomando en cuenta el uso de esquemas de modulación altos como 1024-QAM, para maximizar la capacidad del sistema. La tecnología MIMO está ampliamente reconocida como un camino eficiente para incrementar la capacidad del sistema y para mejorar la confiabilidad en la transmisión. Hoy en día la tecnología MIMO y el esquema de modulación OFDM se están convirtiendo en los sistemas más emergentes de transmisión [91].

3.8.4 Estándar DTMB

Presenta características diferentes a los otros estándares, tanto en el sistema de modulación como de codificación de canal, y en el que se combinan dos estándares previos, también desarrollados en China: ADTB-T, similar al ATSC y desarrollado en la Universidad de Jiaotong de Shanghai; y el DMB-T en la Universidad Tsinghua de Beijing. El estándar es capaz de transmitir señales aceptables de alta definición a un receptor móvil con una velocidad de 200 km/h. El estándar también soporta el servicio en terminales portátiles. Además, el radio de cobertura es potencialmente más grande que el europeo con DVB-T [120].

El sistema DTMB admite tasas de datos entre 4.81 Mbps y 32.49 Mbps, de modo que puede aplicarse a la televisión de definición ordinaria (SDTV) y a la de alta definición (HDTV). Es un sistema flexible que tiene como esquemas de modulación a 64-QAM, 32-QAM, 16-QAM, 4-QAM-NR y QPSK, e incluye la aleatorización para la dispersión de energía, codificación de canal y entrelazado convolucional.

La tecnología clave de DTMB es el esquema de transmisión de multiportadora llamado TDS-OFDM, el cual usa una secuencia de *ruido pseudoaleatorio* (PN) conocido, como el intervalo de guarda entre los bloques consecutivos de información para alcanzar alta eficiencia espectral, sincronización más rápida y rendimiento excelente en SFNs

[91]. Toma las ventajas de los últimos avances técnicos, como la codificación LDPC para mejor capacidad de corrección de errores y un entrelazador de *tiempo largo* para reducir el ruido impulsivo.

La tasa de datos de entrada corresponde a un flujo de datos de 188 bytes/trama, y puede soportar la mayoría de los estándares de compresión de vídeo MPEG-2, MPEG-4 y H.264 [23].

3.9 RECEPCIÓN TDT

La señal recibida en RF distribuida a los usuarios, por medio del equipo receptor, se demodula, decodifica y se presenta al usuario final; esto puede ser mediante un televisor digital o por medio de un STB, ambos equipos a su vez deben ser capaces de recibir señales de alta definición. En el caso de los STBs, deben tener la capacidad de reducir las señales de HD al formato SD, compatible con pantallas de televisores analógicos, o bien, deben proporcionarlas mediante una salida HDMI a pantallas de televisores integrados de otra norma.

3.9.1 Estándar ATSC

El receptor de televisión digital ATSC, está conformado principalmente por los elementos mostrados en el diagrama de bloques de la figura 20. Se utiliza un ecualizador de canal en el receptor, implementado

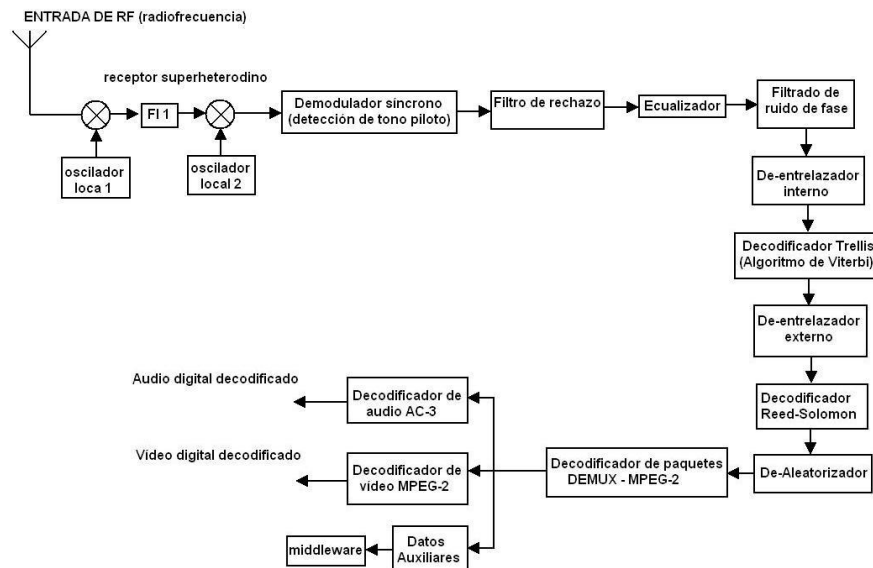


Figura 20: Diagrama a bloques del receptor ATSC [75].

con filtros adaptativos LMS, con el objetivo de corregir las imperfecciones introducidas en el espectro de la señal original, debidas a las interferencias constructivas y destructivas causadas por la distorsión

de multitrayectoria de señal. La función del ecualizador es restablecer las amplitudes de las frecuencias y reconstruir el espectro plano de la señal original. Para ello, el ecualizador necesita que el transmisor proporcione cada cierto intervalo de tiempo, información de entrenamiento (conocida en el receptor), que le permita estimar las condiciones actuales del canal. Los datos auxiliares que son transmitidos y/o multiplexados con la información de audio y vídeo, podrán ser administrados por aplicaciones middleware implementadas en el receptor. Esto permitirá que el usuario tenga disponible una gran variedad de servicios digitales adicionales (como servicios interactivos) y una adecuada administración de la información de televisión [75].

3.9.2 Estándar DVB-T

El demodulador debe utilizar la información de sincronización y señalización para obtener la señal digital en banda base. En este caso los tonos pilotos dispersos servirán para estimar el canal y ecualizar el espectro en el receptor, a fin de restablecer las amplitudes de las subportadoras que fueron afectadas por la distorsión e interferencia. El esquema de recepción para este estándar se ilustra en la figura 21.

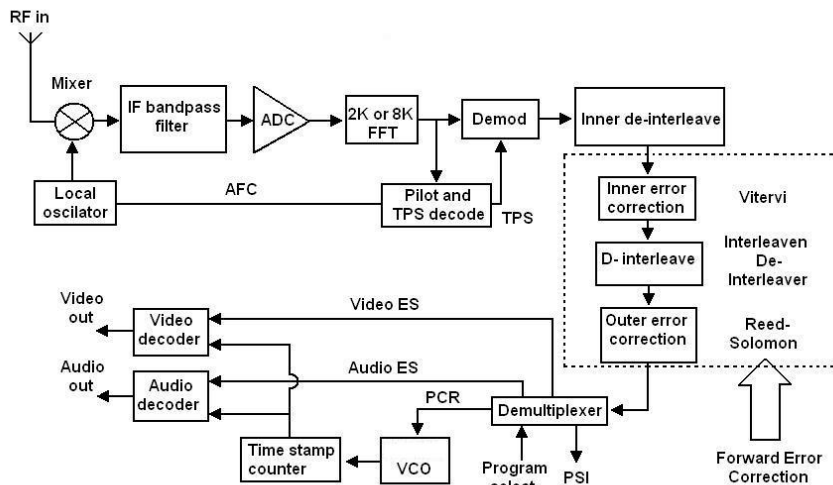


Figura 21: Receptor DVB-T [75].

3.9.3 Estándar ISDB-T

El receptor ISDB-T es más complejo en comparación con DVB-T y ATSC debido a la mayor complejidad de las técnicas de transmisión utilizadas; sin embargo, esto es justificado porque la señal es más robusta frente a la transmisión móvil. Los receptores para la trans-

misión digital en Japón, deben cumplir con la especificación de decodificar cualquier tipo de vídeo-audio y calidad-formato. Las especificaciones del receptor digital, establecen que la salida del formato de vídeo a mostrar, debe poderse seleccionar. Las conversiones de formatos HDTV a SDTV y SDTV a HDTV son posibles.

Ésta es la manera en la que los receptores ISDB-T, soportan la variación en los servicios de transmisión, tales como HDTV, HDTV + SDTV, multi SDTV, etc., en un solo receptor. En la figura 22 se muestra las componentes básicas de un receptor básico ISDB-T. La confi-

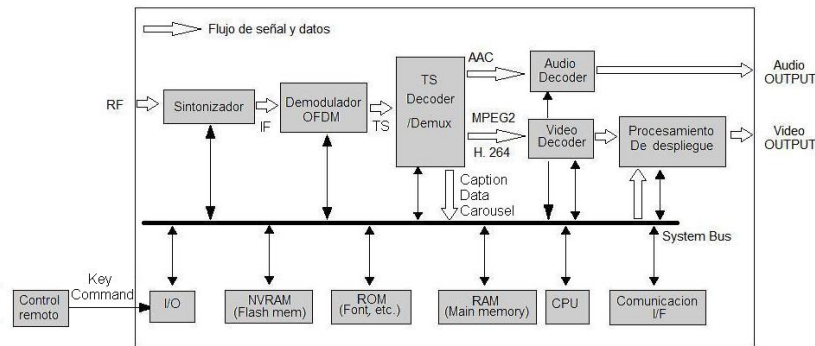


Figura 22: Receptor ISDB-T [135].

guración básica entre un receptor *One-Seg* y uno de *Full-Seg* es muy similar, con algunas diferencias en el sintonizador, vídeo decoder, resolución de pantalla, entre otras.

3.9.4 Tipos de Set Top Box

Existen varios tipos de decodificadores [46]:

- Decodificador HD/SD: STB capaz de recibir y decodificar señales digitales de alta definición (HD) y reducirlas a señales analógicas de definición estándar (SD). Las señales analógicas entregadas por el decodificador pueden ser de radiofrecuencia (para ser alimentada a la entrada de antena del televisor analógico), o cualquiera de las normas habituales para interconexión de vídeo analógico (RCA, S-vídeo, etc.). Este tipo de decodificador será necesario para usuarios que posean un televisor analógico y que deseen continuar usándolo para ver contenido emitido por canales digitales.
- Decodificador HD/HD: este tipo de STB recibe señales de alta definición y las entrega en formato digital de alta definición (como una salida HDMI) para ser alimentado a un televisor digital.

- Decodificador SD/SD: este tipo de STB solamente permite recibir contenido de televisión digital emitido en definición estándar. Es de uso común en Europa, donde la migración a televisión digital ocurrió en SD.

3.9.5 Mercado de los STB

Las ventas mundiales STBs para televisión digital, rompieron la barrera de los 100 mdd por primera vez en 2007, según investigaciones de Strategy Analytics Connected Home Devices. Para 2008, en el informe *TV Digital Set-Top Boxes: Global Market Forecast*, se pronosticó un aumento en la demanda de decodificadores digitales terrestres, impulsado por el inminente *apagón analógico* en EUA. En 2012 las ventas de STBs llegarán a cerca de 200 millones de unidades, como se muestra en la figura 23 y se espera que el mercado mundial de los STBs crezca lentamente a 242 millones en 2016. El informe se basó en el análisis de más de 200 plataformas de televisión digital y operadores en todo el mundo [103]. Broadcom, STMico, Renesas, Trident y

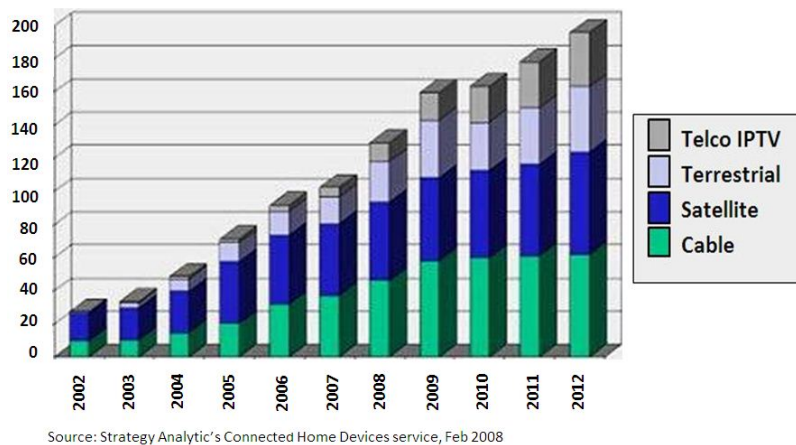


Figura 23: Global Digital TV Set Top Box Market Forecast [103].

Sigma, empresas líderes a nivel mundial de STBs, controlan compartidamente alrededor del 85 % de este mercado, valuado en \$3.3 billones en 2010.

Broadcom tiene el mayor porcentaje en el mercado, seguido por STMico. Las dos compañías difieren en los países a los que dirigen sus productos. STMico se enfoca en el desarrollo en regiones y soluciones al aire libre. Los principales clientes de Broadcom se centran en lo concerniente a cable y satélite, en América del Norte y Europa Occidental. A pesar de que 2010 fue un año excepcional para el mercado de los STB, se prevé que se mantendrá relativamente estable hasta el año 2016, debido a un momento de calma en el mercado en América del Norte y Europa Occidental, que será compensado por el crecimiento en la región de Asia-Pacífico y América Latina, como se

muestra en la figura 24 [116]. En las figuras 25 y 26 se muestran el

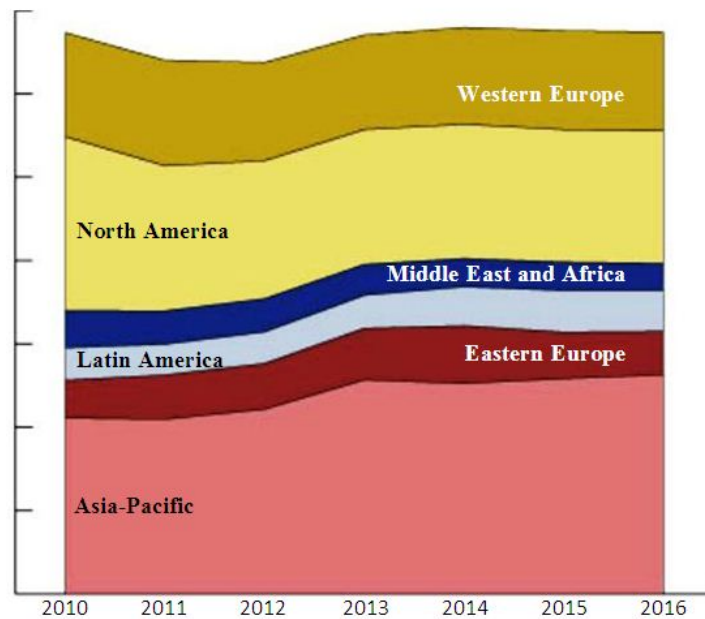


Figura 24: STB IC Market Value by Region, World Market Forecast: 2010-2016 [116].

número de receptores móviles y fijos en el mercado que se tenía en 2009, así como también se muestra una visión a 5 y 10 años dependiendo del estándar a partir de 2009 [72]. El precio de los receptores depende de la magnitud de distribución y de la participación de los fabricantes globales.

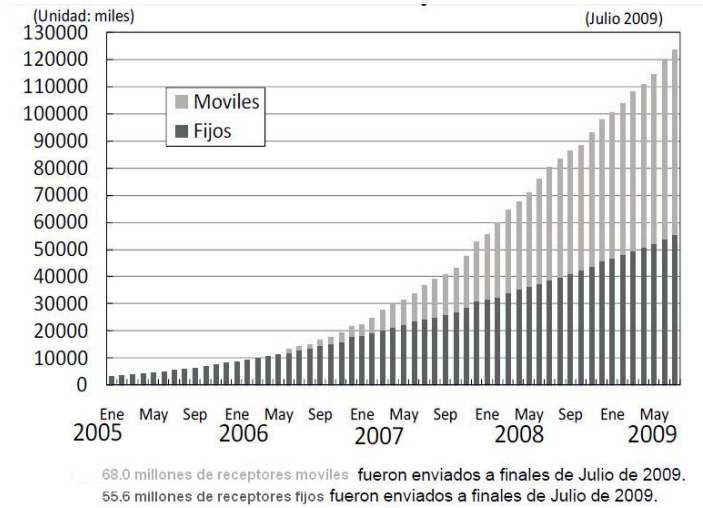


Figura 25: Número de receptores móviles y fijos en el mercado, 2009 [72].

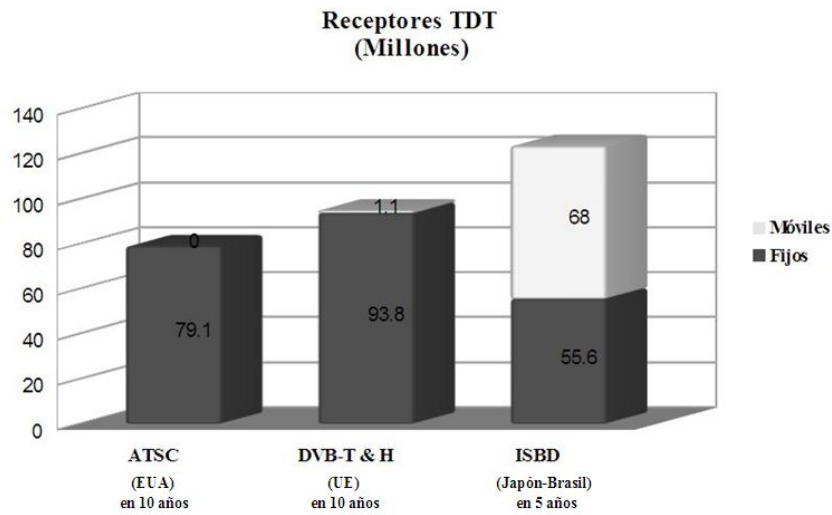


Figura 26: Receptores móviles y fijos de acuerdo con el estándar [72].

TELEVISIÓN DIGITAL EN EL MUNDO

En este capítulo se exponen las acciones que realizaron y el camino que siguieron algunos países de Europa, Asia y América; como fue el caso del Reino Unido, España, Francia, Alemania, Japón, Luxemburgo, Finlandia, Suecia, EUA y Brasil, para realizar la transición de la televisión analógica a la televisión digital. Lo que se presenta en este apartado son las regulaciones y políticas, el estándar de TDT que emplearon, la manera en que informaron a su población, el proceso de transición que llevaron a cabo, así como algunos de los beneficios que este cambio de tecnología les aportó a estos países.

4.1 TELEVISIÓN DIGITAL EN EUROPA

En Europa, el CENELEC, en conjunto con la EBU y el ETSI, establecieron el estándar creado por el consorcio DVB. En 1991 los organismos de radiodifusión, fabricantes de equipos y organismos reguladores en Europa se reunieron para discutir la formación de un grupo que llevaría a cabo la supervisión de la introducción de la televisión digital, dando origen de esta manera al *European Launching Group*. Mediante el MoU, firmado en 1993 por todos los miembros, se sentaron las bases sobre las que los competidores trabajarían en el mercado, es decir, las reglas del juego en las que ellos debían llegar a un acuerdo para que pudieran unificar su futuro en un ambiente de respeto mutuo. Posteriormente, el ELG cambió su nombre a DVB Project, como se conoce hoy en día. Este consorcio fue creado el 10 de septiembre de 1993. Los servicios que utiliza dicho estándar, están disponibles en todos los continentes con más de 600 millones de receptores DVB desplegados [60].

Las especificaciones generadas son enviadas al *EBU/CENELEC/ETSI Joint Technical Committee*, que es el encargado de dar la aprobación a dichas especificaciones y finalmente son formalmente estandarizadas por el CENELEC¹, o en la mayoría de los casos por el ETSI [125].

En los años 80's en Europa se abordó el tema sobre la investigación de la alta definición, impulsando de esta manera el sistema de compresión MAC, un formato implementado digitalmente en el que el procesamiento digital era usado en ambos extremos del circuito transmisor o receptor, pero no en el enlace. Este método involucra el envío de la señal de luminancia y las dos señales de diferencia de

¹ Responsable de la estandarización de los receptores de radio y televisión en Europa.

color en lugar de la señal compuesta analógica PAL, SECAM o NTSC [69].

Como ya se mencionó, la codificación de audio y vídeo en DVB, está basada en estándares establecidos por MPEG. Además, cuenta con un canal de retorno de datos y tiene una variedad de estándares, que difieren de acuerdo al medio de transmisión utilizado como se muestra en la tabla 14. Los estándares DVB abarcan todos los aspectos

Televisión terrestre	DVB-T, DVB-T2, DVB-3DTV DVB-H (para TV portátil), DVB-3DTV
Cable	DVB-C, DVB-C2
Satélite	DVB-S, DVB-S2, DVB-RCS, DVB-SH (híbrido satélite/terrestre para TV móvil)

Tabla 14: Estándares DVB.

tos de televisión digital, desde las transmisiones hasta las interfaces, el acceso condicional y la interactividad del vídeo, audio y datos digitales. Los estándares propuestos han sido ampliamente aceptados en Europa y casi todos los continentes [102]. En los últimos años, DVB ha trabajado en áreas como sistemas de protección de contenido y gestión de copias (DVB-CPCM), además de contribuciones a los esfuerzos de estandarización para la IPTV, televisión en Internet y redes domésticas. En el año 2009 llegó la familia de la segunda generación de estándares, el estándar DVB-T2 y DVB-C2.

Para televisión digital, DVB-C es el sistema más utilizado, mientras que DVB-T ha experimentado un gran crecimiento con servicios en toda Europa y en partes de Asia, África y América Latina y muchos otros países y regiones que están planeando el despliegue con este estándar [108].

La Comisión Europea considera que el *apagón analógico*, estimula la innovación, el crecimiento del mercado de equipo y contribuye al cumplimiento de la agenda diseñada en Lisboa para conducir a Europa hacia la sociedad del conocimiento. Además, estima que para el consumidor, las ventajas de la difusión digital incluyen la calidad mejorada de imagen y sonido, mejor recepción portátil y móvil, más canales de radio y televisión, así como servicios de información mejorados. Además proporciona una ventaja económica significativa, pues hay una mayor cantidad de espectro liberado, debido a la finalización de las emisiones de la televisión analógica terrestre, ya que la TDT es considerablemente más eficiente que la analógica en su empleo del espectro. Esto hace que la reutilización de una parte del espectro de radiofrecuencia sea para la provisión de servicios convergentes, combinación de telefonía móvil y difusión terrestre, así como servicios de comunicaciones paneuropeos electrónicos [138].

En la mayoría de los países de la UE, el período concerniente al *apagón analógico* oscilaba entre 2008 y 2012, siguiendo lo establecido

por la CE. En Europa, prácticamente todos los Estados Miembros han adoptado medidas políticas para fomentar la televisión digital y algunos para la radiodifusión digital sonora [141].

En la tabla 15 se muestran las fechas proyectadas para el *apagón analógico* en Europa.

4.1.1 *Televisión Digital Terrestre en Luxemburgo*

Tras un estudio realizado en Luxemburgo, las transmisiones de prueba de DVB-T comenzaron el 1° de julio de 2002. Al iniciar los servicios de TDT en todo ese país, fueron puestos en marcha con un solo múltiplex. Los espectadores comenzaron accediendo a servicios de 6 programas de televisión, tres en francés (RTL TVI, Club RTL y Plug TV) y tres en holandés (RTL4, RTL5 y RTL7). Los servicios se transmitieron al aire libre y utilizaron el estándar de compresión de vídeo MPEG-2. Con el lanzamiento de los servicios de televisión digital terrestre, la transmisión analógica terrestre de RTL TVI, RTL4 y RTL5 fue completamente apagada.

En 2005 la mayoría de los hogares recibía sus programas de televisión vía cable (más del 90%). Mientras, en ese entonces la mayoría de los programas eran transmitidos en analógico, algunos programas digitales estaban ya siendo ofrecidos, además de que uno de los mayores operadores de cable ya ofrecía nuevos programas digitales. A finales de este mismo año (2005), Luxemburgo no contaba con planes detallados para su transición, esto debido a que no pretendía desarrollar un plan con fechas específicas fijadas por el gobierno, pues su enfoque estaba orientado al impulso del mercado.

El estándar DVB-T fue el adoptado en Luxemburgo, para ofrecer servicios adicionales en combinación con las redes móviles, así como la recepción portátil y móvil de los programas de televisión utilizando el estándar DVB-H.

El Instituto de Regulación en Luxemburgo, indicaba que era muy importante que la cobertura extendida en las regiones fronterizas de los Estados Miembros, fuera preservada en el mundo digital con el fin de permitir la recepción continua de radiodifusión libre por aire de los estados vecinos. En particular como un estado receptor, Luxemburgo altamente valoraba el intercambio de información y los beneficios culturales de la recepción de televisión de los lugares fronterizos.

Servicios de TDT en todo el país se pusieron en marcha en abril de 2006 con la plataforma completa disponible en junio de 2006. El *apagón analógico* tuvo lugar el 1° de septiembre de 2006, siendo de esta manera el primer país del mundo en realizar la transición completa a la emisión digital [41].

4.1.2 *Televisión Digital Terrestre en España*

El mercado de la televisión en España se ha caracterizado por su alto nivel de fragmentación y su amplia oferta de canales, dada su estructura nacional, autónoma y local; así como por una alta presencia de empresas televisivas dependientes de presupuestos públicos en cada una de las estructuras (nacional, autónoma y local) [115].

4.1.2.1 *Transición a la TDT en España*

Los orígenes de la TDT en España se remontan a la ley 66/1997, punto de partida sobre el que se basaría tiempo después el PTNTDT; al mismo tiempo se aprobó el Reglamento Técnico y de Prestación del Servicio de Televisión Digital Terrenal [140].

En el año de 1999 se inició un proceso de implementación de la televisión digital, bajo el estándar DVB-T, por medio de una licencia otorgada por concesión a la empresa Onda Digital S.A., la cual, junto con la marca Quiero TV, comenzó a emitir en el año 2000 bajo la modalidad de pago, por lo que se le concedió el papel de promoción de la TDT. Posteriormente el 10 de marzo de 2000, el gobierno otorgó frecuencias en abierto a Veo Televisión S.A. (VeoTV) y a la Sociedad Gestora de Televisión Net TV S.A. (NetTV), que iniciaron sus emisiones el 18 de junio de 2002 [140]. Adicionalmente se dividió un canal múltiple en cinco programas que se repartieron entre los operadores estatales analógicos existentes; dos para RTVE y uno para cada uno de los emisores privados (Antena 3, Tele 5 y Sogecable) [62].

Sin embargo, debido a la poca variedad en la programación y la fuerte competencia que representaba la televisión por satélite y cable, los cuales ofrecían una mayor variedad de programación, el proyecto de Quiero TV fracasó, razón por la cual se declaró la empresa en bancarrota en el año 2002 [88]. Tras éste fracaso comercial, se hizo un replanteamiento que dio como resultado que durante el año 2003, se flexibilizaran las condiciones de concesión a los operadores que emitían exclusivamente en TDT (NetTV y VeoTV) [62].

El 30 de noviembre de 2005, se inició un proceso de relanzamiento de la televisión digital, con la asignación de las frecuencias de ámbito nacional, que estaban disponibles desde el cierre de Quiero TV. Fue así como se iniciaron nuevas emisiones de canales, las cuales se sumaron a los que ya estaban emitiendo desde el 2002, para totalizar una oferta de 20 canales nacionales en TDT (5 de RTVE, 3 de Telecinco, 3 de Antena 3, 3 de Sogecable, 2 de Veo TV, 2 de Net TV y 2 de La Sexta) [62]. La estrategia fue cambiada de un servicio de pago a un servicio gratuito, fortaleciendo las siguientes características [88]:

- Emisión de contenidos novedosos.
- Capacidad multi-idioma.

- Servicios interactivos.

Por medio del PTNTDT, aprobado por el Real Decreto 944/2005 del 29 de julio, se fijó el 3 de abril de 2010 como fecha de terminación de las emisiones de televisión analógica terrestre. De la misma manera, se estableció un cronograma de ampliación de la cobertura hasta alcanzar niveles de 95 % y 98 % de la población en 2010 [62]:

- 80 % de la población antes del 31 de diciembre de 2005.
- 85 % de la población antes del 31 de julio de 2007.
- 88 % de la población antes del 31 de julio de 2008.
- 90 % de la población antes del 31 de diciembre de 2008.
- 93 % de la población antes del 31 de julio de 2009.
- 95 % de la población para los emisores privados y 98 % para los públicos antes del 3 de abril de 2010.

El proceso de cese de emisiones analógicas se produjo en tres fases, ya que el PTNTDT aprobado por el Consejo de Ministros el 7 de septiembre de 2007, establecía 90 proyectos de transición que, en conjunto, abarcaban la totalidad del territorio del Estado, por lo cual, el calendario de cese de emisiones analógicas de los referidos proyectos de transición se determinó en tres grupos [62]:

- Primer grupo (Fase I): aquellos proyectos de transición que teniendo una población inferior a los 500,000 habitantes, contarán con un alto porcentaje de cobertura en TDT y necesitarán un número reducido de centros para alcanzar una cobertura similar a la analógica.
- Segundo grupo (Fase II): aquellos proyectos de transición con una población intermedia (entre 500,000 y 700,000 habitantes).
- Tercer grupo (Fase III): aquellos proyectos de transición con población muy elevada (más de 700,000 habitantes) y/o que necesitarán de la instalación de un número importante de centros para alcanzar una cobertura similar a la analógica.

Las fases del cese de emisiones con tecnología analógica, tras los proyectos piloto, fueron las siguientes [62]:

- Fase I: con 32 proyectos, fecha límite cese de emisiones analógicas 30-06-2009, 5,628,000 habitantes (12,6 % acumulado). *
- Fase II: con 25 proyectos, fecha límite cese de emisiones analógicas 31-12-2009, 14,475,000 habitantes (32,4 % acumulado). *

- Fase III: 33 proyectos, fecha límite cese de emisiones analógicas 03-04-2010, 44,705,000 habitantes (100 % acumulado).^{*2}

Una vez concluido el *apagón analógico*, al intentar sintonizar un canal de televisión analógico en España, aparecía el mensaje mostrado en la figura 27 en la pantalla del televisor.

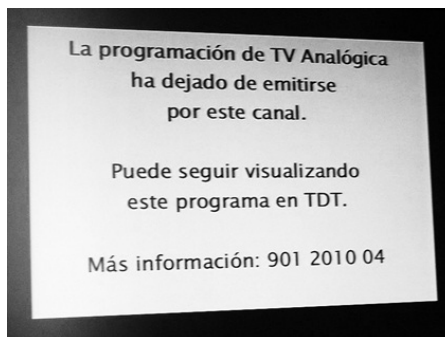


Figura 27: Mensaje de aviso mostrado en la pantalla del televisor al concluir las transmisiones analógicas en España.

4.1.2.2 Operadores TDT

El PTNTDT antes mencionado, establecía que el gobierno podía ampliar a los operadores de televisión dentro de su misma concesión, por lo cual el Consejo de Ministros del 25 de noviembre de 2005 aprobó el acuerdo por el que se ampliarían los canales digitales concedidos a dichos operadores. Además, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 365/2010, dio lugar a un aumento de la oferta televisiva, con el comienzo de las emisiones de canales adicionales de la TDT. Los radiodifusores, de acuerdo con sus propios planes de extensión geográfica, fueron ampliando progresivamente la cobertura de estos nuevos canales hasta alcanzar, como mínimo, el 90 % de la población a lo largo del mes de febrero de 2011 y el 96 % de la población a lo largo del mes de mayo de 2011.

4.1.2.3 Dividendo digital

Para la liberación de las frecuencias radioeléctricas que constituyen el *dividendo digital*, el gobierno aprobó un plan de actuaciones para su liberación, el cual se llamó *Plan Marco de Actuaciones para la liberación del dividendo digital*. El plan detalla las acciones técnicas, sociales y transversales necesarias para su liberación. El objetivo es que la banda

² *Número de habitantes, según el censo de 2006, que al finalizar cada fase tenía exclusivamente recepción en TDT. No obstante, antes de esas fechas ya habían efectuado la transición un importante porcentaje de los mismos, ya que el proceso fue progresivo.

de frecuencias de 790 a 862 MHz, actualmente utilizada por la televisión, quede libre antes de 2015, para servicios que son considerados clave para la recuperación económica, como por ejemplo, los servicios de banda ancha. Entre otros ejes, incluye: la planificación de las frecuencias radioeléctricas, un plan de despliegue de la red técnica, y un plan de compensaciones para la emisión temporal en simulcast, así como para la adaptación, en el caso de que sea necesario, de las instalaciones receptoras. Además, incorpora una serie de actualizaciones de comunicación dirigidas a ciudadanos y administraciones. La consumación del *dividendo digital* y el desarrollo de nuevos servicios y tecnologías en esta banda de frecuencias, son fundamentales para alcanzar el objetivo de cobertura de banda ancha a 30 Mbps del 100 % de los ciudadanos antes de mayo de 2020, según establece la Agenda Digital Europea [61].

El *Plan Marco de Actualizaciones para la liberación del dividendo digital*, tiene como objetivo asegurar el mantenimiento del servicio público de televisión, minimizando al máximo posible el impacto en los ciudadanos y difusores derivado de este proceso de reordenación paneuropea del espectro radioeléctrico. Al mismo tiempo, se busca cumplir los compromisos adquiridos con los operadores que se han adjudicado frecuencias en la banda de 790 a 862 MHz, en las licitaciones que se han llevado a cabo. Este plan cuenta con un amplio grado de consenso entre los agentes del sector, tanto en la oportunidad de su aprobación, como guía de las actuaciones a realizar en el período de 2012 a 2014, como en el contenido del mismo [61].

Según una publicación de *TV Zone* de marzo de 2012, el gobierno planeaba recortar el número de canales de la TDT, esto con el fin de beneficiar a los operadores de telecomunicaciones, sobre todo para ahorrar una cantidad importante de millones de euros. Los cambios favorecen el despliegue de redes móviles LTE, y provocan la desaparición de muchos canales. Las nuevas medidas diseñadas por el gobierno obligan a las cadenas de televisión a cambiar de frecuencias para liberar la banda de 800 MHz. Según *TV Zone*, cada grupo perdería un múltiplex en la TDT, lo cual supone que prácticamente todas las cadenas tendrían que reducir el número de canales temáticos por grupo, e incluso supondría la renuncia de algunos canales de la alta definición [86].

4.1.3 *Televisión Digital Terrestre en Alemania*

Alemania presentó una situación muy diferente al resto de los países europeos: su población había estado acostumbrada al consumo de una televisión multicanal, mediante sistemas diferentes al terrestre. El mercado alemán se encontraba dominado por el cable desde los años 80's, por lo que la TDT era el operador más desfavorecido en este sector. Es por esto que si se optaba por un modelo de pago, la TDT

hubiera tenido un mercado muy reducido, ya que la población alemana estaba acostumbrada a un consumo televisivo gratuito de más de 30 canales, vía cable ó 100 vía satélite, sostenido bajo el financiamiento comercial. Por lo tanto, la estrategia de mayor viabilidad tenía que estar basada en un modelo gratuito y altamente planificado. El proceso de digitalización llevado a cabo en Alemania se centraba en la portabilidad y la movilidad [115].

La transición de la televisión analógica a digital conllevaría grandes ventajas sobre otros modelos de televisión, entre ellas la multiplicación de la oferta de canales, ya que cada canal en abierto podía multiplicar su oferta por cuatro; y por lo tanto habría mayor competencia para el cable (en Berlín se ofrecían 30 canales en abierto). El interés de la digitalización en Alemania no se centró tanto en la calidad de la imagen y el sonido, sino en la sustitución del modelo analógico, y en las posibilidades que concede su inclusión en otras ventanas de explotación como el Internet y la movilidad [115].

Alemania inició la transmisión de la TDT el 1° de noviembre de 2002 y para finales de 2008, todas las transmisiones eran completamente digitales. Para llevar a cabo la transición, este país se basó en el estándar DVB-T [141]. Cabe mencionar que en cuanto a la posibilidad de consumo televisivo por suscripción, éste tenía un acceso alternativo mediante el sistema DVB-H y las terminales móviles [142].

4.1.3.1 Transición a la TDT en Alemania

La introducción de DVB-T en Alemania se basó en un concepto denominado como *islas de arranque* (Startinseln). Esto significa que DVB-T se introduciría en primer lugar en ciertas zonas seleccionadas, por ejemplo grandes ciudades o zonas con gran densidad de población, para lograr una transición técnicamente perfecta y controlada de la televisión analógica a la digital.

La transición debía ponerse en práctica en tres etapas [143]:

- Primer etapa: se debía conmutar a la transmisión digital por lo menos un canal analógico de alta potencia, para demostrar la calidad de la TDT y dar alguna orientación a los hogares afectados, en relación con los nuevos receptores que debían adquirirse.
- Segunda etapa: los transmisores de alta potencia debían conmutarse a señales digitales; se abandonaría la transmisión analógica para todas las entidades de radiodifusión comerciales del país, y los servicios del sector público continuarían con la transmisión analógica solo a través de frecuencias de potencia más baja.
- Tercer etapa: se daría de baja completamente a todas las frecuencias analógicas.

La operación de ensayo de la TDT comenzó en agosto de 1997, en redes de frecuencia única, en el marco de un proyecto piloto conjunto de Deutsche Telekom, la MABB³ y GARV⁴. La primera frecuencia (canal 51, n-tv) se convirtió de transmisión analógica a digital. Además, se estableció la modulación 16-QAM 2/3 como tecnología de transmisión adaptada para lograr una recepción interior portátil [143].

La iniciativa de la digitalización partió del gobierno, ante la llamada de un *apagón analógico* por la UE [115], comenzó en Berlín-Brandenburgo en agosto de 2003. A finales de ese año ya había alrededor de 6 millones de personas que podían recibir 26 canales digitales en calidad SD en la ciudad de Berlín y el Estado Federal de Brandenburgo. Esta ha sido la primera interrupción de la televisión analógica terrestre del mundo y puede atribuirse en parte al gobierno que decretó que el servicio sería totalmente gratuito y regaló en 2003 decodificadores solamente a los hogares más pobres. A finales de 2007, más del 85 % de la población del país (68 millones de personas) recibía televisión digital terrestre y para esa fecha, ya habían sido vendidos más de 9 millones de receptores. El éxito de DVB-T en Alemania se debe al hecho de que el público en general tenía acceso a numerosos programas gratuitos en idioma alemán [141].

En otras zonas metropolitanas las transmisiones de DVB-T comenzaron en 2004. Uno de los elementos fundamentales del enfoque adoptado por Alemania era la implantación del servicio de radiodifusión digital, región por región, al principio, después de un periodo de transición anunciado de solo seis meses y luego sin periodo de transmisión simultánea. A finales de 2008, la conmutación se había concluido íntegramente [141].

4.1.3.2 *Movilidad*

Alemania ha sabido aprovechar las oportunidades que brinda el estándar DVB para impulsar la TDT en cuanto a movilidad, pues se comenzaron tempranamente algunos proyectos pilotos en Hamburgo, Berlín y Hannover, con buena aceptación por parte de la población. En este país se planteó la difusión de los servicios de televisión en movilidad a través de la norma respaldada por el estándar DVB-H, considerando a su vez un *múltiplex* completo de cobertura nacional para su uso. En mayo de 2007 el gobierno alemán habilitó una serie de frecuencias y convocó un concurso para establecer una red operativa a nivel nacional. De los tres candidatos que se presentaron, la licencia se otorgó finalmente a T-Systems Media&Broadcast GmbH, la cual estableció una red en la región de Hannover [115].

³ Autoridad reguladora de Berlín-Brandenburgo para la radiodifusión comercial.

⁴ Empresa de servicios técnicos financiada por MABB.

4.1.3.3 *Marco jurídico de la transición*

La transición fue uno de los objetivos primordiales del Plan de Acción eEurope 2005 de la UE, en el cual se invitó a los Estados Miembros a hacer públicas, antes de que finalizara el 2003, sus intenciones con respecto a dicho cambio. En Alemania, los Estados de Berlín y Brandenburgo fueron las primeras regiones en adoptar iniciativas para la transición; una primera enmienda⁵ del instrumento de los servicios de los medios de difusión interestatales, que rige la cooperación de los Estados de Berlín y Brandenburgo en el sector de la radiodifusión, así como la Ley de Radiodifusión para la empresa de radiodifusión del sector público (ORB), prepararon la vía para la legislación adecuada necesaria a la transición [143].

Por iniciativa de los Estados, se modificó asimismo el instrumento de radiodifusión interestatal que rige la radiodifusión en todos los Estados de Alemania, para permitir que todas las entidades de radiodifusión del sector público pusieran también en práctica el cambio de tecnología. El Artículo 46 de dicho instrumento reglamenta la función y participación de la MABB en ese proceso de cambio, y le faculta para elaborar estatutos especiales que rijan la asignación de frecuencias terrestres digitales. En virtud de este estatuto, se pudo decidir y asignar conjuntamente las capacidades que permitían la transmisión de servicios de radiodifusión, servicios de medios de comunicación y otros. En el MoU firmado el 13 de febrero de 2002, las empresas de radiodifusión pública ARD, RDF, RBB (sucesoras de ORB y de SFB, en mayo de 2003) y las entidades comerciales de radiodifusión del grupo RTL y ProSiebenSAT.1 Media AG, así como la MABB, consignaron los elementos fundamentales de la transición [143].

4.1.3.4 *Campaña de comunicación para la TDT*

La campaña de comunicación se enfocó en informar a los hogares afectados por el cambio de tecnología, tomando en cuenta que no se produjera algún efecto negativo en los hogares que recibían televisión por cable o satélite.

Los primeros estados habían sido notificados de las diversas etapas de la transición y sus efectos en la recepción de televisión. Se les habían dado detalles objetivos de las ventajas de los diversos modos de transmisión, a fin de ayudar a los consumidores a decidir sobre el modo de recepción de televisión que deseaban para el futuro. Se necesitaba información especial para la TDT, pero en aquella época no estaba disponible del todo. Junto con las entidades de difusión de televisión, se elaboró un concepto de comunicación, que fue puesto en práctica por el organismo *Die Brandenburgs* [143].

⁵ Propuesta que se hace a un conjunto de representantes políticos para modificar una ley u otro texto legal y que ha de ser aprobada mediante votación.

Los propios canales de televisión ofrecían el medio fundamental para transmitir el mensaje; durante las diversas etapas claves de la transición, se difundieron intensamente mensajes informativos y bandas de información continuas, concebidos específicamente para la campaña, que llegaban a todos los hogares afectados en Berlín y Brandenburgo. Además, las entidades de radiodifusión informaron sobre la transición de tecnología en sus programas locales de noticias y actualidades [143].

En febrero del 2003 se envió una carta a cada hogar, en la que se aclaraba que solo los hogares que recibían televisión por una antena exterior que captara la señal del aire, estaban afectados por el cambio. Para la información en las tiendas y otras noticias suplementarias, se utilizaron volantes, folletos y boletines; no se organizaron campañas de publicidad o carteles de costo elevado [143]. Las partes que intervinieron en el proceso de transición, también cooperaron estrechamente con la asociación de vecinos de Berlín y asociaciones locales de consumidores. La Junta de evaluación de la calidad de productos (Stiftung Warentest) puso a prueba receptores en su primera etapa y dio información sobre las novedades [143]. Durante el proceso se estableció una línea telefónica conjunta de asistencia permanente, por la que era posible comunicarse con los expertos que trabajaban para las entidades de radiodifusión, la MABB y GARV. La línea abierta atendió unas 22,000 llamadas, sin embargo, no pudieron resolverse directamente por teléfono alrededor de 600 de los problemas descritos [143]. La campaña estuvo apoyada por un sitio web en Internet, que se había concebido en cooperación con la Deutsche TV-Plattform. Representando así una cooperación entre proveedores de servicios, operadores de red y autoridades de reglamentación. Los costos de la campaña de comunicación fueron sufragados por las entidades de radiodifusión y la MABB. Esos costos estuvieron por debajo de la suma presupuestada de 1.2 millones de euros [143].

4.1.4 *Televisión Digital Terrestre en Finlandia*

4.1.4.1 *Transición a la TDT en Finlandia*

En mayo de 1996, el Ministerio de Comunicaciones y Transportes comenzó a preparar el proceso de programación de licencias, así como la nueva legislación que se requeriría para la televisión digital. El 9 de junio de 1999, el gobierno concedió ocho licencias para transmisión de televisión digital, adoptando el estándar DVB-T. Al realizar el proceso de programación de licencias, el gobierno señaló que el objetivo de éstas sería el *apagón analógico*, cuando las licencias de servicios analógicos expiraran a finales de 2006 [105].

La transmisión de televisión digital inició más lento de lo que se esperaba originalmente, debido a la poca disponibilidad de equipos receptores en la población. Además el equipo disponible era costoso

para muchas personas. Sin embargo, al crecer la producción de éstos, y con el desarrollo de la tecnología, se redujeron rápidamente los precios. El apagón en Finlandia involucraba varios aspectos constitucionales, entre ellos: la libertad de expresión, la calidad y la protección de la propiedad.

El 22 de mayo de 2003 el Ministerio de Comunicaciones y Transportes nombró un grupo de trabajo, cuya primera tarea fue averiguar cómo se podía acelerar el *apagón analógico*, tomando en cuenta el calendario para cambiar a la transmisión digital [110]. El grupo de trabajo realizó nueve propuestas en torno a la televisión digital [111]:

- Televisión digital para todos: el punto inicial del grupo de trabajo fue que antes de que se terminaran las transmisiones de televisión analógica, todos los finlandeses, independientemente de sus lugares de residencia y posición social, tuvieran acceso a los servicios de televisión digital a un precio razonable y sin dificultad alguna.
- Construcción de la red de distribución: el grupo consideró que la distribución de la red digital debía cubrir todo el país, antes de que terminasen las transmisiones de televisión analógica. Además planteó que las Compañías de Radiodifusión Finlandesa Ltd, MTV3 Ltd y Oy Ruutunelonen Ab, debían acelerar la construcción de las redes de distribución digital, para que cubriera todo el país en el otoño de 2005.
- Medidas sobre el término de las transmisiones analógicas: en la información básica concerniente a la construcción del programa de la red de televisión digital y la actualización del conjunto de antenas de la red, así como al precio de los equipos receptores, el grupo de trabajo propuso que el *apagón analógico* se realizara el 31 de agosto de 2007. Las medidas del grupo también incluían puntos de vista políticos y financieros. El grupo propuso que el gobierno realizara políticas para terminar la transmisión analógica. Con respecto a la Compañía de Radiodifusión Finlandesa, se propuso que el Supervisory Board of the Company tomara las decisiones en la materia.
- Información: el grupo propuso que la información dirigida a los consumidores y los inmuebles de las compañías, fuera mejorada, de acuerdo con el plan a ser redactado. También propuso que el desarrollo del programa de televisión digital del Ministerio de Comunicaciones y Transportes prestara atención especial a la utilización de estudios de servicios.
- Desarrollo de servicios: el grupo propuso que el gobierno emprendiera medidas para conceder nuevas licencias, encaminadas a que toda la capacidad de la transmisión de televisión digital fuera utilizada. En este contexto el grupo de trabajo también

se refirió a la recomendación del Consejo Nórdico. De acuerdo al cual, el gobierno debía aclarar antes del *apagón analógico*, la forma de incrementar la accesibilidad de canales a los países vecinos en los diferentes países nórdicos.

- Estándares: el grupo le propuso al Ministerio de Comunicaciones y Transportes, que se comprometiera a tomar medidas para resolver los problemas relativos a estándares y especificaciones que hicieran lenta la producción de equipo necesario en la recepción de la televisión por cable. Además, recomendó que Finlandia debía de estar activa en la UE para asegurar que el estado del estándar MHP estuviera reforzado en el estándar Europeo.
- Convertidores digitales en las escuelas: el grupo propuso que el Ministerio de Educación asegurara que los receptores de televisión en las escuelas estuvieran equipados con convertidores digitales interactivos (STB), mucho antes que terminasen las transmisiones de televisión analógica.
- Derechos de Autor: el grupo consideró que los derechos de autor, debían ser desarrollados de tal manera que los servicios pudieran ser destinados a la distribución de la cobertura nacional y que durante la etapa de transición, se distribuyera en la red de cable sin un pago extra por derechos de autor.
- Trabajo del grupo: el grupo no tomó parte en la eliminación del pago de licencia o en medidas para asegurar el equilibrio financiero de la Compañía de Radiodifusión Finlandesa, debido a la posible eliminación de ésta. El grupo de trabajo enfatizó que las fechas del *apagón analógico* que el gobierno planteó, debían ser claras y finales.

Finlandia efectuó su *apagón analógico* en otoño de 2007, con lo cual se colocó como uno de los países en lograrlo antes de la fecha señalada por la UE. Inmediatamente después del *apagón analógico*, el número de televidentes incrementó un 3 %, y cerca de 10 % durante los primeros dos meses de la primavera de 2008.

En Finlandia destacó la habilidad que tuvo el sector de televisión, para trabajar en conjunto de manera excepcional. Por ejemplo, todas las compañías de televisión tomaron parte en el proyecto y cooperaron, varias veces en diferentes grupos de trabajo, sobresaliendo la participación de organizaciones voluntarias en ayudar a personas mayores.

Por otra parte, en Finlandia la digitalización simultánea en los hogares fue implementada de manera regional, esto permitió obtener información sobre cuantas personas ya habían conseguido su STB [106].

4.1.4.2 *Finlandia en la sociedad de la información*

El propósito en torno a la sociedad de la información, era incluir en el gobierno una plataforma que aumentara la competitividad y productividad, así como igualdad social y regional, a través de la explotación de las tecnologías de comunicación e información. Lo anterior, conforme a programas y políticas empleadas para que las conexiones de las telecomunicaciones fueran extensas; con precios razonables para sus usuarios, y que fueran para todos los ciudadanos a finales de 2005. Los objetivos de los programas también debían estimular la producción de servicios digitales y contenidos de producción por medios digitales, así como alentar a las empresas para que tuvieran negocios y trabajos electrónicos [105].

4.1.5 *Televisión Digital Terrestre en Francia*

4.1.5.1 *Regulación de la Televisión Digital en Francia*

En Francia en el año 1996 se elaboró un informe por parte del Ministerio de Cultura, en el cual se estudió la viabilidad de la digitalización del sistema terrestre, y se concluyó que la implantación de la TDT podía ser factible. En el año 2000 se publicó una ley en donde se establecía el espacio y el tiempo para el desarrollo de la TDT [115]. Sin embargo, las primeras medidas de protección llegaron a finales de 2001, relativas al establecimiento de cuotas de producción para los diferentes canales, en función de sus servicios. La publicidad también fue regulada, así como una serie de reglas sobre *must carry* solo referidas al mercado de cable, por el cual los operadores quedaban obligados a llevar la señal de todos los canales gratuitos.

La TDT en Francia desde sus comienzos, tuvo una clara tendencia hacia un modelo híbrido. En 2007 se dio una nueva vuelta a la radiodifusión terrestre con la HD, mediante la *Ley de televisión del futuro*. En esta ley se estableció el calendario para el *apagón analógico*, previsto en Francia para 2011 [133].

Además, en la norma legal impuesta por la *Ley de televisión del futuro*, se obligaba a los fabricantes de televisores a que, a partir de diciembre de 2007, éstos fuesen vendidos con un sintonizador integrado (iDTV) y una interfaz de estándar común compatible con la tecnología MPEG-4 desarrollada por Neotion⁶. Según la legislación francesa, el espacio que envolvía la regulación de TDT definía tres figuras diferenciadas [115]:

- Proveedores de servicio o canales.
- Operadores de múltiple⁷.

⁶ Es una compañía de alta tecnología que provee soluciones innovadoras para el mercado internacional de televisión digital.

⁷ Multiprogramación en canales digitales.

- Distribuidores comerciales.

Por otra parte, la CSA desarrolló una importante función en el proceso de asignación. También, estableció las condiciones que debían reunir cada canal, en función de que fuera gratuito, de pago o temático⁸, así como la asignación del operador del múltiplex. En cuanto a la distribución de frecuencias, en Francia no se pagaría por el uso de la frecuencia, sino por su redistribución [115].

4.1.5.2 Estrategia de implantación

La principal característica del modelo adaptado por Francia para la implantación de la TDT, es sin duda, la fuerte participación e intervención del gobierno en su impulso. En la estrategia de implantación de la TDT, también fue clave el papel jugado por el CSA, centralizado en tres acciones fundamentales [115]:

- a. La planificación de las frecuencias TDT.
- b. La selección de los canales de pago.
- c. La composición del múltiplex.

La particularidad técnica que presentó el modelo francés está en los estándares técnicos utilizados: MPEG-2, para los canales en abierto, y MPEG-4 para los canales de pago. Otra novedad es que las licencias eran concedidas al servicio, no por múltiplex al operador. Esta decisión es llevada a cabo por el gobierno para el caso de los canales de servicio público, y por el CSA para la elección de los canales privados. Una característica más de este modelo fue la prioridad que se le concedió a los canales públicos, como consecuencia de las obligaciones impuestas por el gobierno [115].

4.1.5.3 Francia en la Sociedad de la información

En el año 2002 se comenzaron a promover los planes RE/SO 2007 para el impulso de la sociedad de la información en Francia, sostenida en el desarrollo de nuevas tecnologías de la información. El nuevo escenario se presentaba con meta en 2007, como una oportunidad para la comunicación cultural, artística e intelectual, además de la creación de una nueva relación entre la administración pública y los ciudadanos. Sin embargo, en los primeros años del plan (2002-2003), el mercado de las tecnologías de la información tuvo un moderado crecimiento en infraestructura de telecomunicaciones, siendo hasta 2004 cuando el mercado tecnológico comenzó a experimentar un ligero crecimiento.

En el año 2005 se planteó una aceleración en la producción del mercado tecnológico con el lanzamiento de la TDT, que repercutió,

⁸ Es un canal de televisión cuyo contenido está especializado en una determinada temática o dirigido a un sector de la población.

a su vez, en las ventas de dispositivos auxiliares de vídeo. En ese mismo año, el porcentaje de televisiones de HD alcanzaba a un 2 % de la población.

Cabe destacar que Francia ha sido uno de los países de la UE con mayor crecimiento en banda ancha. La inversión en tecnologías de la información y en infraestructura de telecomunicaciones forma parte del impulso de la sociedad de la información en este país. Aunque el lanzamiento de la TDT en Francia entra en los planes de la sociedad de la información, no es concebida en un principio como una puerta más de acceso a Internet, ya que la TDT optimiza el uso del espectro, haciendo posible liberar el *dividendo digital* y con esto, otorgar el espectro desocupado para el crecimiento del ancho de banda en la tecnología inalámbrica.

4.1.5.4 *Transición a la TDT en Francia*

El 31 de marzo de 2005 se produjo el lanzamiento de la TDT en 17 ciudades en Francia, entre ellas París y Marsella; estimando un 35 % de cobertura en total y con la pretensión de ser extendido para 2007 en un 85 %. Aunque no solo bastaba tener cobertura, ya que también los usuarios tenían que estar dispuestos a adaptar sus receptores al nuevo sistema si querían recibir la TDT. En ese momento, el modelo planteado ofrecía 14 canales abiertos, con la intención de ir realizando una ampliación progresiva tanto en el sistema de pago como en el sistema gratuito. En julio de 2007, el CSA amplió el margen de cobertura con un plan específico que iría desde 2008 hasta 2011.

Francia presentó un avanzado mercado televisivo digital a finales de 2006, con una penetración de casi el 50 % de la población. En el año 2007 la oferta de la TDT en Francia se componía de 28 canales, de los cuales 18 eran gratuitos y 10 de pago. De los canales que permanecían en abierto, 6 de ellos se encontraban en estado simulcast con los canales analógicos nacionales [115].

Finalmente el 30 de noviembre de 2011, se completó la digitalización en Francia [133].

4.1.6 *Televisión Digital Terrestre en el Reino Unido*

En 1993 y 1994 las políticas del gobierno sobre televisión comenzaron a ser promovidas. El gobierno de John Major abrió una etapa hacia la digitalización televisiva durante la década de los 90's, materializada luego en el gobierno de Blair, donde se estableció una fecha para el *apagón analógico*. El gobierno de Tony Blair adaptó el sistema de televisión digital, por lo que se autorizó que fuese el sector privado el que asumiera el riesgo de la innovación tecnológica y la estandarización. El cambio a la televisión digital le proporcionó al país beneficios, con la venta del espectro ocupado por la televisión analógica y actuó como plataforma de acceso a Internet [115].

4.1.6.1 *El Reino Unido en la sociedad de la información*

En 2006 el Reino Unido se posicionó entre los países con mayor penetración de banda ancha en Europa, con un 15.5 %. Sin embargo, en 2005 ocupaba el número uno en el ranking de países europeos con un número significativamente alto de hogares con televisión digital: 68.7% sobre el total. Quizá, por el modelo adaptado para la TDT, el Reino Unido se ha convertido en el país que más ha apostado por dotar a la nueva plataforma de un carácter de servicio público, con una conexión clara desde el principio, de convertirla en un acceso más a Internet y desarrollando para ello servicios interactivos que se han materializado a lo largo de la transición [115].

4.1.6.2 *Transición a la TDT en el Reino Unido*

Las razones para la digitalización de la señal terrestre en el Reino Unido eran varias: el crecimiento de las líneas móviles y de la radiodifusión, se encontraban con un espectro limitado. En el periodo de 1993 a 1996, el crecimiento de las telecomunicaciones en las líneas móviles fue de un 53 %, generando grandes beneficios para la economía del país. El Reino Unido anunció, a través del Departamento de Industria y Comercio, la subasta del espectro para la ubicación de las licencias UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles). La productividad que generaban las comunicaciones electrónicas llevó al gobierno a pensar, de manera urgente, el cómo lograr la optimización del espectro. Ofcom⁹ publicó, a principios del 2008, un documento sobre el futuro de la TDT en el Reino Unido, en el cual resaltaba principalmente el valor del espectro en este país.

En 1995 tuvo lugar la publicación del White Paper¹⁰ Digital Terrestrial Television: The Government's Proposal. En este documento se mencionaba de forma concreta la digitalización del sistema terrestre. Para ello, se contaba con 6 canales de frecuencias disponibles. Las licencias serían distribuidas por la ITC (Comisión Independiente de Televisión), de tal forma que cada uno de ellos albergaría, en principio, un mínimo de 3 programas. Otro de los aspectos interesantes a los que hacía referencia esta publicación era el significado de un escenario con más canales de televisión y estaciones de radio, así como su fuerte potencial en dar acceso a los caminos de la información.

El gobierno en 2005 anunció por medio de la secretaria de cultura, Tessa Jowell, las medidas de apoyo para asegurar que todos pudieran tener televisión digital. Estos serían apoyos a los grupos más vulnerables, en particular a aquellos hogares con individuos mayores de 75 años y a personas con discapacidades significativas. El plan sería financiado por la BBC [146].

⁹ Regulador independiente y autoridad de competencia para las industrias de comunicaciones del Reino Unido.

¹⁰ Son documentos elaborados por el gobierno que exponen los detalles de una política futura en un tema particular.

En el 2007 los servicios interactivos que ofrecía Freeview, quedaban centrados en el teletexto y BBCi. Este último servicio (con funciones de EPG) también está presente en las plataformas de satélite y cable, cuyo funcionamiento depende del middleware, y el ancho de banda. El servicio ofrece información adicional sobre noticias, deportes, entretenimiento, cine y juegos para niños. Otro de los canales interactivos es el ofrecido por NHS direct, centrado en la información sobre salud.

Carlisle, Cardiff y Plymouth serían las primeras áreas que apagarían su señal analógica en el 2008; lo que daría tiempo a emisores, fabricantes de equipos, vendedores y usuarios el estar preparados para el apagón. Era esperado que el proceso llevara al menos 6 meses en cada una de las regiones. En 2009 la señal analógica sería apagada en la región de Granda, que cubre Manchester, Liverpool y Blackpool; la Grampian, región que incluye Inverness y Perth; la Scottish TV, región que cubre Glasgow y Edimburgo; y HTV West, región que incluye Bristol y Bath [115].

En el Reino Unido el *apagón analógico* se programó entre 2008 y 2012 por regiones, en el siguiente orden [146]:

2008 Border.

2009 West Country, HTV Wales, Granada.

2010 HTV West, Grampian, Scottish Television.

2011 Yorkshire, Anglia, Central.

2012 Meridian, Carlton/LWT (London), Tyne Tees, Ulster.

En el año 2001 se estableció el Plan de Acción de Televisión Digital, en el cual la BBC sería la encargada de promoverla. En el año 2002 el director de la BBC intervino en el debate de ITV Digital sobre el futuro de la TDT en el Reino Unido, donde sostuvo la improbable situación de un sistema de pago para la TDT. Por lo que se planteó la idea de que la TDT se convirtiera en un sistema en principio gratuito, con una oferta factible para aquella parte de la población que demandaba un mayor número de canales, pero que no estaba dispuesta a pagar por ellos.

El lanzamiento de Freeview fue en octubre de 2002 tras una fuerte campaña de promoción respaldada por la BBC, se tuvo un gran éxito el primer año. Sin embargo, aunque el modelo propuesto por Freeview tenía una estrategia de negocio asentada sobre la gratuidad, como aspecto positivo para alcanzar una alta penetración, presentaba una gran debilidad: su cobertura era muy reducida. A pesar de que 1.5 millones de hogares conseguían tener acceso al servicio, una cuarta parte del país aún no poseía cobertura, mientras que otro cuarto tenía que invertir para poder recibirla. El estado de recepción de Freeview era comparable al de Chanel 5, que no alcanzaba la cobertura

total sobre el país. Freeview, de la mano de la BBC, logró incrementar en menor tiempo el número de ciudadanos que recibían televisión digital. Los factores que argumentaba Ofcom a este hecho se debían a lo siguiente [115]:

- La oferta gratuita de un servicio multicanal.
- La disminución en el precio de los STBs al aumentar sus ventas.
- Al crecer la demanda (como resultado de la información proporcionada a los ciudadanos) se generó una mayor distribución de STBs.

En el año 2003 la situación de la BBC era buena; con el lanzamiento de Freeview no solo había relanzado sus servicios digitales televisivos, sino que también lo había hecho en lo referente a la radio y a la web.

La BBC ha prestado credibilidad y ha jugado un rol central en idear e implantar una estrategia de desarrollo que dio confianza a los consumidores para invertir en STBs y fomentar negocios de inversión en contenidos de servicios. Otro de los aspectos en los que se ha visto involucrada de forma implícita, ha sido a través de los canales de la BBC de mayor audiencia (BBC1 y BBC2) que, además de formar parte de los canales ofertados, aumentaban su aportación con la promoción de los servicios de la plataforma en sus emisiones. Pero sin duda, uno de los aspectos claves ha sido la multiplicación de servicios, representados en los 4 nuevos canales BBC, y en el resto de los canales comerciales.

En marzo de 2006 tuvo lugar la publicación del White Paper, en el cual se afirmaba la renovación de la BBC con una nueva Charter en 2007, lo que garantizaría la independencia de la BBC con respecto al gobierno, con una validez de 10 años. El periodo de vigencia comprende desde el 1º de enero de 2007 hasta el 31 de diciembre de 2016. La duración de 10 años era apropiada, ya que la BBC requería independencia para el espacio de tiempo previsto para la realización de su *apagón analógico*.

El cambio dado por la transformación digital hizo que la BBC adoptara ciertas medidas de renovación ante el nuevo escenario, y para ello se incluyeron en el White Paper seis propuestas públicas que consistían fundamentalmente en [115]:

- El sostenimiento de la ciudadanía y sociedad civil.
- La promoción de la educación y el aprendizaje.
- La estimulación de la creatividad y la excelencia cultural.
- Reflejar la nación británica en cuanto a sus regiones y comunidades.
- Llevar el mundo a el Reino Unido y el Reino Unido al mundo.

- La construcción digital de el Reino Unido.

En el White Paper, además se destacaron otras propuestas, referidas a la consulta pública, ya publicadas en el Green Paper¹¹, sobre el interés por una programación enfocada al entretenimiento y en cuanto a los contenidos. Cinco características que deberían distinguir aquellos productos creados por la BBC son: alta calidad, cambio, originalidad, innovación y atractivo.

4.1.7 *Televisión Digital Terrestre en Suecia*

4.1.7.1 *Transición de la TDT en Suecia*

En 1997 el Riksdag (Parlamento sueco) decidió introducir la TDT en Suecia. Las transmisiones comenzaron dos años después, en 1999. Sin embargo, a partir de 2002 las redes digitales de transmisión fueron en aumento. El 1° de diciembre de 2004 el gobierno de Suecia decidió que la transición de televisión digital comenzaría en otoño de 2005 en tres estados: Gävle, Motala y Gotland. En Junio de 2005 el gobierno tomó algunas decisiones para transmitir la TDT a los estados restantes, por lo cual las transmisiones digitales se irían llevando a cabo en varias fases; estas fases o períodos transcurrirían del año 2006 al 2007, de acuerdo al calendario para la transición [139].

En el año 2004 el gobierno nombró una comisión para realizar el planteamiento de la transición de televisión analógica a digital. Además, de seguir los desarrollos tecnológicos para la TDT; también sería quien coordinaría la información acerca de la transición para el público en general. Esta comisión fue llamada Comisión Digital TV. El trabajo que realizaría ésta, sería la elaboración de planes técnicos, tomando en cuenta a los actores involucrados en la transición, principalmente Teracom, SVT y TV4. Asimismo, se debían tomar en cuenta a los municipios, las organizaciones interesadas y el resto de la industria de televisión. Para hacer la transición lo más fácil posible, se involucró a todas las partes que debían cooperar para resolver los problemas técnicos, además de que estos daban información de acuerdo a las necesidades de cada uno.

Dos de las cinco fases para la transición de la televisión analógica a digital fueron las siguientes [139]:

- Primera fase: el gobierno tomó la decisión en diciembre de 2004 de iniciar la transición en otoño de 2005. Las primeras terminaciones de las transmisiones analógicas se dieron en Gävle, Motala y Visby. Estas regiones fueron elegidas porque sus municipios mostraron interés en participar en la primera fase. Los tiempos exactos y fechas en cada región fueron hechos consultando a los radiodifusores involucrados (SVT, UR y TV4) y a

¹¹ Son documentos de consulta elaborados por el gobierno.

la Comisión Digital TV. Como resultado de la decisión del gobierno, la Comisión Digital TV comenzó con campañas de información en los tres estados antes mencionados. Hubo mucho apoyo de los municipios y varias organizaciones interesadas en la materia. La Comisión también envió un informe a todos los hogares, comercios y organizaciones para asesorarlos; además, inició seminarios y conferencias para enseñar a la población a consultar el sitio web que contenía la información acerca de la transición. El resultado de este trabajo fue, que más del 90 % de los hogares en los tres estados antes mencionados, recibieron las transmisiones digitales sin mayor problema.

- Segunda fase: el 22 de junio de 2005 el gobierno determinó que la continuación de la transición de analógico a digital en los estados restantes, comenzaría en febrero de 2006; esta transición se repartiría en cuatro fases. Esto significaba que la transición sería completada en noviembre de 2007. En la primera de estas cuatro fases el gobierno redactó un plan para la Comisión Digital TV, en cooperación con los actores más involucrados, Teracom, SVT y TV4 [139].

Finalmente, con la implementación de estas fases, se logró que en noviembre de 2007, se completara el *apagón analógico* [133].

4.2 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN ASIA

En la tabla 16 se muestran las fechas proyectadas para los apagones analógicos en el continente asiático, siendo el estándar predominante el DVB-T, seguido de ISDB-T y DTMB, quedando ATSC en último lugar.

4.2.1 Televisión Digital Terrestre en Japón

Como se mencionó en el apartado 2.3.3 Japón desarrolló el estándar ISDB-T, este sistema surge principalmente para mejorar los servicios de cobertura de televisión abierta y gratuita en todo su territorio, desde las grandes concentraciones urbanas hasta cualquier habitante aislado en las montañas. Se buscó que estuviera centrado en la robustez, movilidad y portabilidad, tanto para imágenes HDTV como para SDTV [19].

El estándar ISDB, proporciona algunas cualidades a la radiodifusión japonesa, entre ellas están [49]:

- HDTV.
- Transmisión de datos.
- Guía electrónica de programas.

- Interactividad.
- Recepción móvil.
- Conectividad.
- Accesibilidad.
- Otros servicios (ejemplo: alerta de una catástrofe natural).

4.2.1.1 *Transición a la TDT en Japón*

La normativa quedó definida en 1999, y en diciembre de 2003 se iniciaron las transmisiones en tres ciudades: Tokio, Osaka y Nagoya. En el 2007 más del 90 % de los hogares en Japón tenían cobertura; finalmente el 24 de julio de 2011 se completó la digitalización [141].

El servicio *One-Seg*, comenzó en abril de 2006; en ese mismo año aparecieron en el mercado ese tipo de receptores y para agosto de 2008 ya había más de 40 millones de éstos [141]. Además, para poder ver televisión en los celulares, en Japón se utiliza el simulcasting¹². El sistema ISDB-T permite incluir hasta ocho programas de SDTV en los 6 MHz de ancho de banda del canal a una tasa de 2 Mbps, lo que permite una calidad dinámica aceptable que es comparable a los canales analógicos [102].

En comparación con otras normas, es mayor el costo de los receptores en este estándar debido a la utilización de etapas de codificación especiales. Su costo adicional representa entre el 1 % y como máximo el 5 % del valor del televisor, lo que en verdad es un monto mínimo, considerando que finalmente todos los STB y los televisores con sintonizador integrados, estarán preparados para la recepción de todas las normas, y que la venta masiva terminará reduciendo los costos hasta hacer insignificante esta diferencia [102].

4.2.1.2 *Países con el estándar ISDB-T*

Japón ofrece su colaboración a distintos países en la adopción de sus sistemas digitales de televisión. El estándar ISDB es promovido por el DiBEG. Brasil fue el primer país en adoptar este sistema de televisión digital terrestre en América, con sus modificaciones respectivas [102]. En la tabla 17 se pueden observar otros países que también han adoptado el estándar modificado por Brasil.

4.3 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN AMÉRICA

En la tabla 17, se muestran las fechas de los apagones analógicos en el continente Americano. Únicamente EUA y Canadá, han concluido sus transmisiones analógicas, siendo El Salvador el siguiente en

¹² Transmisión simultánea o difusión simultánea.

realizarlo de acuerdo con la fecha que tiene proyectada. También se puede observar que el estándar predominante en este continente es el SBTVD-T.

4.3.1 *Televisión Digital Terrestre en Brasil*

Desde la adopción del estándar de televisión analógica, Brasil destacó por el hecho de usar una norma propia para evitar la importación de aparatos receptores de color y permitir la compatibilidad con los receptores monocromáticos. En ese país, se emplea una versión de PAL de 525 líneas y 29.97 fps. El organismo regulador de las telecomunicaciones de Brasil, la ANATEL¹³, tomó a comienzos de los años 70's la decisión de usar una norma propia. Actualmente con la adopción del estándar de televisión digital, se ha visto envuelto en una situación muy similar.

4.3.1.1 *Políticas Nacionales*

El Sistema Brasileño de Televisión Digital SBTVD fue establecido con el propósito de buscar y desarrollar alternativas que pudieran ser fructíferas para la llegada de la TDT en Brasil. El gobierno decidió que la evolución de televisión analógica a digital debía ser desarrollada con el objetivo de beneficiar a la sociedad. Entre los beneficios que destacan se encuentran la creación de una red de enseñanza a distancia y una gradual transición compatible con el poder adquisitivo de los usuarios. En base a esto, se estableció una estructura formal de decisiones y acciones para la obtención de un modelo de TDT, acorde a las necesidades del país.

La primera fase en el desarrollo del sistema de TDT en Brasil se llevó a cabo durante la primera mitad del año 2005; en esta fase se buscaron los siguientes objetivos [141]:

- Definir un modelo de referencia.
- Proponer un estándar de TDT para su adopción.
- Proponer el modelo a desarrollar para el sistema de TDT.
- Proponer el periodo de tiempo y el modelo para la transición de televisión analógica a digital.

La segunda fase fue el desarrollo de tecnologías y servicios para ser seleccionados dentro del modelo de referencia. Esto dependía, en su mayoría, de las definiciones del estándar y en el modelo de negocios elegido en la primera fase. Además, en esta fase se estableció el marco de regulación que debía ser adoptado.

¹³ Responsable de la elaboración y mantenimiento de los planes básicos de asignación de canales.

Finalmente, la tercera fase abarcó el despliegue de tecnologías y servicios desarrollados. El gobierno brasileño ha promovido la adopción del sistema de TDT no solo para favorecer a las empresas, sino también para fomentar el desarrollo social en ese país.

4.3.1.2 *Transición a la TDT en Brasil*

Desde el año 1999 en Brasil se inició un estudio de los estándares ya existentes en el mundo, para la implementación del sistema de televisión digital. El estándar que se eligió es una variación técnica del estándar ISDB-T. Internacionalmente, el sistema híbrido pasó a ser llamado ISDB-Tb y en Brasil es conocido como SBTVD-T [88].

El sistema Brasileño de Televisión Digital ha desarrollado un proyecto único por primera vez en la historia de este país, ya que las universidades y los investigadores fueron llamados para pensar y desarrollar proyectos para televisión digital, así como para experimentar los patrones existentes. Entre 2004 y 2006, mientras el gobierno discutía con la sociedad el patrón a ser elegido, 73 universidades (públicas y privadas), centros de investigación y 1,500 investigadores, realizaban estudios para plantear un sistema con las características brasileñas. Esos grupos de estudio han trabajado en conjunto; es decir la tecnología fue desarrollada con la participación de las universidades más pequeñas y las universidades e instituciones con tradición en investigación. Por ejemplo, las universidades del Sur se han unido para desarrollar sistemas de modulación, en la Provincia de Paraíba (Región Nordeste); la universidad federal ha desarrollado el sistema de middleware en el lenguaje Java. En conjunto con los estudios de la Pontificia Universidad de Rio de Janeiro, han desarrollado el middleware Ginga¹⁴. En lo que respecta a las aplicaciones para el sistema digital, hay varios ejemplos de proyectos relacionados a salud, juegos electrónicos, gobierno digital, educación a distancia, trabajo, entre otros. Para dar continuidad a estas investigaciones el gobierno ha creado el Centro Brasileño de Producción de Contenidos Digitales; el cual sirve como depósito de las investigaciones desarrolladas en esos nuevos sectores [37].

En el año 2006 se dio a conocer de manera oficial la implementación del estándar de televisión digital enfocado a una televisión libre y gratuita, teniendo en cuenta la alta definición, movilidad, interactividad y flexibilidad [88]. Además se establecieron las directrices para la transición del sistema analógico al digital. Esto fue publicado en el Decreto 5.820, en donde los principales puntos definidos fueron [136]:

- SBTVD-T adoptaría como base el estándar de señales del ISDB-T y posibilitaría la transmisión digital en HDTV y SDTV; así

¹⁴ *Software intermedio* que permite el desarrollo de aplicaciones interactivas para televisión digital de forma independiente de los fabricantes de hardware de terminales de acceso (STB).

como también, una transmisión digital simultánea para recepción fija, móvil y portátil; e interactividad.

- Las emisoras de televisión recibirían un canal de radiofrecuencia con anchura de banda de 6 MHz para cada canal analógico.
- La transmisión analógica continuaría ocurriendo, simultáneamente a la digital, por un período de 10 años hasta el 29 de junio de 2016. A partir del 1° julio de 2013 solamente serán otorgados canales para la transmisión en tecnología digital.
- Debían ser consignados por lo menos cuatro canales digitales para la exploración directa por parte de la Unión Federal: como canal de Poder Ejecutivo, Canal de Educación, Canal de Cultura y Canal de Ciudadanía.

En octubre de 2006 fueron definidas las etapas que debían ser cumplidas por cada emisora de televisión analógica para la implantación de la televisión Digital en Brasil. Las transmisiones de televisión digital iniciaron en la ciudad de Sao Paulo y se extendieron después para las demás capitales y principales ciudades, hasta alcanzar todo el país.

Para facilitar la transición, la ANATEL puso a disposición 1,893 canales digitales. Se pretende que para 2013, haya más de 6,100 canales digitales en Brasil. Tomando en cuenta que cada canal analógico debe tener su correspondiente digital, más de 12,200 canales analógicos y digitales, deberán estar disponibles durante el periodo de *difusión simultánea* [141].

El 2 de diciembre de 2007 comenzó a funcionar el primer sistema oficial de TDT de Brasil en la ciudad de São Paulo; y en el segundo semestre de 2008, ya había 10 organismos de radiodifusión comerciales activos en la ciudad. Aunque las transmisiones de prueba comenzaron en mayo de 2007, la fecha de lanzamiento oficial del sistema adoptada por el gobierno de Brasil fue el 2 de diciembre de 2007 [141].

Las autoridades brasileñas consideran esencial, mantener el modelo de televisión gratuita y abierta para la TDT, puesto que de esa manera se tiene gran aceptación y se puede redundar en beneficio de toda la sociedad. En 2007, más del 85 % de los 56,450,000 hogares de Brasil, tenía aparatos de televisión con capacidad para recibir solamente el servicio de televisión gratuita; esto constituye una prueba indudable de la importancia del modelo de televisión gratuita en ese país [141].

Los medios de comunicación brasileños en general pertenecen a grandes conglomerados de comunicación que están formados por grupos familiares. Tres grupos familiares están presentes en todo el país cuando el tema es televisión digital: la familia Marinho (Organizaciones Globo), la familia Abranatel (SBT) y la familia Saad (Band TV).

A pesar de que el estándar ISDB-T solo era implementado por tres países, y no existía una economía a escala para la producción y comercialización de equipos capaces de recibir la señal televisiva, Brasil se inclinó por la investigación y desarrollo de los equipos, lo que al principio fue bastante duro, ya que en 2008 los STBs más económicos estaban alrededor de los 300 USD. Sin embargo, la poca implementación en otros países fue una situación definitiva para que Brasil asumiera el liderazgo del estándar y lo convirtiera en una gran fuente de investigación y desarrollo tecnológico, ofreciéndolo como una alternativa y eje de desarrollo regional, promocionándolo en toda Sudamérica [88]. El acuerdo entre Japón y Brasil implica la cooperación tecnológica por medio de transferencia de tecnología, la ayuda y cooperación en la definición de políticas industriales en la fabricación de semiconductores y su financiación, el asesoramiento en el desarrollo de nuevos negocios basados en la TDT y la capacitación de recursos humanos [78].

En el año 2010 ya había alrededor de 50 diferentes receptores de TDT disponibles en el mercado; los cuales contaban con diferentes diseños y funciones para que los usuarios pudieran adquirirlos según su economía y preferencias. A mediados del 2010 también incluían interactividad. Entre estos modelos, se podían encontrar dispositivos portátiles de recepción *One-seg*, incluyendo televisores portátiles, sintonizadores USB para computadora y teléfonos celulares. Para recepción fija, los consumidores debían elegir entre la definición estándar y los dispositivos de alta definición, a pesar de que los prestadores de servicio de televisión ya estaban transmitiendo en alta definición (1080i) [141].

Brasil ya contaba con 102 emisoras con tecnología digital que alcanzan a 87.7 millones de personas en 480 municipios, el equivalente al 45.98 % de la población brasileña en el año 2011. La expectativa es que la cobertura de TDT en Brasil supere, incluso, la cobertura analógica antes de 2016, año en el que las autoridades brasileñas esperan concluir la transición [16].

4.3.1.3 *Uso del espectro*

El espectro radioeléctrico es un importante recurso que debe ser manejado adecuadamente para cumplir con las políticas establecidas. Para lograr esto en los servicios de televisión, la ANATEL elaboró un plan de asignación de canales en Brasil antes de adoptar el estándar digital, para garantizar simultaneidad conforme con los requerimientos técnicos de los tres estándares de televisión digital que fueron puestos bajo análisis. En este análisis se tomaron en cuenta los siguientes puntos [141]:

- Los canales de televisión digital debían usar las bandas de VHF-H (canales del 7 al 13) y preferentemente la banda UHF (canales

del 14 al 59), de acuerdo al área de servicio que tenían los servicios analógicos.

- Durante la transición de televisión analógica a digital, la programación de las estaciones debía ser transmitida simultáneamente por los canales digitales y analógicos. Después de esta fase, solo se transmitirá la señal digital.
- Por cada canal analógico, un canal digital debía ser asignado durante el periodo de transición de televisión analógico a televisión digital; este periodo es de 10 años.
- Para un adecuada entrega de servicios de televisión digital en Brasil sin la interrupción de señales analógicas, se debía asignar un canal de 6 MHz.
- Los criterios técnicos aprobados debían cumplir con la protección y requisitos de interferencia de los tres estándares de televisión digital; siempre se toma en cuenta el peor de los casos con respecto a estos aspectos.

Guiado por estos puntos, la ANATEL, elaboró los planos básicos de televisión digital PBTVD. Con 1,893 canales, este Plan se compone de 296 localidades brasileñas, incluyendo aquellas que en ese momento tenían al menos una estación de radiodifusión.

4.3.1.4 Descripción del Sistema SBTVD-T

Como ya se mencionó, el sistema elegido de TDT en Brasil en 2006 es una mezcla de las tecnologías ISDB y la tecnología brasileña. Las características del sistema son las siguientes [37]:

- Multiprogramación, donde cada empresa puede utilizar cuatro canales.
- Interactividad, que puede ser usada en distintos niveles.
- Interoperabilidad entre los diferentes patrones de DTV.
- Robustez, que permite recibir las distintas programaciones en todo el país.
- Movilidad (coche, autobús, etc.).
- Portabilidad (en pantallas pequeñas que pueden ser llevadas en el bolsillo).
- Accesibilidad, para las personas con necesidades especiales.
- Disponible tanto en alta definición como en el modelo estándar, siendo que este último es más sencillo y requiere pocos recursos digitales.

- Uso de MPEG-4, que tiene más recursos tecnológicos y permite la utilización de las características citadas hasta ahora.

El aspecto fundamental en la diferenciación entre el estándar original y la variación brasileña, es la adopción de una compresión bajo el estándar MPEG-4 y la plataforma interactiva llamada Ginga, como una plataforma libre [88]. Ginga está formado por un conjunto de tecnologías estandarizadas e innovaciones brasileñas. Se divide en dos subsistemas principales interrelacionados [152]:

- Ginga-NCL: es una aplicación de XML, permite realizar la sincronización de diferentes tipos de contenido (vídeo, audio, imágenes y texto) formando un contenido interactivo.
- Ginga-J: permite crear aplicaciones o contenido interactivo utilizando el lenguaje de programación Java. Ginga-J complementa a Ginga-NCL en el sentido de que hace posible implementar cualquier tipo de algoritmo o aplicaciones más sofisticadas que no podrían ser implementadas con el lenguaje NCL.

Ginga permite el uso de los tres patrones (norteamericano, europeo y el híbrido japonés-brasileño), es decir, permite la interoperabilidad entre los sistemas, así como su utilización tanto en SDTV como en HDTV. Además, permite que los contenidos de televisión digital sean exhibidos en diferentes sistemas de recepción, independiente del fabricante o del tipo de receptor, como es el caso de los teléfonos celulares, computadoras, televisión de paga por cable y satélite, entre otros. El middleware Ginga ofrece código abierto y libre, además de la interface con Internet y la interface gráfica [37].

4.3.2 *Televisión Digital Terrestre en EUA*

4.3.2.1 *Transición de la TDT en EUA*

En 1997 la FCC comenzó a exigir la emisión obligatoria de TDT a las cadenas analógicas, con plazos fijados entre mayo de 1999 y mayo de 2003, para de esta manera lograr el *apagón analógico* a finales de 2006. Para ello, a cada cadena se le dio una licencia de múltiplex de 6 MHz, en donde se obligaba a emitir en simulcast su programación analógica, pero también tenía la libertad de elegir entre ofrecer más canales o contenidos de mayor calidad de imagen y sonido (HDTV), y servicios especiales interactivos. Sin embargo, la fecha oficial del *apagón analógico* se postergó al 17 de febrero 2009. Además, la FCC exigió garantizar que la mayoría de los sistemas de acceso a cable fueran compatibles con los de la TDT, e impulsó exigencias de obligatoriedad digital en la fabricación, importación y venta de equipos [63].

EUA trató de implantar la TDT lo más rápido posible; el estándar que utilizó fue el ATSC. A petición de la FCC, 28 estaciones de las

diez ciudades más grandes se presentaron voluntariamente para lanzar el servicio de TDT en noviembre de 1998, seis meses antes del plazo establecido por la FCC. Seis meses después (mayo de 1999) se exigió a todas las estaciones de los 10 mercados principales, afiliados a las cuatro redes de radiodifusión más grandes, que ofrecieran este servicio, y transcurridos otros seis meses (noviembre de 1999) se amplió esta obligación a las filiales de las cuatro redes más grandes de las 30 ciudades principales. Se exigió que todos los organismos de radiodifusión comercial iniciaran sus transmisiones antes de mayo 2002, y todos los no comerciales antes de mayo de 2003. A principios de 2006, el Congreso de EUA promulgó la legislación que exigía a las entidades de radiodifusión cesar sus transmisiones analógicas antes del 17 de febrero de 2009. Esta legislación comprendió 1,500 millones de USD en subvenciones, para que los usuarios pudieran comprar aparatos de conversión digital a analógico que les permitiesen recibir las señales TDT en sus receptores de televisión analógicos. La FCC adoptó un reglamento que exigía la introducción paulatina de capacidad de recepción ATSC.

En noviembre de 2005 la FCC modificó dicho reglamento, para adelantar el plazo correspondiente al periodo de introducción paulatina al 1° de marzo 2007. Así pues, desde el 1° de marzo de 2007 todos los aparatos de televisión vendidos en EUA dispusieron de la función de recepción y decodificación de ATSC [141].

En un principio, el nuevo servicio de televisión avanzada sería emitido en simulcast a través de un canal adicional de 6 MHz. Así, cada una de las estaciones transmitiría su programación en digital y analógico hasta que la mayoría de la población estuviese preparada para la recepción solo en digital [115].

Por otra parte, la FCC no impuso ningún requerimiento a los radiodifusores para ofrecer HDTV. Sin embargo la HDTV fue inicialmente el punto focal en EUA para la transición de televisión analógica a digital.

Al final del periodo de transición, la FCC recuperó varios canales de televisión, puesto que el estándar ATSC permite la utilización del espectro de forma más eficiente. El gobierno de EUA, hizo un plan para todas las estaciones de televisión digital que operarían en canales del 2 al 51 y para que al final de la transición se recuperaran los canales del 52 al 69 (698 MHz a 806 MHz) para nuevos usos [141].

4.3.2.2 Retraso en el apagón analógico

Como fue mencionado en el apartado anterior, hubo un retraso en el *apagón analógico* de EUA, el cual en un principio se tenía planeado para el 31 de diciembre de 2006; sin embargo esta fecha fue modificada al 17 de febrero de 2009. Uno de los motivos principales que llevaron a este retraso, fue el desconocimiento por parte de los usuarios sobre qué es y para qué servía la televisión digital. La GAO realizó

una investigación sobre mil hogares estadounidenses durante 2002, en la que se reflejó que el 40 % de esta población nunca había oído hablar de la transición a la televisión digital, y que un 43 % tenía una ligera conciencia de la transición. La mitad no diferenciaban entre las transmisiones analógicas y digitales, y la gran mayoría no sabían que para acceder a los nuevos canales, necesitaban invertir en un STB para convertir la señal analógica a digital [115].

En 2004 había 280.5 millones de televisores analógicos en los EUA, de los cuales solo 73 millones recibían únicamente la señal terrestre. En junio de 2005 se estimaba que, aproximadamente, 16 millones de hogares perderían su recepción si se producía de inmediato el cese de las emisiones analógicas [115].

País	Norma DTT Adoptada	Fecha prevista Apagón Analógico
Alemania	DVB-T DVB-T2 en prueba	2008/11/25
Andorra	DVB-T	2007/09/25
Austria	DVB-T DVB-T2	2007-2011/06/06
Bélgica	DVB-T	2011/11
Bulgaria	DVB-T	2012
Chipre	DVB-T en prueba	2011
Croacia	DVB-T DVB-T2	2010/10/05
Dinamarca	DVB-T DVB-T2	2009/10/31
España (inclusive Islas Canarias)	DVB-T DVB-T2 en prueba	2010/04/03
Finlandia	DVB-T DVB-T2	2007/09/01
Francia	DVB-T DVB-T2 en prueba	2009/11-2011/11/30
Grecia	DVB-T	2012
Luxemburgo	DVB-T	2006
Países Bajos (Holanda)	DVB-T	2006/12/11
Reino Unido (Gran Bretaña [Inglaterra, Escocia, Gales] e Irlanda del Norte) con Islas del Canal (Guernsey, Jersey) e Isla de Man	DVB-T DVB-T2	2007-2012/12/31
Suecia	DVB-T DVB-T2	2007/10/15
Suiza	DVB-T DVB-T2 en prueba	2008/02/25
Turquía	DVB-T	Indefinido

Tabla 15: Países del continente Europeo [133].

País	Norma DTT Adoptada	Fecha prevista Apagón Analógico
Camboya	DVB-T	2015
Corea del Sur	ATSC	2012/12/31
Hong Kong	DTMB	2012
Irán	DVB-T	Indefinido
Japón	ISDB-T	2011/07/24
Laos	DVB-T	2015
Macao	DTMB	Indefinido
Malasia	ATSC	2015
Mongolia	DVB-T2	2014/06/30
Nepal	DVB-T2	Indefinido
República Popular China (incluso Tíbet)	DTMB	2015-2018
Taiwán	DVB-T	2010
Uzbekistán	DVB-T	2015
Vietnam	DVB-T	2015

Tabla 16: Países del continente Asiático [133].

País	Norma DTT Adoptada	Fecha prevista Apagón Analógico
Argentina	SBTVD-T	2019
Bolivia	SBTVD-T	Indefinido
Brasil	SBTVD-T	2016
Chile	SBTVD-T	2017
Colombia	DVB-T	2017-2020
Costa Rica	SBTVD-T	2018
Ecuador	SBTVD-T	Indefinido
El Salvador	ATSC	2012-2014
Guatemala	ATSC	Indefinido
Honduras	ATSC	2017-2022
Panamá	DVB-T	Indefinido
Paraguay	SBTVD-T	2016
Perú	SBTVD-T	2023
Uruguay	SBTVD-T	2015
Venezuela	SBTVD-T	2018
México	ATSC	2015
EU (incluyendo Alaska, Hawaii, Islas Midway e Isla Wake)	ATSC	2009/02/17- 2009/06/12
Canada	ATSC	2011

Tabla 17: Países del continente Americano [133].

TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN MÉXICO

Este capítulo se enfoca exclusivamente al proceso que se está viviendo en México, con respecto al cese de las emisiones analógicas, la regulación establecida, la implementación del estándar adoptado para televisión digital, y la penetración actual en el país con respecto a la cantidad de hogares mexicanos que cuentan con el correspondiente televisor, o STB para recibir la señal digital; así como también las dificultades y contratiempos que debe superar el país durante la transición a la TDT, para cumplir con el *apagón analógico* en la fecha estipulada.

5.1 SITUACIÓN EN MÉXICO

De acuerdo con el INEGI, el consumo televisivo en México es bastante alto, puesto que más del 95% de los mexicanos acostumbra ver televisión. El panorama frente al cual se encuentra México actualmente, con respecto al tema de televisión digital, representa un gran reto que implica tanto la participación del gobierno, la sociedad y por supuesto, los proveedores de estos servicios. La transición a la televisión digital terrestre trae consigo desafíos, que buscan fomentar el uso eficiente del espectro, una mayor oferta de contenidos, servicios multimedia, así como también promover la competitividad en la industria televisiva. Para dicha transición, debe tomarse en cuenta que las transmisiones digitales requieren de un canal diferente al analógico para que se puedan efectuar. El cambio paulatino a dicha tecnología, significa que mientras es llevado a cabo, habrá una simultaneidad entre el formato analógico y el digital.

5.2 REGULACIÓN DE LA TDT EN MÉXICO

Para determinar el estándar a utilizar durante la transición a la televisión digital, se creó el CCTDR, lo cual fue publicado en el DOF el 20 de julio de 1999. Dicho comité ha realizado trabajos para el estudio de los estándares de televisión digital que se encuentran disponibles en el mundo. Entre los diferentes sistemas que se evaluaron para México fueron: el sistema europeo DVB cuyo enfoque está basado en el multicasting, el sistema norteamericano ATSC, cuyo principal enfoque se basa en la alta definición; y el japonés ISDB, que se conforma por una combinación de los dos estándares anteriores, debido a que por medio de él, se podría recibir señal con alta definición o bajar la calidad de la misma, para recibir programación múltiple [4].

Con los estudios y evaluaciones de los estándares de televisión digital realizados por el CCTDR, se dio a conocer el 2 de julio de 2004 en el DOF, que el estándar digital que se implementaría en México sería el ATSC A/53 de origen norteamericano. Según esta publicación, el estándar resultó recomendable para las transmisiones de TDT en México, dado que reúne las siguientes características [55]:

- a. La capacidad para lograr transmisiones confiables de Alta Definición en canales de 6 MHz, que es el mismo ancho de banda con el que actualmente se llevan a cabo las transmisiones analógicas de televisión;
- b. La eficiencia en la transmisión de las señales, que permita maximizar la cobertura de la población con la menor potencia posible, a fin de replicar con tecnología digital la actual cobertura analógica al menor costo;
- c. El aprovechamiento de potenciales economías de escala en la producción global de aparatos de recepción, a fin de tomar ventaja de la reducción de costos en beneficio de la sociedad;
- d. La disponibilidad de aparatos de recepción en condiciones favorables de calidad, diversidad y precio;
- e. El potencial de desarrollo de nuevos servicios y de aplicaciones móviles y portátiles, y
- f. Las mejores condiciones para la recepción de las señales originadas en el territorio nacional y que por su ubicación pudieran ser captadas en el extranjero.

A diferencia del resto de América Latina, que eligió el estándar ISDB-T de Japón y Brasil, México optó por la plataforma ATSC por las ventajas antes mencionadas, sin embargo una razón más, fue por su posición geográfica, y por la importante influencia del país del norte para adoptar el mismo.

El sistema ATSC adoptado en México, ofrece una mayor prioridad a la alta definición (HDTV), contando con una resolución que llega a duplicar la de la televisión analógica. En sus inicios no se consideró para la recepción de señales en condiciones de movilidad.

5.2.1 *Política de Televisión Digital Terrestre*

En la publicación en el DOF del 2 de julio de 2004, además de comunicar la adopción del estándar A/53 de ATSC, también se estableció la política para la TDT, la cual consta de una transición gradual y progresiva en seis períodos trianuales, que van desde el 2004 hasta el año 2021 [30]. Los objetivos que se definieron fueron [55]:

- a. Inclusión Digital: generar condiciones para que los receptores y decodificadores de televisión digital sean cada vez más accesibles al consumidor del país, con objeto de que la sociedad se beneficie de las ventajas que ofrece esta tecnología.
- b. Calidad: brindar a la sociedad una mejor alternativa del servicio de televisión con imágenes y sonido de mayor fidelidad y/o resolución, que las que actualmente proporciona la televisión analógica.
- c. Fortalecimiento de la actividad: fomentar el sano desarrollo de los concesionarios¹ y permisionarios² de estaciones de televisión y el de las actividades relacionadas, mediante la incorporación de condiciones que propicien certidumbre técnica y jurídica para la transición a la TDT.
- d. Nuevos servicios: alentar la incorporación y el desarrollo de nuevos servicios digitales, tanto asociados como adicionales a la TDT, sin que ello afecte la calidad del servicio principal.
- e. Optimizar el uso del espectro: hacer un uso racional y planificado del espectro radioeléctrico para la convivencia de señales analógicas y digitales durante la transición a la TDT.

Este Decreto indica que se deberá asignar una señal digital por cada analógica que posea el concesionario o permisionario; ambos canales deberán ser operados simultáneamente para fomentar gradualmente el servicio de la televisión digital. Además, las transmisiones de la TDT deberán ser de calidad de alta definición (HDTV), o calidad mejorada (EDTV). Asimismo, para el inicio de las transmisiones digitales de cada canal adicional, la TDT deberá tener, como mínimo, calidad estándar (SDTV).

5.2.2 Adelanto del Apagón Analógico

En vista de que los reinos de los Países Bajos, Noruega, Suecia, Bélgica, España, las repúblicas de Finlandia y Federal Alemana, la Confederación Suiza, y los EUA ya habían concluido con el *apagón analógico*,

¹ Persona física o moral, que ha recibido de un organismo oficial el permiso para la explotación de un bien público o la prestación de un servicio público, a través de un procedimiento de licitación, en donde concursan varias personas interesadas en explotar el bien o prestar el servicio, y al final del cual el Estado debe verificar que se obtengan las mejores condiciones en cuanto a precio, calidad, disponibilidad, entre otros.

² Persona física o moral, con actividad empresarial que cuenta con un permiso para explotar o prestar un bien público, sin tener que esperar a que se expida una convocatoria pública para licitación a fin de poder prestar un servicio, sino que únicamente cumpliendo con las condiciones establecidas en la Ley pueden acudir ante la autoridad competente para solicitar la autorización para realizar cierta actividad y el Estado tendrá la obligación, en general, aunque no siempre, de conceder dicho permiso a cualquiera que lo solicite.

fue publicado un Decreto en el DOF el 2 de septiembre de 2010, en el que se establecen las acciones que deberán llevarse a cabo por la Administración Pública Federal para concretar la transición a la TDT; concluir las transmisiones de televisión analógica a partir del año 2011, y en su totalidad, a más tardar el 31 de diciembre de 2015. Esto implica el realizar dicho cambio en 6 años antes de lo previsto en el año 2004 [56].

En el mensaje del Presidente Felipe Calderón del Cuarto Informe de gobierno, se anunció el Decreto de Transición a la TDT. Al respecto, dijo:

Es hora de dar un paso definitivo en esa dirección, por tal razón, hago público un anuncio de la mayor trascendencia para el país: el día de hoy he promulgado el decreto que establece el inicio de la transición de un sistema analógico a un sistema de televisión digital terrestre.

Las acciones que deberán llevarse a cabo por la Administración Pública Federal para concretar la transición a la TDT, según este decreto, están orientadas a [153]:

- I. Impulsar el crecimiento de la cobertura de señales de la Televisión Digital Terrestre para que el público pueda contar con dicho servicio en todo el país;
- II. Incrementar la competencia y la diversidad de la industria de la televisión para ofrecer un mejor servicio a la población;
- III. Impulsar el desarrollo de nuevos servicios, en un entorno convergente, aprovechando las características de la tecnología de la TDT;
- IV. Liberar la banda de 700 MHz para el año 2012, y así posibilitar la prestación de otros servicios de telecomunicaciones para favorecer el uso eficiente de dicha banda;
- V. Promover que el público cuente con receptores o decodificadores que le permitan captar las señales de la TDT, y
- VI. Vigilar que los servicios de televisión radiodifundida no se vean afectados en forma alguna, a fin de que en todo momento la población pueda recibirlos de manera directa y gratuita, utilizando los dispositivos idóneos para ello.

El Decreto se conforma de 10 artículos en los cuales se exponen las funciones que seguirán la COFETEL, SCT, SEGOB, SE, PROFECO, SEP y SEDESOL. Además se indica la creación de la Comisión Intersecretarial para la Transición Digital, cuyo objeto es coordinar las acciones necesarias para concretar la transición a la TDT, y asimismo, se otorgan las funciones que dicha comisión debe tener, las cuales son [56]:

- I. Promover y coordinar las acciones necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en el Decreto;
- II. Evaluar la penetración de los receptores digitales y el desarrollo del proceso de terminación de las transmisiones de televisión analógica en los Estados Unidos Mexicanos, así como de otros medios que favorezcan la transición y la continuidad del servicio de televisión que actualmente recibe el público;
- III. Propiciar la penetración generalizada del servicio de TDT para lograr la terminación de las transmisiones de televisión analógica en una ciudad o región determinada, a cuyo efecto, establecerá la metodología para medir dicha penetración, e
- IV. Informar trimestralmente al Ejecutivo Federal, a través de su Presidente, los avances en la transición a la TDT y, en su caso, formular las recomendaciones que estime pertinentes para reforzar las medidas que aseguren la recepción del servicio.

En dicho acuerdo se estableció que esta comisión estaría integrada por el secretario de Comunicaciones y Transportes, quien la presidirá; el secretario de Gobernación; el secretario de Hacienda y Crédito Público; el secretario de Desarrollo Social; el secretario de Economía; el secretario de Educación Pública, y el Presidente de la Comisión Federal de Telecomunicaciones.

También se indicó que en las reuniones de la Comisión Intersecretarial, se invitará a dos representantes de los concesionarios y dos de los permisionarios de televisión radiodifundida, quienes tendrán voz pero no voto. De la misma manera, podrá invitarse a participar en las sesiones, con voz pero sin voto, a representantes de asociaciones o personas de reconocido prestigio en las materias relacionadas con la competencia de la Comisión, para apoyar en lo necesario en los análisis y las recomendaciones que lleve a cabo.

Además, como se mencionó con anterioridad, se anunció en este mismo Decreto, la liberación de la banda 700 MHz para el 2012, lo que incluiría la convocatoria para nuevas licitaciones en radiodifusión y telecomunicaciones para transmisiones digitales. Se estimaba un aproximado de dos mil 473 mdd, por la licitación de la banda. Al asignarla, México se convertiría en el primer país de América Latina en hacer uso del *dividendo digital*.

Como se explicó en el apartado 2.6, el *dividendo digital* es el espectro liberado una vez que concluyen las transmisiones de televisión analógica, para dar cabida a las señales digitales; por sus características técnicas puede ser asignado a los operadores de telefonía móvil. Es una banda que genera gran interés entre empresas que están en el mercado móvil, debido a que les permite contar con una mejor cobertura con menor inversión [82]. Por su parte, los sistemas móviles podrían ayudar a reducir la brecha digital existente entre las áreas urbanas y rurales [68].

Sin embargo, debido a la mala planeación en la liberación de la banda de 700 MHz, el lapso de tiempo planeado para hacer la transición de señal analógica a señal digital, de tres estaciones de televisión junto con sus canales espejo, no fue suficiente, motivo por el cual tomará más tiempo dicha liberación. Una vez liberada esta banda, se tenía planeado licitarla para usar sus recursos en el subsidio de decodificadores y de esta manera impulsar el *apagón analógico*.

Por otra parte el presidente de Signals Telecom Consulting, José Otero, consideró que el Decreto presidencial únicamente se vio como un elemento político:

El decreto presidencial tiene un pragmatismo puramente político pues sirve para otorgar concesiones a los dos bandos involucrados en el debate de la TDT; por un lado, apacigua a los que solicitaban el apagón en 2015 y proyectando al ejecutivo como impulsador de la innovación tecnológica en México.

El jefe de la Unidad de Sistemas de Radio y Televisión de la COFETEL, Fernando Borjón, mencionó que la licitación de la banda de 700 MHz va a tener que esperar, además agregó:

En este momento el Decreto plantea que la licitación sea para 2012, entonces eso será uno de los temas que se tendrá que ver con mucho cuidado como se va a dar esa liberación sin afectar ningún servicio de radiodifusión que hoy recibe el público.

Con respecto al mismo tema comentó que hay varios esquemas de planificación de la banda, por lo que se está trabajando de manera paralela el futuro de la banda de 700 MHz y el *apagón analógico*, y coincide en que es una banda útil para servicios de telefonía móvil [10].

El 3 de noviembre del 2011, la ministra de la SCJN, Olga Sánchez Cordero propuso la invalidación del decreto presidencial que adelantó la transición a la televisión para 2015. Señaló que aún en su carácter titular de la administración pública federal, el Presidente de la República no puede arrogarse la atribución de incidir en materia de radio y televisión, pues ello va más allá de su alcance [150].

En el documento de la ministra Sánchez Cordero se refrenda la naturaleza jurídica de la COFETEL como órgano desconcentrado de la SCT, con facultades exclusivas en radiodifusión, otorgadas desde las reformas a la Ley Federal de Radio y Televisión y a la Ley Federal de Telecomunicaciones, en 2006 [73].

Sin embargo, el Decreto quedó vigente al no reunir en la SCJN los ocho votos necesarios para declararlo inconstitucional. El presidente de la SCJN Juan Silva Meza, quien se pronunció por la validez del decreto, consideró que el Presidente Calderón no excedió sus atribuciones al emitir el decreto, que detalla las acciones para concretar la

transición a la TDT, y dijo que si lo hiciera no se afectaría la autonomía del órgano regulador. Además recordó que la planeación de políticas públicas en áreas estratégicas como el sector de telecomunicaciones, corresponden al Ejecutivo Federal, quien tiene por mandato constitucional la rectoría del Estado [40].

Por otra parte el INEGI realizó la difusión de los resultados de la ENDUTIH, en la cual, desde el 2009, se incluyó un reactivo para estimar la disponibilidad de televisores digitales en los hogares. Estos resultados mostraron que si bien, en casi todos los hogares del país se puede encontrar un televisor, los de tecnología digital pueden aún considerarse inusuales ya que solo el 13.6% contaba con al menos uno de ellos en ese año, como se muestra en la figura 28. Un mejor

**Hogares con televisor, por tipo de tecnología
2009
(Porcentajes)**

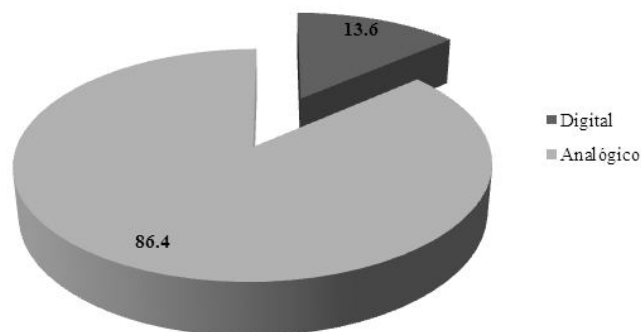


Figura 28: Número de televisores digitales, ENDUTIH 2009 [83].

aprovechamiento de los televisores digitales ocurre cuando se complementan con señales de paga, pero solamente la mitad de los hogares con un aparato digital contaba con televisión de paga en 2009, cifras que se ilustran en la figura 29 [83]. En la ENDUTIH realizada en 2010, se observó un avance mínimo, pues del 13.6% de los hogares que contaban con un televisor digital registrado en 2009, para el 2010 se registró un total de 13.9%, como se muestra en la figura 30, lo que podría representar una enorme limitante para el cumplimiento de la transición en la fecha programada. Para el 2010 esta encuesta mostró que solo una cuarta parte de los hogares con televisión de paga, dispone de televisor digital. Estas cifras se ilustran en la figura 31 [84].

Por su parte, el secretario de Comunicaciones, Juan Molinar Horcasitas, aseguró que con los recursos que se reciban por utilizar el espacio radioeléctrico, se pagará el bono que darán a familias, para que puedan adquirir un televisor digital. Además dijo que al digitalizar la señal de televisión, se abre espacio en el espectro radioeléctrico que podría licitarse, ya sea para que entre una nueva cadena de televi-

**Hogares con televisor digital y señal de paga
2009
(Porcentajes)**

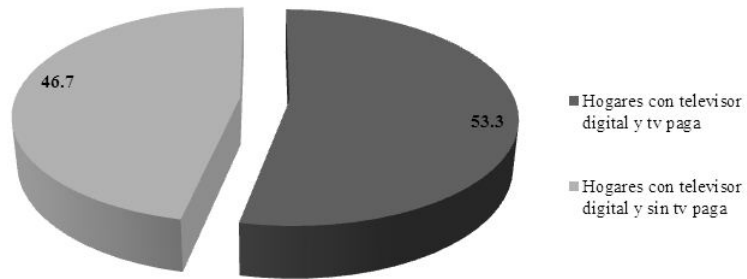


Figura 29: Televisores digitales con servicios de televisión de paga, ENDU-TIH 2009 [83].

**Hogares con televisor, por tipo de tecnología
2010
(Porcentajes)**

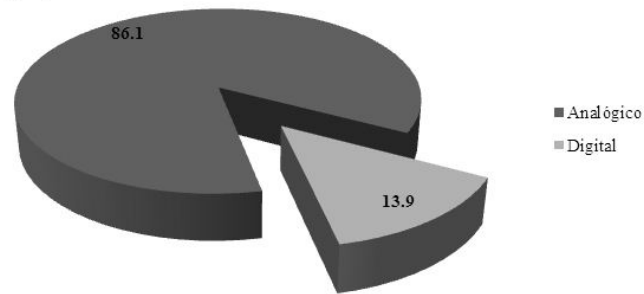


Figura 30: Televisores digitales, MODUTIH 2010 [84].

**Hogares con televisión de paga por tipo de televisor disponible
2010
(Porcentajes)**

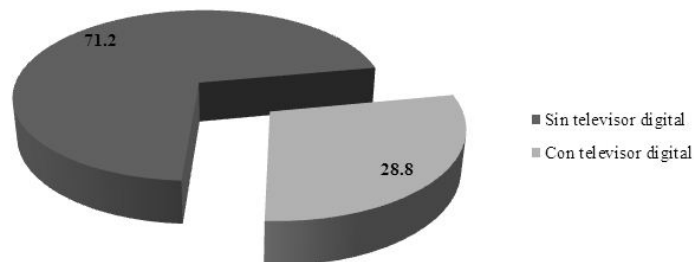


Figura 31: Televisores digitales con servicios de televisión de paga, MODU-TIH 2010 [84].

sión o para su uso en servicios de telecomunicaciones, como telefonía móvil, Internet, entre otros [147].

El titular de la COFETEL Mony de Swaan, declaró a la prensa en agosto de 2011, que en un estudio realizado en el año 2010, se concluyó que existe espacio para licitar dos canales digitales en televisión abierta, uno con 92 % y el segundo con 82 % de cobertura [148].

En las Acciones de Política Regulatoria 2011-2012, se señala que la COFETEL realizará un estudio de las condiciones del mercado de televisión abierta para que, junto con las conclusiones que arrojó el análisis técnico por la SCJN al Decreto Presidencial de 2010 en materia de TDT, se pueda determinar la posibilidad de emitir un Primer Programa de Licitación de Concesiones de Televisión Digital [29].

El 12 de septiembre del 2011, el Pleno de la COFETEL aprobó por mayoría de votos modificar la política para la TDT de 2004, e iniciar el proceso de mejora regulatoria ante la COFEMER [31]. En estas modificaciones se propuso una serie de acciones complementarias para una exitosa transición a la TDT en México. Para estas modificaciones se tomaron en cuenta las recomendaciones hechas por el CCTDR, con objeto de generar y establecer un programa escalonado de *apagones locales*, que incluye un programa piloto en las ciudades de Tijuana y Tecate, con fechas específicas por localidad [55].

El 4 de abril de 2012 la COFETEL recibió de la COFEMER, el Dictamen Final del Acuerdo por el que se hacen dichas modificaciones al Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de TDT, y se establece la Política para la transición a la TDT en México. Sin embargo, el 11 de abril de 2012 el pleno de la COFETEL dio a conocer que se encontraba imposibilitado para votar ese día sobre la revisión a la Política de la TDT, ante una suspensión otorgada dentro de un juicio de amparo promovido por la Televisora Peninsular, la cual es una empresa asociada de Grupo Televisa [100].

El 30 de abril de 2012 la COFEMER emitió un oficio en el que informó que estos efectos jurídicos quedaban plenamente restituidos, dejando por lo tanto vigente su dictamen final. Con esto, el Pleno de la COFETEL, en Sesión Extraordinaria del día 2 de mayo de 2012 aprobó, por mayoría de cuatro votos a favor y uno en contra, las modificaciones a dicho Acuerdo. La resolución es consistente con el Decreto del Ejecutivo Federal del 2 de septiembre de 2010, y con diversos comentarios recibidos por la industria en la consulta pública realizada. Por lo tanto, el 31 de diciembre de 2015 será el último día en que se transmitirán señales analógicas en la televisión abierta en el país.

Las modificaciones en la Política para la TDT incluyen un plan detallado de apagones escalonados por ciudades. El primero será en Tijuana, plaza en la que se realizará una prueba piloto, a fin de que el término de las transmisiones analógicas ocurra el 16 abril de 2013. En las ciudades de Mexicali, Cd. Juárez, Nuevo Laredo, Reynosa, Mata-

moros y Monterrey, la fecha para finalizar la transición a la televisión digital es el 26 de noviembre de 2013. En la ciudad de México, Guadalajara y el centro del país será en igual día pero del año 2014, y en 2015 será en el resto de las ciudades del país [32]. En la tabla 18 se puede observar la fecha del *apagón analógico* en los estados restantes de la República Mexicana.

Sitios de transmisión y poblaciones a servir		Estado	Año de la transición a la TDT	Cobertura poblacional
1	TIJUANA	BC	2013	1,352,035
2	MEXICALI	BC	2013	764,602
3	CD. JUAREZ	CHIH	2013	1,259,693
4	MONTERREY	NL	2013	3,623,117
5	NUEVO LAREDO	TAMPS	2013	338,641
6	REYNOSA - MATAMOROS	TAMPS	2013	1,036,685
7	TORREON	COAH	2014	1,270,228
8	MÉXICO D. F.	DF	2014	18,516,499
9	CELAYA (Cerro Culiacán)	GTO	2014	3,773,211
10	LEON (Bajío)	GTO	2014	343,275
11	GUADALAJARA	JAL	2014	4,941,892
12	JOCOTITLAN	MEX	2014	4,375,851
13	CUERNAVACA	MOR	2014	1,609,025
14	PUEBLA	PUE	2014	3,810,925
15	QUERETARO	QRO	2014	2,243,016
16	SAN LUIS POTOSI	SLP	2014	1,179,196
17	VILLAHERMOSA	TAB	2014	1,505,221
18	VERACRUZ	VER	2014	1,419,739
19	XALAPA	VER	2014	4,121,521
20	MERIDA	YUC	2014	1,218,432
21	AGUASCALIENTES	AGS	2015	1,072,042
22	CHIHUAHUA	CHIH	2015	757,498
23	TUXTLA - SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS	CHIS	2015	2,028,275
24	SALTILLO	COAH	2015	660,317
25	COLIMA	COL	2015	500,133
26	DURANGO	DGO	2015	671,059
27	ACAPULCO	GRO	2015	914,623
28	CHILPANCINGO	GRO	2015	857,269
29	MORELIA	MICH	2015	786,653

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Sitios de transmisión y poblaciones a servir		Estado	Año de la transición a la TDT	Cobertura poblacional
30	URUAPAN	MICH	2015	593,408
31	ZAMORA	MICH	2015	703,939
32	TEPIC	NAY	2015	745,045
33	MATIAS DE ROMERO	OAX	2015	740,456
34	OAXACA	OAX	2015	891,332
35	TEHUACAN	PUE	2015	580,405
36	CANCUN	Q. ROO	2015	678,045
37	CULIACAN	SIN	2015	1,099,440
38	LOS MOCHIS	SIN	2015	884,466
39	MAZATLAN	SIN	2015	506,696
40	CD. OBREGON	SON	2015	783,716
41	GUAYMAS	SON	2015	587,284
42	HERMOSILLO	SON	2015	655,043
43	TAMPICO	TAMPS	2015	849,235
44	CERRO AZUL	VER	2015	500,718
45	COATZACOALCOS	VER	2015	722,910
46	ZACATECAS	ZAC	2015	784,719

Tabla 18: Calendario para la transición a la TDT por sitios de transmisión [34].

5.3 TRANSICIÓN A LA TDT

Habiendo sido México el primer país en América Latina en iniciar la transición a la televisión digital, hasta el momento se ha visto envuelto en una serie de contratiempos que han retrasado dicha transición. Entre ellos, el hecho de que la mayoría de los hogares mexicanos no cuenten aún con el presupuesto y en consecuencia, con un televisor o con el correspondiente decodificador capaz de recibir la señal digital. Algunos países sudamericanos, que habiendo iniciado tiempo después su transición, han logrado hasta ahora avances significativos en comparación con México.

México adoptó el sistema ATSC en el año 2004, sin embargo la televisión digital en el país se remonta al año de 1997, cuando la SCT otorga a Televisa y Televisión Azteca dos permisos de transmisión experimental de señales de TDT en las ciudades de México y Guadalajara, por lo cual se realizaron transmisiones de señales digitales en

formato de HDTV, y se iniciaron los trabajos de prueba de los diversos estándares [69]. En ese mismo año se escribió un memorándum de entendimiento entre la SCT y la FCC de los EUA, relativo al uso de las bandas de 54 a 72 MHz, 76 a 88 MHz, 174 a 216 MHz y 470 a 806 MHz, para el servicio de radiodifusión de televisión digital, a lo largo de la frontera común [25].

La Cadena mexicana TV Azteca el 16 de Diciembre de 1997 transmitió la primer señal televisiva en tecnología de alta definición en el Polyforum Cultural Siqueiros [5]. Fue la primera vez en México y en toda América Latina. La demostración fue posible gracias a la Harris Corp. y al canal WRAL-HD³ (afiliada de la CBS) de Raleigh, Carolina del Norte. La empresa Harris facilitó el transmisor y la antena mientras que WRAL-HD contribuyó con TV Azteca con la entrega del equipo necesario para la transmisión en HDTV, envió a México un codificador, un decodificador, un demodulador, máquinas de cinta digital, cintas y dispositivos de representación. El transmisor que facilitó Harris Corp., fue un Ultra 1CD de 1 kW en estado sólido UHF para TDT. También entregó una antena panel UHF Deltawing TAD-2UDA-1/1 y un excitador Harris CD 1, 8-VSB, de norma ATSC. El transmisor fue diseñado para operar en las Bandas IV y V de UHF⁴ con un rango de frecuencia de 470 a 860 MHz [65].

Asimismo, Televisa realizó su primera transmisión pública de televisión digital de alta definición el 25 de enero de 1998, con un partido entre los equipos de fútbol América y Guadalajara, en una ceremonia realizada en Televisa Chapultepec a la que asistió el en ese entonces secretario de Comunicaciones y Transportes, Carlos Ruiz Sacristán. Unas semanas antes, tanto Televisa como TV Azteca habían recibido autorización por parte de la SCT para emplear canales de UHF y efectuar en ellos experimentos de televisión digital. A Televisa le fueron asignados los canales 48 del Distrito Federal y 24 de Guadalajara, en los que debería experimentar transmitiendo con señal digital la programación del canal 2. A TV Azteca se le otorgaron el 53 del Distrito Federal y el 40 de Guadalajara.

El 4 de marzo de 1999, Televisa inició transmisiones regulares de prueba a través del canal 48 de UHF en el Distrito Federal. Las señales de televisión digital de alta definición se difundirían diariamente durante dos horas con incremento los fines de semana en que se transmitirían los viernes de 16 a 22 horas, y los sábados y domingos de 10 a 22 horas [5].

Como se mencionó anteriormente, las transmisiones digitales requieren de un canal distinto al analógico para poder llevarse a cabo, en virtud de que no son compatibles. Por tal razón, y considerando que es necesario mantener la continuidad del servicio analógico de

³ El canal WRAL-HD fue la primera estación comercial de EUA en transmitir HDTV.

⁴ Canales del 14 al 36, van de 470 a 608 MHz y canales del 38 al 69 van de 614 a 806 MHz.

televisión durante la transición a la TDT, se asignaron en 2010, canales adicionales a los concesionarios y permisionarios para realizar sus transmisiones digitales en los términos de la Política de la TDT. Los canales asignados se pueden observar en la tabla 19 [27]. Entre septiembre de 2010 y junio de 2011, el gobierno concedió licencias a 146 nuevos canales de televisión digital, hasta alcanzar un total de 224 canales autorizados [104].

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
México, D. F.					
23	XEIMT-TV	Televisión Metropolitana, S. A. de C. V.	22	19/12/2008	Canal 22
24	XHIMT-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	7	31/05/2005	TV Azteca
25	XHDF-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	13	31/05/2005	TV Azteca
26	XHTVM-TV	Televisora del Valle de México, S. A. de C. V.	40	31/05/2007	TV Azteca
27	XHTRES-TV	Compañía Internacional de Radio y Televisión, S. A. de C. V.	28	18/03/2008	Ángeles
44	XEQ-TV	Televimex, S. A. de C. V.	9	11/10/2006	Televisa
48	XEW-TV	Televimex, S. A. de C. V.	2	05/09/2007	Televisa
49	XHTV-TV	Televimex, S. A. de C. V.	4	19/09/2005	Televisa
50	XHGC-TV	Televimex, S. A. de C. V.	5	19/09/2005	Televisa
Guadalajara, Jal.					
26	XEWO-TV	Televimex, S. A. de C. V.	2(+)	05/09/2007	Televisa
29	XHG-TV	Televisora de Occidente, S. A. de C. V.	4(-)	19/09/2005	Televisa

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
24	XHGA-TV	Televimex, S. A. de C. V.	9(+)	05/09/2007	Televisa
31	XHSFJ-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	11	31/05/2005	TV Azteca
33	XHJAL-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	13	31/05/2005	TV Azteca
Monterrey, N. L.					
23	XHX-TV	Televimex, S. A. de C. V.	10(+)	13/01/2006	Televisa
31	XET-TV	Televimex, S. A. de C. V.	6(+)	13/01/2006	Televisa
39	XHWX-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	4	13/01/2006	TV Azteca
43	XHFN-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	7	13/01/2006	TV Azteca
48	XHCNL-TV	Televimex, S. A. de C. V.	34(-)	29/01/2008	Televisa
50	XHAW-TV	Televisión Digital, S. A. de C. V.	12	13/01/2006	Multimedios
Tijuana, B. C.					
22	XHUAA-TV	Televimex, S. A. de C. V.	57	11/10/2006	Televisa
23	XETV-TV	Radio Televisión, S. A. DE C. V.	6	13/01/2006	n.d.
28	XHJK-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	21	13/01/2006	TV Azteca
29	XHTIT-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	27	13/01/2006	TV Azteca
32	XEWT-TV	Televisora Calimex, S. A. de C. V.	12	29/01/2008	Televisa
34	XHAS-TV	Tele Nacional, S. de R. L. de C. V.	33	02/09/2008	n.d.
44	XHBJ-TV	Mario Enríquez Mayans Concha	45	19/12/2008	Cadena Baja California

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
Ciudad Juárez, Chih.					
29	XEPM-TV	Canales de Televisión Populares, S. A. de C. V.	2	05/09/2007	Televisa
34	XHCJE-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.		21/10/2005	TV Azteca
36	XHCJH-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	20	21/10/2005	TV Azteca
Mexicali, B. C.					
25	XHEXT-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	20	21/10/2005	TV Azteca
28	XHAQ-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	5	21/10/2005	TV Azteca
34	XHBM-TV	Canales de Televisión Populares, S. A. de C. V.	14	05/09/2007	Televisa
46	XHILA-TV	Intermedia y Asociados de Mexicali, S. A. de C. V.	66	18/12/2008	Intermedia
Reynosa, Tamps.					
19	XERV-TV	Canales de Televisión Populares, S. A. de C. V.	9	05/09/2007	Televisa
36	XHREY-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	12	21/10/2005	TV Azteca
Matamoros, Tamps.					
12	XHMTA-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	11	18/12/2008	TV Azteca
26	XHRIO-TV	TVNorte, S. de R. L. de C. V.	2(+)	18/12/2008	n.d.
30	XHAB-TV	Televisora de Matamoros, S. A. de C.V.	7	29/01/2008	Televisa

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
33	XHOR-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	14	13/01/2006	TV Azteca
51	XHVTV-TV	Televisión Digital, S. A. de C. V.	54	18/12/2008	Multimedios
Nuevo Laredo, Tamps.					
25	XHBR-TV	Televimex, S. A. de C. V.	11	05/09/2007	Televisa
32	XHNAT-TV	Multimedios Televisión, S. A. de C. V.	45(+)	18/12/2008	Multimedios
50	XHLNA-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	21	21/10/2005	TV Azteca
51	XHLAT-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	33	21/10/2005	TV Azteca
Toluca, Mex.					
35	XHLUC-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	19	19/12/2008	TV Azteca
27	XHXEM-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	6	19/12/2008	TV Azteca
Perote, Ver.					
31	XHIC-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	13(+)	19/12/2008	TV Azteca
33	XHCPE-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	11(+)	19/12/2008	TV Azteca
Puebla, Pue.					
27	XHTEM-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	12(+)	19/12/2008	TV Azteca
24	XHPUR-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	6	19/12/2008	TV Azteca
Querétaro, Qro.					
34	XHQUE-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	36	18/12/2008	TV Azteca

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
26	XHQUR-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	9	18/12/2008	TV Azteca
Sabinas Hidalgo, N. L.					
21	XHSAW-TV	Televisión Digital, S. A. de C. V.	64	19/12/2008	Multimedios
León, Gto.					
23	XHL-TV	Compañía Televisora de León Guanajuato S. A. de C. V.	11	18/12/2008	Televisa
27	XHLGT-TV	Televimex, S. A. de C. V.	2	18/12/2008	Televisa
24	XHLEJ-TV	Radiotelevisora de México Norte, S. A. de C. V.	25	18/12/2008	Televisa
31	XHLGG-TV	Multimedios Televisión, S. A. de C. V.	6	17/12/2008	Multimedios
Cerro Culiacán, Gto.					
33	XHMAS-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	12	19/12/2008	TV Azteca
41	XHCCG-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	7	19/12/2008	TV Azteca
Torreón, Coah.					
23	XHOAH-TV	Multimedios Televisión, S. A. de C. V.	9(-)	19/12/2008	Multimedios
Hidalgo del Parral, Chih.					
30	XHMH-TV	C. Jorge Guillermo Fitzmaurice Meneses	13(+)	17/12/2008	n.d.
Durango, Dgo.					
36	XHA-TV	Ing. Alejandro Ogilvie Stevenson Bradley	10(-)	17/12/2008	TV Diez Durango

Continúa en la siguiente página

Viene de la página anterior

Canal TDT	Distintivo	Empresa	Canal Analógico	Fecha de autorización	Grupo
Cuernavaca, Mor.					
27	XHCUR-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	13	16/04/2010	TV Azteca
43	XHCUV-TV	Televisión Azteca, S. A. de C. V.	28	16/04/2010	TV Azteca

Tabla 19: Canales de Televisión Digital Terrestre en México [26].

En el comunicado de prensa No.18/11, emitido el 20 de julio de 2011 por la COFETEL, los comisionados aprobaron el lanzamiento de seis transmisiones de multiprogramación que, como parte de sus servicios de radiodifusión, ofrecerían dos concesionarios y un permisionario de televisión en los canales adicionales en los que transmiten TDT. La multiprogramación consiste en la transmisión de señales de audio y video multiplexadas, para ser transmitidas mediante el canal de 6 MHz autorizado para la TDT, a fin de que la población pueda recibir dichas señales de manera directa y gratuita utilizando los receptores de TDT. Las solicitudes presentadas por los interesados son consistentes con la Política de TDT; estas transmisiones de TDT usarán el estándar A/53 de ATSC, manteniendo la transmisión simultánea y ofreciendo uno o dos programas adicionales. La multiprogramación

Concesionario/ Permisionario	Servicio	Ciudad	Distintivo de llamada Canal
Televisión Digital S. A. de C. V.	HDTV, 2 SDTV	Monterrey	XHAW-TV canal 12 TDT canal 25
Tele Nacional S. de R. L. de C.V.	HDTV, 2 SDTV	Tijuana	XHAS-TV canal 33 TDT canal 34
Organismo Promotor de Medios Audiovisuales (OPMA)	HDTV, SDTV	Monterrey Guadalajara Puebla	XHOPMT-TV canal 47 TDT canal 51 XHOPGA-TV canal 27 TDT canal 43 XHOPMO-TV canal 45 TDT canal 43 XHOPPA-TV canal 38 TDT canal 30

Tabla 20: Concesionarios y permisionarios [28].

representa por lo tanto, una forma de prestar el servicio de radio-

difusión que ha sido previamente concesionado o permisionado de manera más eficiente, incrementando la cantidad de servicios asociados a la TDT, teniendo como punto central el beneficio directo de la población televidente del país [28].

En el comunicado de prensa No. 03/2012 de la COFETEL, emitido el 25 de enero de 2012, se menciona que el Pleno de la Comisión fue informado por la Unidad de Prospectiva y Regulación sobre los avances del estudio *Política Nacional de Espectro*. Se trata de un ejercicio de planeación, inédito en México, que pretende reordenar el uso del espectro radioeléctrico y dar certeza al mercado. A partir de un análisis de la ocupación actual de las bandas ubicadas entre los 30 kHz y los 30 GHz, así como de la revisión exhaustiva del marco normativo nacional e internacional, se planea optimizar la explotación de este recurso escaso [31].

El 8 de febrero de 2012 en el comunicado No. 04/2012, el Pleno de la COFETEL resolvió favorablemente las solicitudes del H. Congreso de la Unión y del OPMA para llevar a cabo multiprogramación en los canales de televisión digital que tienen autorizados. Bajo este esquema, el Congreso propuso aprovechar las señales del canal 45 de la ciudad de México para transmitir la programación del canal del Congreso en alta definición (HDTV), así como un canal de programación para la Cámara de Senadores y otro para la Cámara de Diputados, estos últimos con calidad estándar (SDTV).

El OPMA planteó transmitir la señal del canal Once con HDTV, así como la señal de programación del canal 22, sin anuncios comerciales, con calidad SDTV, para la cobertura de los canales digitales de Celaya y León, Guanajuato; Tampico, Tamaulipas; Hermosillo, Sonora; Mérida, Yucatán; Oaxaca, Oaxaca y Xalapa, Veracruz.

Estas resoluciones emitidas, avaladas con su voto por el Comisionado Presidente, Mony de Swaan Addati, y los Comisionados Gonzalo Martínez Pous y Alexis Milo Caraza, son consistentes con lo establecido en la Política de TDT vigente, y se suman a las resueltas el 21 de julio y el 21 de diciembre de 2011, cuando la COFETEL tomó nota de las transmisiones de multiprogramación de los concesionarios de televisión digital, en el canal 25 en la ciudad de Monterrey, y Tele Nacional, en el canal 34 de Tijuana, así como las correspondiente al OPMA, para las ciudades de Monterrey, Guadalajara, Morelia y Puebla, y para el par digital del canal Once en la ciudad de México.

En todos los casos, la multiprogramación propuesta se llevará a cabo bajo el estándar A/53 de ATSC, cuyo uso es consistente con la Política de TDT para la transmisión de señales de televisión abierta.

Por otra parte, la COFETEL resolvió favorablemente sobre el registro de la documentación técnica presentada por el gobierno del Distrito Federal para operar el canal 21 de TDT, que le fue otorgado el 22 de febrero del 2010.

Con este proceso, el gobierno del Distrito Federal, en su carácter de permisionario, estaría en condiciones de iniciar las transmisiones en dicho canal. En sesiones previas del Pleno en el presente año, la Comisión determinó otorgar 4 nuevos permisos de TDT. Para el OPMA, se aprobó la operación de los canales 30 y 47 en las ciudades de Querétaro, Aguascalientes y Toluca, respectivamente, y para el gobierno de Querétaro, el canal 50, que se transmitirá en la capital del estado [33].

5.4 EXIGEN CUMPLIR CON EL APAGÓN

México cuenta con muy poco tiempo para cesar sus transmisiones analógicas y cumplir con lo acordado para el 2015; pero el panorama actual no parece muy prometedor, pues la transición no avanza a la velocidad adecuada para poder lograr este objetivo. Hamadoun I. Touré, secretario general de la UIT, haciendo referencia a esto, dijo que México debe cumplir con el *apagón analógico* en 2015 como lo acordaron diversos países miembros de dicho organismo:

Estamos a tan solo tres años de la llegada la fecha límite de 2015 para el apagón, por lo que nos tenemos que reunir pues sabemos que muchos países no lograrán cumplir con las metas del milenio de las cuales la televisión digital y banda ancha son necesarias para lograrlos.

También agregó que los países miembros firmaron un Acuerdo en el año 2000 comprometiéndose a concluir el apagón en 2015, y afirmó que este proceso trae consigo muchos beneficios sustanciales, aunque deben enfrentarse algunos desafíos. En el caso de México mencionó lo siguiente:

El desafío para México es cómo puede mantener este corto periodo de transición que no solo es un problema para México, es un problema para todo el mundo.

Por tal motivo, mencionó el secretario general de la UIT, que se está sometiendo a presión a todos los países para cumplir con tal acuerdo [10].

5.4.1 Países que han adoptado el estándar

En la tabla 21 se muestra los países que han adoptado el estándar ATSC así como la fecha en que llegó para algunos de ellos y llegará para otros el fin de sus transmisiones analógicas.

5.5 ATSC EN MÉXICO

El estándar A/53 de ATSC adoptado por México, con el transcurso del tiempo ha sufrido mejoras y actualizaciones, tal y como lo previó

País	Fecha del Apagón analógico
Corea del sur	2012
Canadá	2011
El Salvador	2012-2014
Estados Unidos de América (incluyendo Alaska, Hawai, Islas Midway e Isla Wake)	2009/02/17 - 2009/06/12
Guatemala	—
Honduras	2017-2022
México	2015
Puerto Rico	—
República Dominicana	2015

Tabla 21: Países con el estándar ATSC [133].

la Política de TDT. Primero, con la publicación en enero de 2007 del *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristic* de ATSC, se establece cómo transmitir señales adicionales dentro del mismo ancho de banda de 6 Mhz de cada canal de televisión digital y, segundo: el 15 de septiembre de 2008 se publica el estándar ATSC A/72, el cual detalla la metodología para usar la codificación de video avanzada (AVC) dentro de una transmisión de televisión digital bajo el estándar ATSC A/53, que incluye el protocolo de compresión y multiplexación de señales MPEG-4 [92].

A finales del año 2011, hubo una controversia generada entre autoridades, legisladores, industria y expertos, por la autorización de las televisoras abiertas a transmitir programación adicional en los canales digitales asignados mediante el uso del estándar A/72 de ATSC, el cual permite una compresión mayor de las señales de televisión. La postura de la COFETEL era que de acuerdo con las consultas hechas directamente al presidente del ATSC, Mark S. Richer, en marzo de 2010, el A/72 no es un estándar distinto del A/53, sino que se trata de una evolución tecnológica. Puesto que con ambos se utiliza el mismo canal de 6 MHz, pero con el A/53 la compresión permite tener hasta cuatro canales, mientras que en el A/72 caben hasta 8 canales. Además, la COFETEL considera que el estándar A/72 no es un formato de compresión no autorizado, dado lo que establece el propio ATDT fechado en 2004 en el numeral 2, que señala que el modelo a utilizarse para lograr los objetivos propuestos debe ser flexible, con el propósito de aprovechar al máximo las ventajas que actualmente ofrece el estándar A/53 de ATSC, así como las de su futuro desarrollo y un mayor crecimiento [6].

5.5.1 Norma Oficial

El 18 de octubre de 2010, el Diario Oficial publicó una modificación a la NOM relativa al empaque de productos electrónicos (NOM-024-SCFI-1998), con el fin de que, a partir del 17 de diciembre de ese año, los aparatos receptores de televisión vendidos en México garantizaran a los compradores que cuentan con la capacidad para captar señales digitales de acuerdo con el estándar estadounidense A/53 ATSC adoptado por México. A partir de esa fecha, deberá incluirse en los empaques de televisores la leyenda *sintoniza transmisiones de televisión digital conforme al estándar A/53 del Advanced Television Systems Comitee, Inc (ATSC)* en etiquetas adheridas al producto.

La intención es que el comprador tenga la garantía de que su televisor es efectivamente de sintonía digital y además, que captará las señales del estándar adoptado por México. Esto con el fin de que no se vendan televisores digitales en México que no sean capaces de captar las señales del estándar ATSC [70].

5.6 INICIA OFICIALMENTE EL PROCESO DE LICITACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL ABIERTA

EL 12 de junio de 2012 fue publicado en el DOF el *Programa de concesionamiento de frecuencias de radiodifusión de televisión que podrán ser materia de licitación pública*, resolución aprobada por el Pleno de la COFETEL en su XVI Sesión Ordinaria celebrada el 6 de junio de 2012, por mayoría de votos de los Comisionados [57]. El Programa incluye las frecuencias para dos canales de transmisión de TDT en 153 regiones que representan la cobertura necesaria para servir al 93 % de la población del país. Con este programa se inicia de manera oficial el proceso de licitación de televisión digital abierta. La COFETEL señaló que la cantidad de canales del espectro radioeléctrico que es posible asignar mediante la TDT es mayor a los que se puede lograr cuando se utilizan los criterios de planificación que requiere la televisión analógica, y es por ello que ha podido identificar la disponibilidad de 306 canales de televisión de 6 MHz, en 153 áreas de cobertura, lo que no sería posible mediante el uso de la televisión analógica. Los 306 canales de televisión se han planificado en la banda de canales del 14 al 51, incluyendo la banda de los canales 38 al 51. Dado que la tecnología digital cuenta con menos restricciones para la asignación de canales en una misma ciudad, se prevé que tras la liberación del espectro que resulte de la terminación de las transmisiones analógicas, se pueda lograr el agrupamiento de los canales de radiodifusión a las bandas comprendidas entre los canales 7 al 36, conforme a lo proyectado en la Política TDT.

Este programa busca incrementar la infraestructura de transmisión de la TDT en el país, promover la difusión de la producción inde-

pendiente, impulsar la transición a la TDT por parte del público al ofrecerle nuevas opciones programáticas, impulsar la cobertura y diversidad de servicios en beneficio de un mayor número de habitantes en el país, y promover el desarrollo de alternativas de información y entretenimiento, mediante el uso eficiente del espectro radioeléctrico [57].

Esto representa la primera licitación de frecuencias de televisión en la historia del país. De acuerdo al artículo cuarto transitorio del Programa, cualquier interesado podrá solicitar, dentro de los 30 días naturales siguientes, que se liciten frecuencias y coberturas geográficas adicionales o distintas de las incluidas en el mismo. De esta manera, el Programa podrá ser modificado o adicionado por la Comisión mediante la publicación correspondiente en el DOF.

La Comisión publicará la convocatoria para la licitación de nuevas concesiones en el DOF posteriormente, en la cual se establecerá la fecha en que estarán a disposición de los interesados las bases correspondientes [109].

ALGUNAS REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

Para una rápida transición de la televisión analógica a digital en México, se cuenta en gran medida con experiencias vividas en otros países durante el mismo proceso. De esta forma, en los planes nacionales de TDT de países pioneros y más desarrollados económicamente, se pueden encontrar combinaciones de estrategias y equilibrios entre todos aquellos involucrados en la industria de la televisión. Todo ello puede ser tomado en cuenta en México, adecuándolo a las posibilidades del país. De esta manera México podría avanzar rápidamente en tiempo y forma ante dicho cambio.

En este capítulo se presentan algunas conclusiones sobre el periodo de transición en México, algunos puntos a favor y en contra que presenta la televisión digital con respecto a la analógica; así como también se comparan los estándares de TDT ya expuestos anteriormente, mediante la evaluación de las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos.

6.1 COMENZANDO DESDE EL PRINCIPIO: ELEMENTOS DE COMPARACIÓN

6.1.1 *Televisión digital sobre la analógica*

La televisión digital trae consigo ventajas y desventajas a diferentes sectores en un país, desde el punto de vista económico, comercial, social, técnico, etc., las cuales hacen posible que la televisión digital sea atractiva tanto para los que prestan el servicio de televisión, como para los usuarios de este servicio. A continuación se presentan algunas de ellas:

- La televisión digital proporciona un mayor control sobre el rendimiento del canal. El rendimiento general de los sistemas digitales queda determinado en gran medida por la calidad de conversión analógico a digital y viceversa, siempre que no se agote la capacidad del canal. Además, esto mejora si se utilizan técnicas de corrección de errores. El rendimiento de los sistemas analógicos tiende a deteriorarse a medida que se deteriora el rendimiento del canal, mientras que en los sistemas digitales permanece constante al valor definido por los procesos de conversión hasta que falla completamente [141].
- La capacidad de corrección de errores en las transmisiones digitales, implica un ahorro de la potencia de transmisión, haciendo

que los transmisores digitales emitan señales de menor potencia que sus pares analógicos, sin que la calidad del servicio se vea seriamente afectada [75].

- La televisión digital tiene la capacidad de llegar a un equilibrio entre la calidad y la ocupación espectral. La capacidad de los sistemas digitales de comprimir datos en un espacio más pequeño, con el consiguiente retardo de salida de la señal. En el contexto de la radiodifusión, esto se traduce en la utilización de técnicas de codificación con compresión que permiten una calidad de sonido e imagen relativamente mayor, en un ancho de banda del canal mucho más pequeño [141].
- Tanto el rendimiento del canal como el equilibrio entre la calidad y la ocupación espectral, han permitido a las entidades de radiodifusión digital transmitir diversas combinaciones de programas de televisión y de datos auxiliares, utilizando el mismo espectro que un canal analógico y con una potencia de transmisión aproximadamente de cinco veces inferior a la del canal analógico. El mayor atractivo de los sistemas de televisión digital es la capacidad de ofrecer al espectador y al oyente más servicios, mayor variedad y con una calidad técnica más alta [141].
- Las técnicas de radiodifusión digital pueden ofrecer *redes de frecuencia única* (SFNs), lo que a su vez permite utilizar el espectro con mayor eficiencia y abre potencialmente la puerta a una mayor selección de audiencia, ya que permite la recepción a dispositivos móviles [141].
- La TDT hará que cada televisor sirva para una gran cantidad de servicios adicionales, además de la simple programación. Desde el voto electrónico en unas elecciones hasta la compra en supermercados; todo eso podrá hacerse desde el receptor de cada casa, pudiendo hacer uso inclusive del Internet para potenciar la interactividad.
- En los sistemas analógicos, en ocasiones se presentaba cierto desfase entre la señal de audio y vídeo, problema que se resuelve en los sistemas digitales al tomar como referencia a un único oscilador maestro. Esto permite que ambos tipos de información sean reproducidos simultáneamente en el receptor, asegurando una adecuada sincronización.
- A diferencia del caso analógico, en el caso digital el vídeo es inmune a problemas de errores de ganancia y fase, así como al crosstalk¹; además, se pueden tener cuantas copias se quieran

¹ Aparición indeseada de señal de un canal en otro.

de la señal original, pues todas y cada una de ellas representarán un copia fiel de la original.

6.1.2 Comparación de estándares (ATSC vs DVB vs ISDBT)

Las principales 3 ventajas que trae consigo la televisión digital, independientemente del estándar adoptado son:

- 1.- Aprovechamiento del espectro radioeléctrico.
- 2.- Interactividad de servicios.
- 3.- Mejor calidad de audio y sonido.

A continuación se enlistarán similitudes y diferencias entre los 3 estándares de mayor penetración en el mundo:

RESOLUCIÓN:

- En cuanto a resolución todos operan en definición estándar y alta definición.

MODULACIÓN:

- La principal ventaja del uso de OFDM en DVB y ISDB como esquema de modulación radica en la eficiencia espectral que se puede obtener. Un servicio compuesto por 4 ó 5 programas de televisión puede ser difundido en un área extensa o incluso a nivel nacional, usando tan solo un único canal RF, permitiendo de esta manera que varios repetidores puedan compartir la misma radiofrecuencia.
- El uso de OFDM utilizado en ISDB-T y DVB-T, permite altas tasas de datos.
- DVB e ISDB tienen mayor fortaleza ante ecos mediante el uso de OFDM.
- La utilización de OFDM en DVB e ISDB, proporciona robustez frente a la interferencia intersimbólica (ISI) y los desvanecimientos (fading) producidos por la propagación multitrayectoria, además de que facilita la implementación de SFNs, con lo que obtiene la máxima eficiencia del espectro, lo cual adquiere especial relevancia cuando se usa en las bandas de UHF asignadas para televisión. ISDB-T, así como puede operar en redes de frecuencia única, posee un mecanismo que permite activar todos los televisores, tanto de 13 segmentos como de 1 segmento, para alertar a la población sobre situaciones de emergencia (típicamente catástrofes naturales) [45].

- El OFDM segmentado, utilizado por ISDB-T, debilita la inmunidad a multitrayectoria de cada uno de los niveles jerárquicos.
- El esquema de modulación en ATSC presenta desventajas con el utilizado en DVB e ISDB, debido a que en la modulación PAM, frente a las modulaciones QPSK y QAM, tiene menor desempeño en el uso eficiente de la potencia para el control de error.
- La modulación 8-VSB con la que cuenta ATSC, no es del todo robusta a la propagación por multitrayectoria, y requiere de un *ecualizador* en los receptores para revertir la distorsión por multitrayectoria de la señal recibida.

En canales de 6 MHz de ancho de banda, la dispersión de ecos de la propagación por multitrayectoria es severa, haciendo del ecualizador un dispositivo indispensable para decodificar transmisiones ATSC. La complejidad del dispositivo crece con el radio de cobertura de una antena, llegando a una complejidad muy alta cuando las transmisiones comprenden un sector urbano de varias decenas de kilómetros. El ecualizador debe ser entrenado individualmente en cada receptor para revertir la distorsión específica que observa el receptor en cuestión.

El estándar no especifica cómo utilizar dichas secuencias para entrenar al ecualizador, la complejidad que debe o puede tener el dispositivo, ni la calidad con que debe revertir la degradación por multitrayectoria. Este aspecto es dejado en manos de los fabricantes de receptores, quienes deben competir por proveer mejores ecualizadores y a menor costo. Así, la responsabilidad final de disponer en el hogar de un receptor ATSC con buenas capacidades de ecualización (alta inmunidad a multitrayectoria), recae en la decisión de compra del usuario, no en cómo el operador del sistema configura su transmisión. Esto representa una diferencia importante entre ATSC con respecto a DVB-T e ISDBT, pues ATSC requiere de consumidores bien informados para la correcta elección del receptor, haciendo una comparación entre calidad y costos.

- La información de sincronización y señalización insertada es de gran importancia en ATSC, DVB e ISDB, para que el demodulador pueda extraer y demodular la información con baja tasa de error y en forma sincronizada [75].

TRANSMISIÓN:

- A diferencia de ATSC, ISDB-T y DVB-T permiten organizar las transmisiones en flujos jerárquicos. La modulación jerárquica permite mezclar varios modos de transmisión distintos en un solo modo. El uso de cada modo es de libre decisión de cada operador. En el sistema ISDB-T es posible combinar hasta

tres modos, por ejemplo, radio digital, televisión digital con recepción fija y televisión digital móvil. En el sistema DVB-T la modulación jerárquica permite dos modos, por ejemplo, para recepción fija y móvil, o para alta definición y definición estándar.

- DVB e ISDB tienen la capacidad de operar en bandas de 7 MHz y 8 MHz, a diferencia de ATSC que solo puede operar en bandas de 6 MHz.
- Mediante DVB-H, DVB-T resolvió las limitaciones para transmisión a terminales portátiles, logrando desempeños equivalentes a ISDB-T. Por su parte, ISDB consideró desde un inicio la transmisión a terminales portátiles mediante el concepto de recepción parcial de un segmento. ATSC no proyectó desde sus inicios la transmisión a dispositivos móviles y portátiles, pero recientemente ha lanzado un nuevo estándar denominado ATSC-M/H (A/153) para prestar servicios de radiodifusión móvil/pedestre/de bolsillo.
- Todos los estándares soportan la transmisión de servicios interactivos y de acceso condicional a la información. En el caso de DVB-T los servicios interactivos están especificados y estandarizados en los documentos *ETS 300 802, DVB ; Network-independent protocols for DVB interactive services* y en el *TR 101 194 DVB; Guidelines for implementation and usage of the specification of network independent protocols for DVB interactive services*. ATSC especifica sus servicios interactivos en el documento *ATSC Interaction Channel Protocols, Documento A/96*, 3 de febrero de 2004 y por su parte ISDB lo especifica en el estándar *ARIB B21, Receiver for Digital Broadcasting*.
- ATSC en comparación con DVB e ISDB, no presenta flexibilidad para acomodarse a diferentes tasas de transmisión de datos.
- ISDB-T tiene la misma área de cobertura con la mitad de potencia que los otros dos sistemas.
- En el estándar DVB-T, la eficiencia espectral es mayor operando en bandas de 8 MHz, bandas en la que ATSC no puede operar. Además permite que las tasas de datos que pueden entregar en transmisiones HDTV y SDTV sean simultáneas.
- El uso de MPEG-4 hace posible alcanzar hasta 8 programas SDTV en bandas de 6 MHz.
- El uso de entrelazadores representa una de las principales defensas contra el ruido impulsivo, generado por ya sea artefactos electrónicos industriales, o bien por aparatos domésticos (aspiradoras, horno de microondas, etc.) que normalmente abarca la

banda VHF y la parte baja de la banda UHF. El entrelazador de 52 segmentos usado en el sistema ATSC provee mayor protección a ruido de impulso que el sistema de entrelazado de dos capas de DVB-T. ISDB-T, en cambio, además de tener dos capas de entrelazado muy similares a DVB-T, especifica dos capas de entrelazado adicionales intra-segmento e inter-segmento, logrando con ellas también una muy alta inmunidad a ruido de impulso.

- La eficiencia espectral de las SFNs, que son fácilmente de operar en DVB e ISDB, es mejor que la de las MFNs debido a que la ocupación radioeléctrica en las SFNs es muy inferior a la de las MFNs.
- Las tecnologías MIMO utilizadas solamente por el estándar ISDB-Tmm se están convirtiendo en tecnologías indispensables que las primeras generaciones de estándares no consideraron, debido a que corresponde a una nueva tecnología que está emergiendo. Por lo que los demás estándares de DTV tendrán que ser adecuados para la implementación de esta nueva tecnología. Dicha tecnología incrementa la capacidad del sistema y mejora la confiabilidad de la transmisión.

SISTEMAS DE AUDIO:

- Los tres sistemas de compresión de audio utilizados en cada uno de los estándares, tienen como característica común, la segmentación de la señal en bloques y la codificación de la misma en el dominio de la frecuencia.
- ATSC utiliza el sistema de compresión de audio AC₃, que es propietario de los laboratorios DOLBY y está incluido en prácticamente todos los equipos de alta fidelidad que se comercializan actualmente para uso doméstico. ISDB-T utiliza AAC (parte de la norma MPEG-2), mientras que DVB usa el estándar MPEG-2, pero puede operar también con AC₃. Por su parte el estándar ISDB-T codifica audio surround a una tasa ligeramente menor y más eficiente (320 kbps comparado con 448 kbps de AC₃ en ATSC) [43].

COSTOS Y MERCADO:

- Los receptores para el estándar ISDB-T son los más caros, debido a la utilización de etapas de codificación especiales, además de poseer un mercado mundial pequeño, lo cual no fomenta una baja en los precios de los receptores, además éstos son más complejos que los utilizados por DVB-T.

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

En conclusión, el estándar ATSC presenta varias desventajas tecnológicas con respecto a los otros estándares utilizados en el mundo. Uno de los puntos más importantes que hay que resaltar de los ya mencionados, es el hecho de que en este estándar las SFNs con 8-VSB, fueron posibles debido a la presencia de ecualizadores adaptativos en los receptores, sin embargo, el estándar como ya se mencionó, no especifica la complejidad que debe o puede tener el dispositivo, ni la calidad con que debe revertir la degradación por multitrayectoria. Este aspecto es dejado en manos de los fabricantes de receptores, quienes deben competir por proveer mejores ecualizadores a precios competitivos. Debido a esto, como ya se mencionó, la responsabilidad final de disponer en el hogar de un receptor ATSC con buenas capacidades de ecualización, recae sobre los consumidores que deben estar informados para la correcta elección del receptor, haciendo una comparación entre calidad y costos.

6.2 CONCLUSIONES: CONTRASTANDO EXPERIENCIAS

Luxemburgo destaca por haber sido el primer país del mundo en haber concluido con el *apagón analógico* el 1° de septiembre de 2006, como se mencionó en el apartado 4.1.1. Para 2005, en ese país más del 90 % de los hogares recibía sus programas de televisión vía cable, por lo cual, menos del 10 % de los usuarios, recibía la televisión de manera terrestre. Dada la escasa penetración de la televisión terrestre en ese país, el principal impulso que se tenía para realizar la transición a digital era liberar el espectro radioeléctrico, así como también la implementación de la recepción portátil y móvil haciendo uso del estándar DVB-H, que son modalidades de transmisión posibles a través de la TDT, a diferencia de lo que sucede con el cable y satélite. Esta penetración en cuanto a usuarios que contaban con televisión de paga en Luxemburgo en 2005, constituía más de la mitad de la penetración presentada en México en el año 2010. Según datos del INEGI, se contaba hasta ese año con el 26.7% [84] de la población con ese tipo de servicio de televisión de paga, significando esto que 73.3 % de la población la recibe de manera abierta; y aunque en México de igual manera se busca la liberación de espectro radioeléctrico, el enfoque también encamina al cambio de tecnología.

En España, cuando se le otorgó la licencia por concesión a la empresa Onda Digital, junto con la marca Quiero TV, comenzó a emitir la señal digital en el año 2000 bajo una modalidad de pago. En ese mismo año fueron otorgadas por el gobierno otras frecuencias para televisión abierta. Sin embargo, debido a la fuerte competencia que representaba la televisión por cable y satélite, además de la escasa

variedad en la programación que era ofrecida, Quiero TV anunció su quiebra en el año 2002 (mencionado en el apartado 4.1.2.1). Esto condujo a que se flexibilizaran las condiciones de concesión a los operadores de TDT. Al percatarse de que requerían una alta oferta de canales y de que una modalidad de pago no era la adecuada, debido a las circunstancias desfavorables frente a las que se encontraba la TDT en comparación con la televisión por cable y satélite, se optó por la implementación de un servicio gratuito; el cual tendría como principal objetivo, la emisión de contenido novedoso, la posibilidad de varios idiomas y servicios interactivos.

En España se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Un cronograma de ampliación de la cobertura, en el cual se indicaba el porcentaje de avance y la fecha en la que debía estar cubierto.
- Cese de estas emisiones en 3 fases, cada fase de acuerdo al proyecto de transición (establecidos en el PTNTDT) y al número de habitantes.

Con ello hubo un aumento en la oferta televisiva al iniciar las emisiones de los canales adicionales de la TDT. Además, de acuerdo con el PTNTDT, el gobierno podía ampliar a los operadores de televisión dentro de su misma concesión. Con respecto al tema del *dividendo digital*, mediante un plan aprobado por el gobierno, se señalaron a detalle las acciones para su liberación, con la intención de que para antes de 2015, la banda de frecuencias de 790 MHz a 862 MHz quedara liberada.

En México, como se mencionó en el apartado 5.2.2, se planeaba para 2012 la liberación de la banda de 700 MHz y usar los recursos obtenidos de la misma, en el subsidio de decodificadores para apoyar el *apagón analógico* en el país (como fue el caso del gobierno brasileño, o inclusive el del gobierno alemán, el cual regaló decodificadores a los hogares más pobres). La liberación de la banda se pospuso debido a su mala planeación. Con esta licitación, se podrían ofrecer más canales de televisión digital y brindar servicios con nuevas redes de banda ancha, que serían capaces de otorgar una gran cobertura y alta penetración, con el propósito de reducir la brecha digital existente entre las áreas urbanas y rurales.

La liberación del espectro significaría que tanto Televisa como TV Azteca tendrían que regresar parte del espectro que ya no usarán al requerir de una menor cantidad de espectro para la transmisión de sus señales a nivel nacional, situación que, por supuesto no les conviene del todo. Televisa ha luchado contra la transición a la televisión digital, con el propósito de impedir que se le quite parte de los canales espejo que cruzan por la banda de 700 MHz. La CFC en su resolución publicada el 7 de febrero de 2012 en el expediente CFC 03-2012, negó la concentración planteada por Televisa-Iusacell. Por mayoría

el pleno determinó que la concentración podía dañar la competencia en televisión abierta y restringida. Específicamente, consideró que la concentración planteada tiene el siguiente impacto sobre el proceso de competencia en la televisión abierta [22]:

- Genera riesgos graves para la competencia: se trata de un mecanismo que crea nuevos incentivos para la coordinación entre las dos empresas (Grupo Televisa y Grupo Salinas) que representan, en conjunto, el 95 % de las concesiones totales de televisión abierta y el 100 % de las cadenas nacionales, en un mercado con altísimas barreras a la entrada.

La competencia en televisión abierta tiene un impacto horizontal en otros mercados, y a través de ellos en el bienestar de los consumidores: el 57% del gasto total en publicidad en México se destina a la televisión abierta, lo cual muestra que publicitarse en este medio es esencial para competir en diversos mercados, sobre todo de bienes de consumo masivo. Si el precio de la publicidad en televisión abierta se incrementa como resultado de una menor competencia en este mercado, las empresas anunciantes enfrentan costos mayores e incrementan sus precios al consumidor final, que a su vez ve reducido su bienestar. Todo esto sin considerar la importancia de la televisión abierta para transmitir mensajes de interés público.

Dadas las circunstancias anteriores, Grupo Televisa y Iusacell (propiedad de Grupo Salinas) presentaron el Recurso de Reconsideración, en el que las empresas solicitaron revisar la decisión original de la CFC de negar su concentración.

Las propuestas de condiciones que presentaron, estaban orientadas a resolver los problemas de competencia señalados por la CFC. El 14 de junio de 2012 el pleno de la CFC resolvió aprobar la concentración sujeta al cumplimiento de estos condicionamientos, que evitan de manera efectiva el riesgo de colusión y promueven una mayor competencia en los mercados de televisión abierta y restringida [21]. Con lo anterior Televisa podría intentar justificar el no estar obligada a regresar el espectro que no requiera y expresar a la autoridad que ahora tiene una empresa de telefonía móvil, y cuenta con espectro de 700 MHz para aplicarlo a la banda ancha móvil.

En el país es necesario acelerar la transición para la liberación de la banda de 700 MHz. Es posible liberar 108 MHz de la porción actualmente destinada a los canales de televisión 52 al 69, que comprende la banda de frecuencias 698 a 806 MHz como se indicó en el apartado 2.6. En particular, la COFETEL fue designada como autoridad encargada de emprender las acciones necesarias conducentes al cese de las emisiones analógicas y los procesos de asignación de espectro para la banda de 700 MHz, así como atribuir nuevas licencias de radiodifusión para la nueva tecnología digital [104]. Para México, los

beneficios de asignar el *dividendo digital* a la banda ancha móvil alcanzaría casi 11,000 millones de dólares a la economía, comparado con los 3,000 millones si la banda se reserva solo para la radiodifusión de televisión [24].

Por su parte, Alemania representa un caso muy especial, pues se encontraba dominado por el cable y satélite desde 1980. Pero lo más importante de esto es que era un servicio gratuito sostenido por financiación comercial, por lo que la televisión digital terrestre no representaba un aspecto de interés público, y al igual que Luxemburgo, su modelo estaba centrado en la movilidad y la portabilidad.

La TDT en ese país únicamente representaba la sustitución del modelo de negocio y la introducción de nuevos servicios como el Internet. Por supuesto que este modelo debía ser gratuito, pues la TDT se encontraba en gran desventaja con respecto a la gran penetración con la que contaba el cable y satélite. Esta transición representó la multiplicación de la oferta de canales y con ello el aumento de la competencia para el cable, proporcionando mayores posibilidades de elección de contenidos a los usuarios.

Como se mencionó en el apartado 4.1.3 Alemania inició la transmisión de TDT en noviembre del 2002 y tan solo en 6 años, es decir para finales de 2008 todas las transmisiones eran completamente digitales. Adoptando el estándar DVB-T, basó su estrategia en 3 etapas para su transición, identificando de manera seleccionada las zonas en las cuales se comenzaría a dar el servicio y de esta manera lograr una transición *perfecta*. Se tomó en consideración en la primera de esas etapas, el hecho de que era indispensable el orientar a la población para que tuvieran presente cuales eran los nuevos receptores que debían adquirir para poder recibir la señal digital, considerando que no se produjera ningún efecto negativo en aquellos que recibían televisión por cable o satélite.

Otras de las acciones que impulsaron estas campañas de información a los usuarios en Alemania fueron:

- La importante participación de los canales de televisión durante las diversas etapas clave de la transición para la difusión de la información.
- Envío de cartas a los hogares, en las que se aclaraba que solo los hogares que recibían televisión por una antena exterior que captara la señal del aire, estaban afectados por el cambio.
- Uso de volantes, folletos y boletines para la información en las tiendas y otras noticias suplementarias.
- Líneas telefónicas permanentes asistidas por expertos.
- Sitio web en Internet.

Cabe resaltar que ninguno de los puntos anteriores representó un costo elevado y todas estas acciones dieron como resultado usuarios

completamente informados e instruidos para la transición que estaba en curso. En México deberían implementarse si no todas, la mayoría de estas acciones efectuadas en Alemania, puesto que ya se cuenta con la experiencia de este país, en el que no se requirió de costos elevados, para que los usuarios estuvieran bien informados y fueran capaces de responder de manera eficaz a los cambios que conlleva la transición a la TDT. En Reino Unido, Finlandia y Suecia, también se difundieron campañas informativas sobre la transición. Hasta la fecha, en México, no se tiene bien informada a la población, punto que se retomará más adelante en este mismo capítulo.

Ante la demanda de la digitalización presentada por la UE, el gobierno alemán comenzó el impulso a dicha digitalización, lo cual influyó en que en ese país se realizara el primer apagón terrenal en el mundo. Parte de este logro se atribuye a que el gobierno decretó que la TDT sería un servicio gratuito, además de que regaló decodificadores a los hogares más pobres y con menor posibilidad de adquirir este tipo de tecnología.

En tan solo 5 años, en Alemania se logró que más del 85 % de la población recibiera TDT. Este éxito también se debe a que los usuarios tenían acceso a numerosos programas de manera gratuita en idioma alemán, ya que la televisión digital hace posible que se introduzcan nuevos canales de televisión. En México los operadores que emiten en digital, no presentan una oferta del todo atractiva ni novedosa. Las cadenas analógicas se limitan a repetir a través de este sistema sus programaciones convencionales, generando de esta manera desinterés e inclusive indiferencia por parte de los usuarios.

Es claro que se debe de aumentar la cobertura televisiva y la diversidad de esta industria, puesto que según el reporte realizado por el CCTDR [20] respecto al desarrollo de la TDT de 2011, se señaló que el televidente no tiene motivación para inclinarse por la señal digital radiodifundida. Esto como consecuencia de que el contenido de dicha señal es el mismo que el de la señal analógica, razón por la cuál no cambiará la situación mientras no se modifiquen los contenidos digitales, conforme lo permitan las nuevas tecnologías al utilizarlas con todo su potencial.

En el estudio realizado por la OCDE de 2012 [104] se subrayó que México necesita más radiodifusores de televisión abierta para fomentar la pluralidad en los medios; especialmente porque el sector de la televisión por cable tiene una cobertura nacional muy baja en comparación con la televisión terrestre, caso totalmente contrario al que se vivió en Alemania. De acuerdo a la OCDE, la TDT ofrece suficiente eficiencia de espectro para tener un tercero e inclusive un cuarto proveedor de televisión digital de alcance nacional.

El mercado mexicano de televisión abierta está dominado por dos actores: el Grupo Televisa, con una participación de mercado de 70 % y tres redes; y Televisión Azteca, con una participación de mercado

aproximada de 30 % y dos redes; más algunos radiodifusores regionales en el Distrito Federal, la zona norte del país y Guanajuato [104].

En diciembre de 2010 la COFETEL concluyó estudios de capacidad espectral para definir la posibilidad de licitar nuevos canales para televisión. Como resultado se obtuvo que para televisión digital hay capacidad para dos canales con cobertura de 82 % y 92 %, respectivamente [101]. El gobierno mexicano anunció en agosto de 2011, que iniciaría un proceso de análisis para licitar frecuencias a al menos dos cadenas de televisión digital abierta, a partir de septiembre de 2011, y que debería concluirse en el tercer trimestre de 2012 [148]. *Ése es el gran reto del Estado, porque la penetración digital sigue siendo baja y resolver ese tema tiene que ver con las bases de licitación que apruebe el pleno* [101]. Sin embargo, el 30 de mayo de 2012 el presidente de la CANITEC solicitó al Ejecutivo Federal que apresurará el lanzamiento de la licitación de una tercera cadena de televisión [89]. Pocos días después, el 12 de junio de 2012, finalmente se publicó en el DOF el inicio oficial del proceso de licitación para televisión digital abierta.

Retomando el análisis en Alemania, las etapas llevadas a cabo en este país para la transición, se basaron principalmente en lo siguiente:

1. En sus inicios la implantación del servicio de TDT se dio región por región.
2. Posteriormente, un periodo anunciado de 6 meses.
3. Finalmente, sin periodo de transición simultánea.

Alemania logró de esta manera una exitosa digitalización para 2008.

Con respecto al caso de Finlandia, las licencias concedidas para la transmisión de televisión digital datan desde el año de 1999, expirando las licencias de servicios analógicos a finales de 2006. Pero las transmisiones de televisión digital iniciaron más lento de lo pensado, debido a la escasa disponibilidad de la tecnología adecuada para la recepción de la señal digital en la población. Esta situación presenta similitud con la de México, pues de acuerdo con la ENDUTIH correspondiente al 2010 (figura mostrada en el apartado 5.2.2), indica que en ese año el 13.9 % de la población contaba con un televisor digital, estando el país a muy poco tiempo del cese de emisiones analógicas. Conforme creció la demanda de estos equipos en Finlandia, comenzó la reducción de precios de los mismos. Debido a este atraso, fue nombrado un grupo de trabajo el cual analizaría la manera de apresurar el *apagón analógico* respetando los tiempos acordados. Este grupo en su reporte informó que la fecha para el *apagón analógico* sería el 31 de agosto de 2007, con el principal objetivo de que todos los finlandeses contaran con este servicio a un precio razonable antes de finalizar las transmisiones analógicas.

Un punto de gran importancia a destacar, es que al igual que Alemania, difundió información oportuna a los consumidores y compañías, formando de esta manera usuarios informados y realizando con

éxito su *apagón analógico* en otoño de 2007. Además, estableció también un modelo de *televisión para todos*, tomando en cuenta a la educación y al sector de los adultos mayores; incluyendo la posibilidad de convertidores digitales en escuelas y la participación de organizaciones voluntarias para ayudar a personas mayores en cuanto a este aspecto. Estas acciones deberían de tomarse en cuenta en México y adecuarse para que toda la población tenga acceso a la nueva tecnología de televisión digital sin importar la edad, lugar de residencia, condición física o nivel socio-económico.

Francia se adelantó a la fecha que tenía estipulada para realizar su transición digital. En el año 2000 fue publicada una ley donde se establecían los tiempos para el desarrollo de la TDT, adoptando el estándar DVB-T. En 2007, mediante lo que denominaron *La Ley del Futuro*, revolucionando con ella la radiodifusión terrestre con la HD, se estableció el calendario para el *apagón analógico*, concluido este último el 30 de noviembre de 2011. Cabe mencionar que en esta ley se indicaba la obligación concerniente a los fabricantes de televisores, de venderlos con el correspondiente sintonizador integrado, a partir del mes de diciembre de 2007.

Como se mencionó en el apartado 4.1.5.4, el 31 de marzo de 2005 se produjo el lanzamiento de la TDT en Francia y en tan solo alrededor de año y medio (para finales del 2006) se contaba ya con una penetración del 50 % de la población con televisor digital. En el año 2007, las emisiones de TDT se conformaban de canales gratuitos y de pago, predominando en número los gratuitos. El gobierno francés, representó un punto estratégico para la implantación de la TDT, debido al gran impulso que le dio al tema, además de la prioridad que se le ofreció a los canales públicos.

En el Reino Unido, la TDT actuó principalmente, como una plataforma más de acceso a Internet. El principal beneficio se vio representado por la venta del espectro liberado por la televisión analógica. Desde el año de 1995 se establecieron las bases para la digitalización del sistema terrestre y con ello, los nuevos caminos que se abrirían a partir de la misma, entre los cuales destacan:

- Mayor número de canales de televisión y estaciones de radio.
- Desarrollo de la producción de programas, servicios e industria.
- Aprovechamiento del espectro para otros usos.

Al igual que Finlandia, estableció un programa en el cual se asegurara que todos pudieran acceder a la televisión digital, particularmente en hogares donde habitara gente mayor de 75 años y personas con discapacidades. En México, este aspecto junto con lo referente a la disposición de este tipo de tecnología en las escuelas y en cualquier institución en la que se haga uso de la televisión abierta en el país, representarían políticas importantes para la transición que está en

curso, en las cuales se indicara, la manera en la que va a intervenir el gobierno para solventar los gastos correspondientes cuando las emisiones sean totalmente digitales, respecto a la tecnología que se debe adquirir.

Para 2005 el número de hogares con televisión digital en el Reino Unido representaba el 68 % sobre el total, y en 2007 la serie de servicios gratuitos al aire de la plataforma de TDT freeview, se centraban en el teletexto. Para su transición, fue establecido un plan que llevaría cierto orden, de acuerdo con la fecha y región indicada, teniendo como fecha límite el año 2012. En el año 2002, el director de la BBC indicó que un sistema de pago para TDT era improbable, siendo en principio un sistema gratuito.

La transformación digital representaba principalmente contenidos con mayor calidad, originalidad, innovación y atractivo en los mismos. Al igual que en Alemania y Finlandia, en el Reino Unido mediante un acertado manejo de la información a los ciudadanos, creció la demanda y esto generó una mayor distribución de los STBs.

Como se ha venido indicando en el documento, es importante el hecho de que los usuarios se encuentren informados, respecto al tema de la transición a la tecnología digital, así como también del papel tan importante que representa la participación del gobierno. Suecia es un caso de estudio más, el cual reitera el valor de lo dicho anteriormente. En diciembre de 2004 el gobierno sueco decidió que la transición a la TDT comenzaría en otoño de 2005, además de que también se encargó de establecer las fases que irían del 2006 al 2007 respecto al calendario para la transición. En Suecia, en la primera fase proyectada, se realizaron campañas de información, habiendo también apoyo por parte de organizaciones interesadas en la materia. Además, al igual que Alemania, se envió un informe a todos los hogares, comercios y organizaciones para asesorarlos, así como también se ofrecieron seminarios, conferencias y un sitio web con la información pertinente a la transición. Como resultado de todo ello, la mayoría de los hogares recibió las transmisiones digitales sin problemas y para noviembre de 2007 el *apagón analógico* había sido finalizado.

Por su parte Japón, con el principal objetivo de mejorar los servicios de televisión gratuita y aumentar la cobertura, desarrolló la norma ISDB-T, para que todos, inclusive habitantes bastante aislados, tuvieran acceso a la televisión abierta. Basa su modelo desde sus inicios principalmente en la movilidad, portabilidad y la robustez. En diciembre de 2003 se iniciaron las transmisiones digitales, y en aproximadamente 4 años, es decir, para 2007 más del 90 % de los hogares en Japón tenían cobertura, completando de esta manera para el 24 de julio de 2011 la digitalización.

Brasil resulta un caso significativo, puesto que desde los inicios del estándar de televisión analógica, hizo uso de una norma propia para evitar la importación de dispositivos receptores de color y permitir la

compatibilidad con los receptores monocromáticos. Con la televisión digital, Brasil una vez más le apostó a la investigación como ya lo había hecho anteriormente, ya que a partir de su experiencia con el estándar analógico, posiblemente se percató de que era una solución más rentable, que el hecho de importar la tecnología correspondiente de otro país.

Como objetivo primordial del gobierno brasileño, la transición debía beneficiar directamente a la sociedad, como por ejemplo la creación de una red de enseñanza a distancia y una transición gradual de acuerdo con el poder adquisitivo de los usuarios. Para ello, el gobierno implementó este proceso por fases, llevándose a cabo en la primera de ellas la definición de un modelo de referencia y el estándar a adoptar; en la segunda fase, el desarrollo de tecnología y servicios, y finalmente, en la tercera el despliegue de esas tecnologías y servicios desarrollados.

El ejemplo a seguir de Brasil, está en el hecho de que el gobierno promovió la adopción de la TDT para favorecer tanto a empresas como al desarrollo social del país, situación que en cierta manera pareciera ser totalmente contraria en México.

En el proyecto enfocado para el desarrollo de la televisión digital en Brasil, intervinieron universidades, centros de investigación e investigadores, aspecto que lo convierte en un modelo a seguir, principalmente porque le ofrece la oportunidad y confianza a su misma población en el desarrollo de nuevas tecnologías. De los desarrollos más importantes en Brasil, se tiene el middleware Ginga, que permite la creación de aplicaciones interactivas de forma independiente a los fabricantes de STBs. Para este sistema digital se tienen proyectos en salud, educación a distancia y juegos electrónicos. Para asegurarse de que todos esos proyectos tuvieran su respectiva continuidad y representaran un beneficio creado por ellos y para ellos, se fundó el Centro Brasileño de Producción de Contenidos Digitales. Haciendo uso como base el estándar japonés ISDB-T y modificándolo de acuerdo a las necesidades de ese país (aplicando todo lo obtenido a raíz de sus investigaciones), en el año 2006 de manera oficial, Brasil implementó el estándar conocido como SBTVD-T, enfocado principalmente a una televisión libre y gratuita. En ese mismo año se definieron las etapas para la implantación de la TDT.

Un reto de gran importancia que está afrontando Brasil y el cual también debe afrontar México, es el hecho de que, en el año 2007, en Brasil se tenía más del 85 % de los hogares con televisión abierta, lo cual muestra la importancia del modelo de TDT gratuito en estos dos países. Además, cabe destacar que en tan solo 4 años ya tenían 50 diferentes receptores de TDT en el mercado para que los usuarios los adquirieran de acuerdo a sus posibilidades y recursos; y para el 2011 ya contaba con una penetración del 45.98 % de población con

cobertura de señal digital. Se espera que para antes de 2016 concluya el periodo de transición.

Lo más importante a resaltar es que Brasil convirtió al estándar en una fuente de investigación y desarrollo tecnológico. De igual manera, el estándar ATSC puede permitirle a México desarrollar aplicaciones propias. Si esto se llevara a cabo, la introducción de la TDT traería muchos beneficios a la sociedad mexicana que van más allá del simple entretenimiento, temática que predomina en la televisión en México. Además, en esto puede contribuir con el desarrollo de la investigación y la tecnología.

Si en México se iniciara la investigación en el estándar, se podrían desarrollar mejoras en la tecnología, lo cual impulsaría a la industria electrónica del país y de esta manera dejaría de ser un país consumidor de tecnología extranjera. Y al igual que en Brasil, incursionar con la creación de aplicaciones relacionadas con la salud, juegos electrónicos, gobierno digital, educación a distancia y tele-trabajo, para contribuir con la creación de la sociedad de la información.

Finalmente, en EUA desde 1997, como se mencionó en el apartado 4.3.2, se decidió que la emisión en TDT fuese obligatoria con plazos fijados entre mayo de 1999 y mayo de 2003. Habiendo ya establecido su fecha para el apagón, fue retrasada al 17 de febrero de 2009. Dentro de la participación de la FCC destacan:

- Impulsó exigencias de obligatoriedad digital en la fabricación e importación de venta de equipos.
- Adoptó un reglamento que exigía introducción paulatina de capacidad de recibir ATSC, fomentando que a partir del primero de marzo de 2007 todos los televisores vendidos en EUA dispusieran de recepción y decodificación de ATSC.

Como caso contrario a Alemania, el enfoque en EUA esta basado en la HDTV y no en la movilidad. El principal causante de la demora presentada en ese país, fue el desconocimiento de los usuarios sobre qué es y para qué servía la televisión digital. El Tribunal de Cuentas del Gobierno de EUA; el GAO, en una investigación hecha en 2002, presentó los siguientes resultados:

- El 40% tenía una ligera conciencia de la transición.
- La mayoría no diferenciaban entre transmisiones analógicas y digitales.
- La gran mayoría no sabía que para acceder a los nuevos canales requerirían invertir en un STB o en un televisor digital.

Si esta situación es similar en México, es muy probable que también sea un factor más, causante del retraso que se esta viviendo actualmente.

6.2.1 ¿Qué tanto sabemos del apagón?

Para tener una noción general del panorama actual, las autoras de este trabajo llevaron a cabo un sondeo en el centro del D.F. (puesto que ahí concurre gente de todos los niveles socioeconómicos, e inclusive de diversas partes de la República). Con esta información se pretendía saber el grado de conocimiento sobre el *apagón analógico* y para cuándo se planea concluirlo; qué es y para qué sirve la televisión digital, las ventajas que trae consigo, las consideraciones que hacen al momento de comparar un televisor, entre otras.

6.2.1.1 El sondeo

Consistió de 16 preguntas, ordenadas de la siguiente forma:

1. ¿Cuentas con un televisor digital?
Si No
2. ¿Cuentas con servicio de televisión de paga?
Si No
3. ¿Sabes qué es el apagón analógico?
4. ¿Conoces la fecha estipulada para el apagón analógico?
Si No
5. ¿Sabes qué es la televisión digital?
6. ¿Conoces las ventajas que trae consigo la televisión digital?
7. ¿Conoces los requerimientos que deben tener los televisores para poder recibir la señal digital?
8. ¿Cómo consideras la oferta de contenidos actuales?
9. ¿Te gusta la oferta?
Si No
10. ¿Qué contenidos te gustan más?
11. ¿Qué contenidos te gustan menos?
12. ¿Qué servicios le gustaría tener en la televisión?
 - Selección de lo que se quiere ver a través de un título y la descripción.
 - Programación de una segunda lengua.
 - Subtítulos.
 - Mensajes de emergencia.
 - Facilidades para discapacitados.
 - Acceso a contenido almacenado previamente.

- Otro
- 13. ¿Conoces el costo de una televisión digital? Si tu respuesta es afirmativa podrías decir ¿cuánto cuestan y qué marcas son?
Si No
- 14. ¿Cuándo piensas comprar una televisión? ¿Cuánto dinero estarías dispuesto a invertir en el televisor?
\$1,000-\$3,000 \$3,000-\$5,000 \$5,000-\$7,000 \$7,000-\$9,000 Otra cantidad
- 15. ¿Qué marca?
Sharp Sony Panasonic Daewoo LG Philips Samsung Thosiba Otra
- 16. ¿Qué aspectos tomas en cuenta para la elección de tu televisor?
 - Tamaño
 - Marca
 - Precio
 - Tipo de tecnología (PLASMA, LCD, LED)
 - Líneas de resolución
 - Tasa de refresco
 - Contraste y Color
 - Otro

6.2.1.2 Resultados

En total se llevaron a cabo 28 consultas, obteniendo de esta forma la siguiente información. Como se puede observar en la figura 32, el

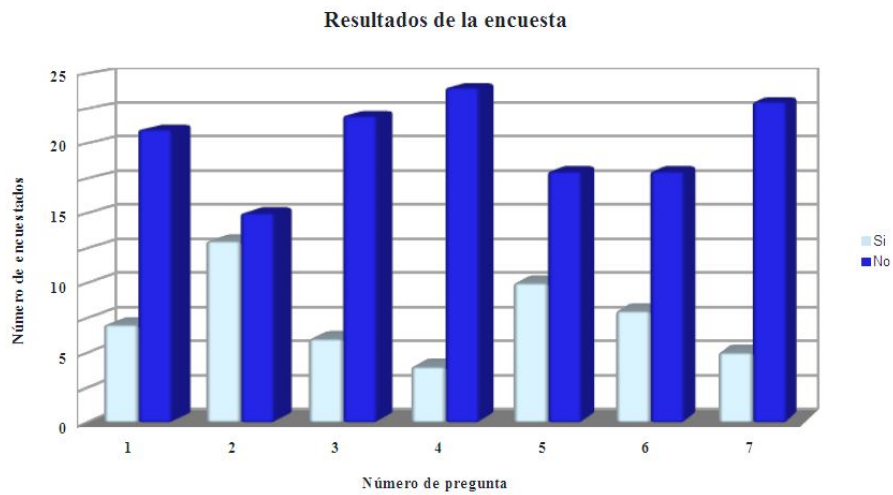


Figura 32: Grado de conocimiento de la televisión digital.

25 % de la gente encuestada, cuenta con un televisor digital, el 46.42 % tenía televisión de paga y alarmantemente el 78.57 % no sabía que era el *apagón analógico*, y a pesar de que algunos tenían una idea de lo que era el apagón, no tenían presente la fecha programada para el mismo, pues se encontró que el 85.71 % no conoce esta fecha. Por otra parte, tan solo el 35.71 % de los encuestados sabía lo que era la televisión digital y el 28.57 % conocía las ventajas que traía consigo, además de que solo el 17.85 % sabía los requerimientos en los televisores para poder tener acceso a esa nueva tecnología. En lo que respecta a la

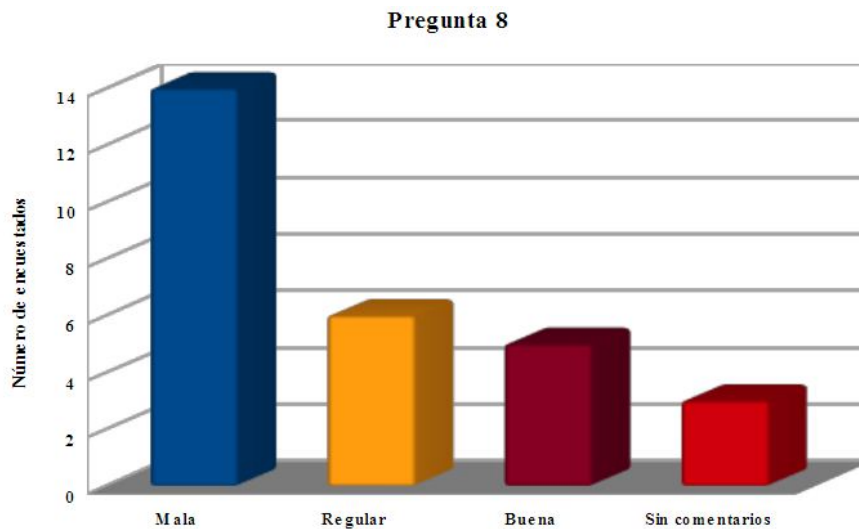


Figura 33: Oferta de contenidos.

oferta de contenidos actuales mostrado en la figura 33, el 50 % la calificó como mala, el 21.42 % como regular, y no muy por debajo de la anterior, la calificaron buena 17.85 %. Esto demuestra la importancia de tener más variedad de contenidos en la televisión.

La oferta actual solo le gusta al 21.42 %, como se muestra en la figura 34, siendo los contenidos de su preferencia los programas educativos y las telenovelas las que más desagradan como se muestra la figura 35, según el sondeo.

La preferencia de servicios que indicaron los encuestados que les gustaría tener en su televisor se muestra en la figura 36. Por otro lado, el 82.14 % no sabía cual era el costo de un televisor digital (mostrado en la figura 37). El dinero que estarían dispuestos a invertir en un televisor de este tipo, la mayor parte fijó una cantidad entre \$1000 y \$3000 pesos, conformando el 35.71 % del total, como se muestra en la figura 38. El 42.85 % no proyectan el adquirir un televisor por el momento, como se ilustra en la figura 39.

Los aspectos que más toman en cuenta al realizar la compra de un televisor, se muestran en la figura 40, predominando el precio y tamaño con un 71.42 % y 67.85 % respectivamente, siendo la tasa de

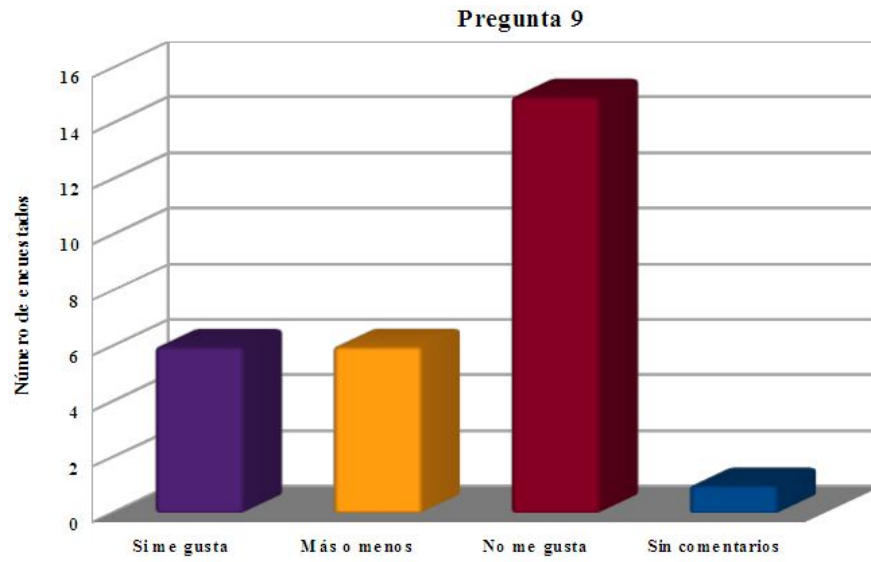


Figura 34: Preferencia de contenidos.

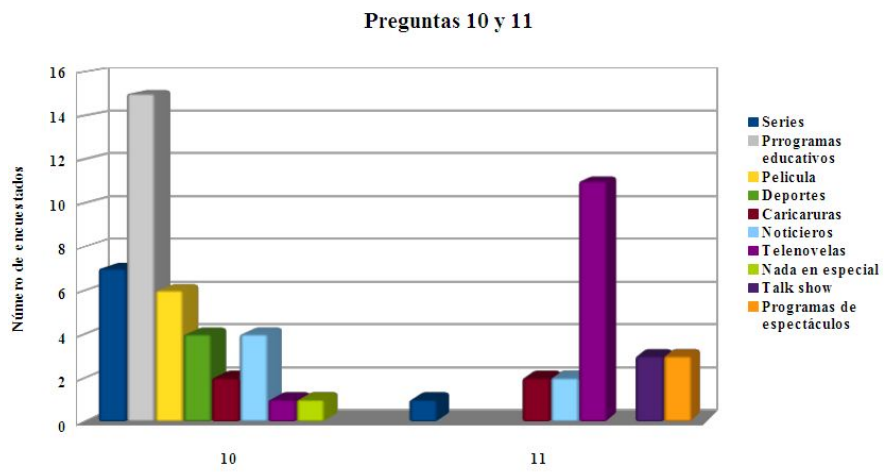


Figura 35: Tendencias en los contenidos.

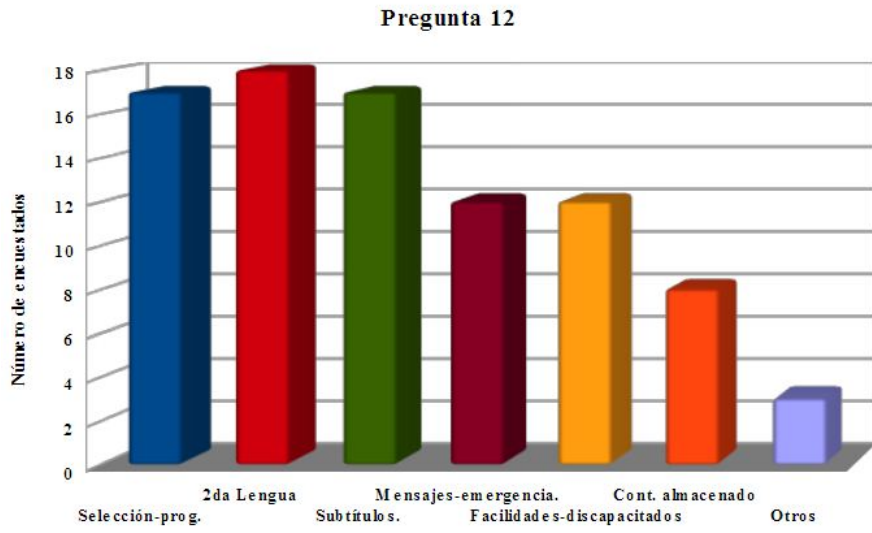


Figura 36: Preferencia de servicios.

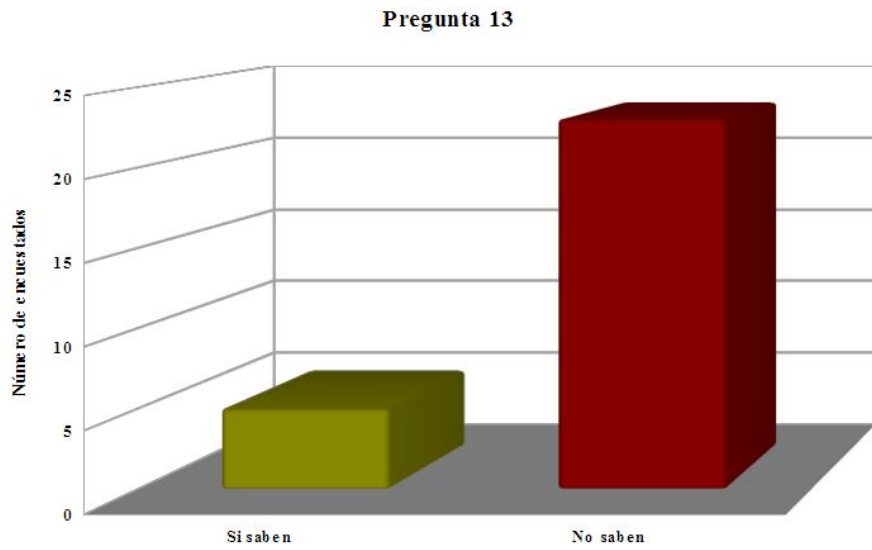


Figura 37: Conocimiento del costo de un televisor digital.

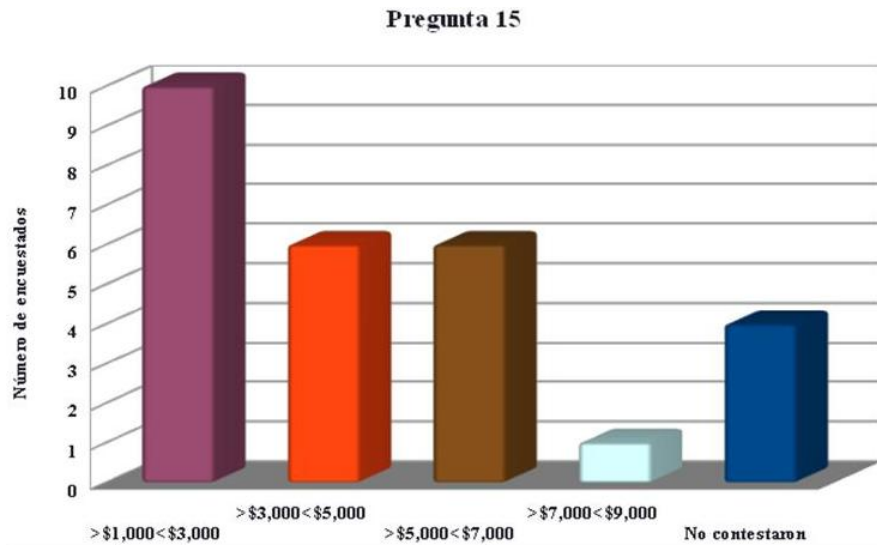


Figura 38: Dinero estimado a destinar para la compra de un televisor.

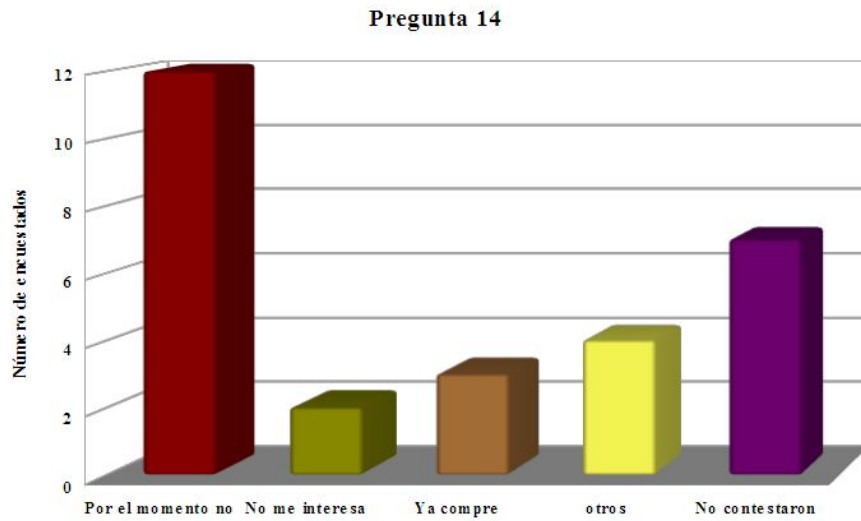


Figura 39: Tiempo en el que consideran comprar un televisor.

refresco la de menor porcentaje, pues la mayoría de la gente no sabía a que hacía referencia ese término al igual que con el número de líneas de resolución; con porcentajes del 32.14 % y 39.28 % respectivamente. Como datos adicionales sobre las 28 personas encuestadas, el

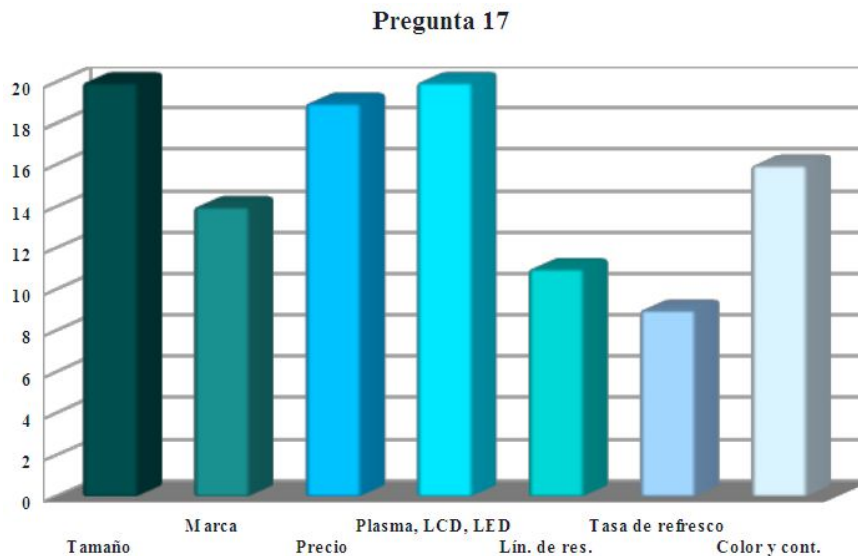


Figura 40: Aspectos a tomar en cuenta en la compra de un televisor.

67.85 % tenían estudios de educación Superior, el 21.42 % contaba con educación Media y el restante 10.71 % presentaba estudios de Secundaria. Además las edades de los encuestados oscilaban entre los 18 y los 58 años.

Con lo anterior, se puede ver la importancia de que el gobierno considere, si es que va a invertir un presupuesto para ayudar a las familias mexicanas, ya que el precio de los dispositivos es uno de los principales factores a tomar en cuenta. En el caso de Brasil, el gobierno propuso ofrecer créditos a la población a través del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social, con hasta 560 mdd para ayudar a que disminuyera el precio de los dispositivos.

Aún cuando se contara con mucha cobertura de TDT en México para finales de 2015, no habrá mucha penetración de la misma, si la población no tiene televisores capaces de captar esa señal digital o, en todo caso, con un STB para adaptar su televisor analógico.

6.2.2 Otras consideraciones y recomendaciones

En el estudio de la OCDE de Políticas y regulación de telecomunicaciones en México del presente año, se destacó que México tiene que resolver importantes problemas para lograr el éxito de la transición a la TDT, como garantizar cobertura comparable a la que existe ahora a través de la televisión analógica. Como se ha venido mencionando,

de acuerdo con cifras del INEGI, apenas 13.9% de los hogares mexicanos en 2010 tenían televisor digital. Por esto, y como lo marcó la OCDE, los televisores deben sustituirse a un ritmo aceptable. De hecho, en el país todavía están a la venta receptores analógicos, situación que causa controversia y confusión, ya que a menos de que se adquiriera un STB, no podrán seguir siendo utilizados, pues de otra manera no será posible recibir la TDT [104]. Lo anterior se puede solucionar recurriendo a las acciones tomadas por Francia, en las cuales a partir la emisión de la norma impuesta por la *Ley de televisión del futuro* se obligaba a que los fabricantes de televisores los vendieran con el correspondiente sintonizador integrado, de acuerdo al estándar adoptado en ese país.

Con el sondeo anterior, se destaca que a tres años para el *apagón analógico* según lo establecido en el DOF del 2 de septiembre de 2012, más de la mitad de los encuestados no tenían conocimiento del tema, la fecha estipulada para el apagón ni, mucho menos, qué es la televisión digital y cómo los afecta o beneficia. El considerar que gran parte de la población ve televisión abierta, representa un aspecto inquietante para la transición. Es por ello que se debería comenzar haciendo una campaña de comunicación como la que se realizó en Alemania, Finlandia, Reino Unido y Suecia, cuyo objetivo sea informar a los hogares del cambio de tecnología, y que se notifique de las diversas etapas de la transición y sus efectos en la recepción de televisión, a fin de ayudarle a los consumidores a decidir sobre el modo de recepción de televisión que deseen.

Por otra parte, se necesita acelerar el proceso de transición de la televisión analógica a la digital en el país, ya que a pesar del marco institucional y de la actual configuración jurídica respecto a la transición, es decisivo que el país se recupere del retraso en la liberación del *dividendo digital* y la mejora de la conectividad de la banda ancha móvil, las cuales son algunas metas fijadas por la cumbre mundial sobre la Sociedad de la Información de Ginebra y Túnez. Este atraso se debe, a que ha habido periodos en los cuales, por cuestiones legales, no se ha podido avanzar con esta transición. Por ejemplo, el 12 de septiembre de 2011, el pleno de la COFETEL propuso modificar la política para la transición a la TDT de 2004. En dichas modificaciones se estableció que las transmisiones analógicas se llevarían a cabo en forma escalonada a partir del 16 de abril de 2013, y que deberían concluir en su totalidad a más tardar el 31 de diciembre de 2015 en las poblaciones y estaciones establecidas; con esto cada concesionario debería terminar con dichas transmisiones cuando le correspondiera. La propuesta fue sometida a un proceso de mejora regulatoria por parte de la COFEMER. El 28 de marzo, el pleno de la COFETEL aprobó dar respuesta al dictamen total no final de la COFEMER respecto al anteproyecto por el que se modifica la política para la TDT; sin embargo el 11 de abril de 2012 el pleno de la COFETEL dio a conocer que se

encontró imposibilitado para votar ese día la revisión a la política de la TDT; ante una suspensión otorgada dentro de un juicio de amparo promovido por la televisora Peninsular [100].

En la tabla 17 se pueden consultar las fechas del *apagón analógico* en el continente Americano, en la que países como El Salvador, Brasil, Uruguay y Paraguay, tienen fechas similares que difieren por poco a la fecha establecida en México. Podría darse el caso de que se adelantaran a México, si se continúa con la transición tan lenta como se está llevando a cabo en el país. Además, se puede destacar de los datos mostrados, que el estándar predominante en el continente Americano es el SBTVD-T, seguido por ATSC y con la menor presencia el estándar DVB-T.

Es importante impulsar las metas propuestas en la cumbre mundial de Ginebra y Túnez, para crear una Sociedad de la Información con ayuda de la TDT, como ha sucedido en otros países, en donde ésta ha actuado como plataforma y puerta de acceso a Internet, optimizando el uso del espectro, y haciendo posible liberar el *dividendo digital*, que como ya se mencionó, se puede emplear para el crecimiento del ancho de banda en la tecnología inalámbrica, y de esta forma, acercar el conocimiento a lugares en donde antes no se podía llegar con la tecnología que se tenía, y por lo tanto reducir la brecha digital existente entre las comunidades. La TDT permitirá mejoras en cuanto a calidad de imagen y sonido; asimismo, permite que cada televisor sirva para otros servicios que como ya se mencionó pueden ir desde el voto electrónico en unas elecciones hasta la compra en supermercados. Todo eso es posible hacerse desde el receptor de cada casa, puesto que empleará la tecnología de Internet para potenciar la interactividad, enfoque que se está dando actualmente con el despliegue de ATSC 2.0.

Finalmente como se mostró a lo largo del trabajo, la televisión digital terrestre trae consigo muchas ventajas al desarrollo total de un país; a los consumidores les permite tener acceso a gran número de contenidos, mayor calidad y definición de imagen, interactividad, así como nuevos servicios como lo son: tele-medicina, tele-trabajo, tele-educación, gobierno electrónico, oficinas virtuales, entre otros; a los operadores les da la posibilidad de establecer nuevos modelos de negocios, basados en la interactividad; a la industria electrónica le permite tener nuevos ingresos; a los creadores de contenidos les da nuevas vías de comercialización de sus productos; y a las empresas les permite más canales de comunicaciones para llegar al consumidor. Sin embargo, todas estas ventajas para un país, dependen de las acciones y medidas que se tomen en la transición, y es aquí en donde radica la diferencia entre un país y otro; ya que para algunos la TDT ha representado una oportunidad de desarrollo. Tal es el caso de Brasil, en el cual se tomó la TDT para impulsar varios sectores de su economía. Se le agregaron nuevas características y mejoras al es-

táandar ISDB-T de Japón lo que le permitió impulsar la investigación y desarrollo en su industria electrónica, lo cual repercutió en el aumento de su PIB. Por su parte en Alemania hubo un aumento en la programación, debido a que el público general tenía acceso a numerosos programas gratuitos en idioma alemán. En España la situación fue muy similar a Alemania, ya que presentó un aumento en oferta de canales.

México debe crear una reglamentación que le permita la prestación de servicios multimedia en todo tipo de redes de comunicación. De esta manera, se garantizaría la existencia de condiciones equitativas para todos los actores en los nuevos mercados y sí se corregirían las imperfecciones del mercado. Esto evitará, que se les den ventajas a unos competidores sobre otros ya que esto en lugar de ayudar perjudica el desarrollo del país, puesto que los beneficios no son precisamente para la población como debería ser.

El país se encuentra en un momento en el que es indispensable se tomen las acciones correspondientes, para impulsar el desarrollo de la industria electrónica y la economía en general. La TDT puede hacer esto posible y con ella se promueve el desarrollo social de la población, ya que se podrán ofrecer mejores servicios a los usuarios. Estos servicios pueden ir más allá del entretenimiento, puesto que la tecnología de la TDT permite impulsar la salud, el comercio, el empleo e inclusive la educación a distancia. Además, mediante un canal de retorno, permitiría servicios interactivos como el poder tener acceso a contenidos multimedia de forma personalizada (VOD), voto remoto, juegos, entre otros (estos servicios solamente son ofrecidos en México por la televisión de paga). Sin embargo, para hacer esto posible, se debe tener una reglamentación sólida que permita la prestación de servicios multimedia en todo tipo de redes de comunicaciones, y así garantizar que existan condiciones equitativas para todos los actores en los nuevos mercados.

Y aunque falta mucho por hacer en el país, la situación es lamentable debido a que algunos intereses políticos afectan en el desarrollo y avance del proceso de transición, tal fue el caso de la llamada *Ley Televisa* (así se le conoce a las reformas que se planeaba hacer a la Ley Federal de Radio y Televisión, y a la Ley Federal de Telecomunicaciones), la cual favorecía la desregulación del espectro digital a favor de Televisa y Televisión Azteca. De acuerdo con esta ley, se concedía a las televisoras privadas el uso, libre de todo cargo, de un bien público perteneciente al Estado Mexicano, como es el espectro de frecuencias. Fue considerada como *el regalo de un bien público* a un medio privado. También dicha ley posibilitaría a las dos principales televisoras del país agregar nuevos servicios, como la TDT, telefonía celular y las más sofisticadas tecnologías, sin pasar por tipo alguno de licitación; además de que los viejos canales analógicos no tenían que devolver-

los al Estado Mexicano, con lo que asegurarían mayor cantidad de frecuencias a su favor.

Las reformas proporcionaban mayor poder a Televisa y Televisión Azteca y se ponían en riesgo la existencia de espacios de televisión como canal 11 y canal 22, y radiodifusoras como Radio UNAM, Radio Educación y todas las radios públicas y comunitarias, debido a que las reformas solo otorgaban beneficios a las estaciones concesionadas, es decir, las comerciales, y no a las permisionadas, categoría en la que se encuentran las emisoras culturales. Los artículos de esta ley, no establecían procedimiento alguno para que las radiodifusoras permisionadas tuvieran acceso a la convergencia digital, lo que de inmediato suscitó molestia entre quienes dirigen dichas emisoras. La Ley Televisa daba una apariencia de dar lineamientos para ingresar a la convergencia digital, objetivo que precisamente se busca en México, pero el problema radicaba en que marcaba esos lineamientos de manera discriminatoria y abusiva, con ventajas y privilegios para los concesionarios ya establecidos, obstaculizando el ingreso de nuevos operadores al mercado, y con evidente desprecio respecto a la televisión permisionada. Con ello, establecía una gran barrera para la competencia y la participación de nuevos operadores de televisión, limitando a los usuarios a la casi nula elección de proveedores de estos servicios [90].

Aunque esta ley no fue aprobada, estos intentos de los grandes consorcios en reformar las leyes a su favor, forman parte de los factores que retrasan el desarrollo de reglamentaciones equitativas, para que haya mayor competencia (mediante la inclusión de más cadenas de televisión) y por lo tanto mayor oferta de canales y servicios para que los usuarios tengan una gama de posibilidades entre las cuales escoger las de su preferencia.

Como reflexión final, un punto interesante a tomarse en cuenta sería, la implementación de más proyectos en las Universidades e Institutos mexicanos, los cuales mediante convenios o acuerdos trabajaran en conjunto con la industria en el desarrollo de aplicaciones para el estándar ATSC. Lo anterior proporcionaría beneficios para el país sin necesidad de realizar gastos innecesarios, (como lo es el importar tecnología del extranjero) y se le daría la oportunidad a investigadores y estudiantes, de aplicar sus conocimientos y habilidades para la obtención de beneficios directos para el país.

REFERENCIAS

- [1] López Martín Alberto. Formatos de audio digital. *Universidad de Valladolid*, Año no especificado. URL http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_01_02/formatos_audio_digital/html/frames.htm.
- [2] Delgado Gutiérrez Alejandro. Flujos de programa y de transporte mpeg-2 aplicación a dvb. *Universidad Politécnica de Madrid*, 2001. URL <http://www94.etc.upm.es/tsmpeg2d.pdf>.
- [3] Valdespino Chetirquen Alejandro. Generador de patrones de video mediante el uso de un microcontrolador. Technical report, Instituto Politécnico Nacional, 2007. URL <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/5857/1/ICE63.pdf>.
- [4] Cepeda Robledo Dulce Alexandra. La introducción de la televisión digital terrestre en México. *Universidad Autónoma de Tamaulipas*, 2007. URL <http://www.cua.uam.mx/dccd/cc/memorias/ind/DACR.pdf>.
- [5] Maya Hernández Alfonso. Televisión digital terrestre en México: Diagnóstico general, metas y compromisos a cuatro años de su implementación. *Instituto del derecho de las telecomunicaciones*, 2009. URL <http://idet.org.mx/wordpress/?p=77>.
- [6] Mejía Guerrero Angelina. Agregan elementos a la discusión por tv digital. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2011. URL <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/90109.html>.
- [7] Arredondo Escobar Manuel Antonio. Propuesta de un sistema de vigilancia utilizando la detección de movimiento en una secuencia de imágenes captadas por cámara de vídeo digital. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2005. URL http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0123_E0.pdf.
- [8] ARIB. Transmission system for digital terrestrial television broadcasting. Technical report, Association of Radio Industries and Businesses, 2005. URL http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B31v1_6-E2.pdf.
- [9] ARIB. Características del sistema isdb-t. Technical report, Association of Radio Industries and Businesses, 2007. URL http://www.dibeg.org/techp/feature/isdb-t_Spanish.pdf.

- [10] ARVM. Ven fallas en liberación de banda paratv. *Asociación de Radio del Valle de México A.C.*, 2011. URL <http://laradioenmexico.mx/ven-fallas-en-liberacion-de-banda-paratv/>.
- [11] ATSC. Atsc a/111 recommended practice: Design of multiple transmitter networks. *Advanced Television System Committee Inc.*, 2009. URL <http://www.atsc.org/cms/index.php/component/search/?searchword=SFN&ordering=&searchphrase=all>.
- [12] ATSC. Atsc a/110 standard for transmitter synchronization. *Advanced Television System Committee Inc.*, 2011. URL http://www.atsc.org/cms/standards/a_110-2011.pdf.
- [13] ATSC. Atsc mobile dtv standard, part 1 atsc mobile digital television system. *Advanced Television System Committee Inc.*, 2011. URL http://www.atsc.org/cms/standards/a153/a_153-Part-1-2011.pdf.
- [14] ATSC. The future of television is our focus. *Advanced Television System Committee Inc.*, 2011. URL http://www.atsc.org/cms/pdf/ATSC2011_PDF.pdf.
- [15] ATSC. Published standards, a/53: Atsc digital television standard. *Advanced Television System Committee Inc.*, 2011. URL <http://www.atsc.org/cms/index.php/standards/published-standards>.
- [16] Panorama audiovisual. La televisión digital alcanza ya al 46 *Panorama Audiovisual en América Latina*, 2011. URL www.panoramaaudiovisual.com.
- [17] TM Broadcast. Historia de la alta definición. *Ingeniería y tecnología audiovisual*, 2012. URL <http://www.tmbroadcast.es/index.php/historia-de-la-alta-definicion/>.
- [18] Tullio C. Aplicaciones del estándar mpeg-4. *Escuela de Ingeniería eléctrica, Universidad Central de Venezuela*, 2001. URL <http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/MPEG-4.pdf>.
- [19] Liendo Carlos. Resumen de la disertación sobre el sistema japonés de televisión digital. *Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba*, 2007. URL <http://www.ingenieria.org.ar/images/pdf/tvdigital.pdf>.
- [20] CCTDR. Reporte respecto al desarrollo de la tdt duranre 2010 con las recomendaciones que corresponde. *Comité Consultivo de Tecnologías Digitales para la Radiodifusión*, 2011. URL http://www.cft.gob.mx/work/models/Cofetel_2008/Resource/12297/CCTDR_REPORTE_DESARROLLO_TDT_2010.pdf.

- [21] CFC. Impone cfc a concentración televisa-iusacell condiciones que eliminan los riesgos detectados en la operación. *Comisión Federal de Competencia*, 2012. URL <http://www.cfc.gob.mx/images/stories/Noticias/documentos/cfc-12-2012.pdf>.
- [22] CFC. Niega la cfc autorización a concentración planteada por televisa-iusacell. *Comisión Federal de Competencia*, 2012. URL <http://www.cfc.gob.mx/images/stories/Noticias/Comunicados2012/cfc%2003-2012.pdf>.
- [23] Ong Chung-yen. Technology and standards of dtt multimedia broadcasting. *IEEE Communications Magazine*, 2010.
- [24] Juárez Escalona Claudia. De us15,000 millones, la derrama potencial en al por liberar espectro. *Periódico El Economista*, 2011. URL <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/09/22/us15000-millones-derrama-potencial-liberar-espectro>.
- [25] COFETEL. Calendario de transición. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2008. URL http://www.cft.gob.mx/es_mx/Cofetel_2008/Cofe_calendario_de_transicion.
- [26] COFETEL. Autorizaciones de canales adicionales para la tdt. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2008. URL http://www.cft.gob.mx/work/models/Cofetel_2008/Resource/737/INFRA_TDT_SEP1.pdf.
- [27] COFETEL. Tabla de canales para la tdt. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2010. URL http://www.cft.gob.mx/es_mx/Cofetel_2008/Cofe_tabla_de_canales_para_la_tdt.
- [28] COFETEL. Comunicado de prensa no.18/2011. Technical report, Comisión Federal de Telecomunicaciones, 2011. URL http://www.cft.gob.mx/es_mx/Cofetel_2008/182011.
- [29] COFETEL. Acciones de política regulatoria 2011-2012. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2011. URL http://www.observatel.org/es/uploads/1/cofetel_acciones_politica_regulatoria.pdf.
- [30] COFETEL. Transición. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2011. URL http://www.cft.gob.mx/wb/Cofetel_2008/Cofe_transicion_.
- [31] COFETEL. Comunicado de prensa no. 03/2012. Technical report, Comisión Federal de Telecomunicaciones, 2012. URL http://www.cft.gob.mx/swb/Cofetel_2008/032012.
- [32] COFETEL. Pleno de cofetel aprueba modificaciones a la política. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2012. URL http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/Proyecto_modifiaion_Politica_TDT.

- [33] COFETEL. Pleno de la cofetel resuelve sobre canales de televisión digital. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2012. URL http://www.cft.gob.mx/swb/Cofetel_2008/042012.
- [34] COFETEL. Calendario para la transición a la tdt por sitios de transmisión. *Comisión Federal de Telecomunicaciones*, 2012. URL http://cft.portaldesarrollo.com/wp-content/uploads/2012/05/TDT_rev2012_1.pdf.
- [35] Pérez Vega Constantino. *Fundamentos de Televisión Analógica y Digital*. Ediciones Universidad de Cantabria, 2003. ISBN 8481023558.
- [36] Pérez Vega Constantino. Transmisión de televisión, introducción a los sistemas transmisores de tv. *UNICAN*, 2005. URL <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Introduccion%20a%20los%20sistemas%20transmisores%20de%20TV.pdf>.
- [37] Castro Cosette. El modelo híbrido japonés brasileño de tv digital interactividad, interoperabilidad y robustez para inclusión social. *Revista Académica de la Federación Latinoamericana de Facultades de Comunicación Social*, 2008. URL <http://www.dialogosfelafacs.net/77/articulos/pdf/77CosetteCastro2.pdf>.
- [38] Gómez David. Feasibility of dvb-h deployment on existing wireless infrastructure. *International Workshop on Convergent Technologies, UPV*, 2005. URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.63.4033>.
- [39] Gozávez Serrano David. Transmisión de servicios de televisión digital móvil en redes dvb-sh. *Grupo de Comunicaciones Móviles, iTEAM Universidad Politécnica de Valencia*, 2007. URL http://www.furiapse.com/pdf/FURIA_iTEAM_TelecomID07_DVB-SH-articulo.pdf.
- [40] González María de la Luz. Gana calderón en diferendo sobre tv digital. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2011. URL <http://www.eluniversal.com.mx/primer/38163.html>.
- [41] Institut Luxembourgeois de Régulation. Digital switch over plans in luxembourg. *Grand-Duché de Luxembourg*, 2005. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/doc/todays_framework/digital_broadcasting/switchover/lu_digital_switchover_plan_lux_05.pdf.
- [42] Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. Xviii reunión del comité consultivo permanente ii radiocomunicaciones incluyendo radiodifusión. *ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS*, 2011. URL web.oas.org/citel/en/SiteAssets/PCCII/Final.../P2!R-2869r1_e.pdf.

- [43] Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones. Documento de referencia estándares de transmisión de televisión digital terrestre. *Secretaría ejecutiva de Comelteca*, 2008. URL <http://www.asep-rtvdigitalpanama.gob.pa/archivos/comtelca.pdf>.
- [44] Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Galicia. Dvb-sh, televisión digital móvil por satélite. *Gradiant*, 2009. URL http://www.gradiant.org/index.php?option=com_content&view=article&id=172%3Aadv-sh-television-digital-movil-por-satelite&catid=1%3Anoticias&Itemid=7&lang=es.
- [45] Subcomisión Técnica de Televisión Digital. Informe técnico sobre pruebas de campo de televisión digital terrestre. *Rectoría de telecomunicaciones*, 2010. URL http://www.telecom.go.cr/index.php/en-contacto-con-el-usuario/documentos/cat_view/47-television-digital?start=20.
- [46] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Informe de sustentación sobre la elección del estándar de televisión digital terrestre. *Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones*, 2009. URL http://www.tvd.cl/prontus_tvd/site/artic/20101206/asocfile/20101206123705/informe_sustentacion_tvd_final.pdf.
- [47] Diario de un Radioaficionado. Frecuencias de los canales de televisión en México (vhf y uhf). *Diario de un Radioaficionado*, 2008. URL <http://radioaficionado.wordpress.com/2008/07/21/frecuencias-de-los-canales-de-television-en-mexico-vhf-y-uhf/>.
- [48] DiBEG. Transmisión de televisión digital terrestre, isdb-t integrated services digital broadcasting-terrestrial. *Digital Broadcasting Experts Group*, 2008. URL <http://www.dibeg.org/overview/document/document.html#pamphlet>.
- [49] DiBEG. Digital broadcasting service in Japan. *Digital Broadcasting Experts Group*, 2008. URL www.dibeg.org.
- [50] DiBEG. The launching country. *Digital Broadcasting Experts Group*, 2011. URL <http://www.dibeg.org/world/world.html>.
- [51] American Heritage Dictionaries. *High Definition: An A to Z Guide to Personal Technology*. Editors of the American Heritage Dictionaries, 2006. ISBN 9780547350226.
- [52] Dolby Digital. 5.1 surround sound for home theaters, tv broadcasts, and cinemas. *Dolby Laboratories, Inc.*, 2012. URL <http://www.dolby.com/us/en/consumer/technology/home-theater/dolby-digital.html>.

- [53] Dolby Digital. Dolby digital how it works. *Dolby Laboratories, Inc.*, 2012. URL <http://www.dolby.com/us/en/professional/technology/broadcast/dolby-digital.html>.
- [54] Dolby Digital. Dolby audio metadata. *Dolby Laboratories, Inc.*, 2012. URL <http://www.dolby.com/us/en/professional/technology/broadcast/dolby-metadata.html>.
- [55] DOF. Diario oficial de la federación: 02/07/2004. *Secretaría de Gobernación*, 2004. URL http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678631&fecha=02/07/2004.
- [56] DOF. Diario oficial de la federación: 02/09/2010. *Secretaría de Gobernación*, 2010. URL http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5157568&fecha=02/09/2010.
- [57] DOF. Programa de concesionamiento de frecuencias de radio-difusión de televisión que podrán ser materia de licitación pública. *Secretaría de Gobernación*, 2012. URL http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5251783&fecha=12/06/2012.
- [58] DVB. Digital video broadcasting (dvb); transmission system for handheld terminals (dvb-h). *Digital Video Broadcasting Project*, 2004. URL <http://www.dvb-h.org/PDF/DVB-H%20Specification%20-%20En302304.V1.1.1.pdf>.
- [59] DVB. Dvb-h, dvb-sh and dvb-ipdc are the key enabling technologies for mobile television. *Digital Video Broadcasting Project*, 2005. URL <http://www.dvb-h.org/technology.htm>.
- [60] DVB. What is dvb? *Digital Video Broadcasting Project*, 2012. URL <http://www.dvb.org/>.
- [61] TDT en España. El gobierno aprueba un plan de actuaciones para la liberación del dividendo digital. *Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo*, 2011. URL http://www.televisiondigital.es/Terrestre/Paginas/plan_actuaciones_liberacion_dividendo_digital.aspx.
- [62] TDT en España. Televisión digital terrestre. *Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo*, 2012. URL <http://www.televisiondigital.es>.
- [63] Bustamante Enrique. Modelos internacionales de tdt: La política y los lobbies pueden a frustrar las expectativas de diversidad. *Universidad Complutense de Madrid*, 2008. URL www.dialogosfelafacs.net/77/articulo_resultado.php?v_idcodigo=91&v_idclase=11.
- [64] Herrera Pérez Enrique. *Tecnologías y Redes de transmisión de datos*. Limusa Noriega Editores, 2003. ISBN 9681863836.

- [65] Guerra Infante Estela. Televisión y sus señales vhf y uhf. *Instituto Politécnico Nacional*, 2008. URL <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/6837/1/ice%20160.pdf>.
- [66] ETSI. Digital video broadcasting (dvb); framing structure, channel coding and modulation for dtb. *European Telecommunications Standards Institute*, 2011. URL http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/300744/01.01.02_60/en_300744v010102p.pdf.
- [67] CNN Expansión. A televisa y tv azteca les sobra banda. *Turner Broadcasting System, Inc.*, 2012. URL <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2012/03/15/liberen-la-banda-en-manos-de-la-tv>.
- [68] Leite Fabio. El apagón analógico y oportunidades del dividendo digital. *Observatel*, 2012. URL http://www.observatel.org/es/uploads/1/1.Fabio_Leite_2011.pdf.
- [69] Vargas Sandoval Damián Federico. Broadcasting satelital. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2004.
- [70] Mejía Barquera Fernando. Muerte al receptor analógico. *Grupo Milenio*, 2010. URL http://monterrey.milenio.com/cdb/doc/impreso/8859391?quickestabs_2=0.
- [71] Beteta Cejudo Juan Félix. Televisión digital terrenal. *Asenmac*, Año no especificado. URL <http://www.asenmac.com/tvdigital/viditer.htm>.
- [72] Sachio Fukuda. Characteristics of isdb-t system. *ARIB-DiBEG JAPON*, 2009. URL http://www.deloitte.com/assets/Dcom-CostaRica/Local%20Assets/Eventos/091105%20-%20Foro%20TVDigital/091105-cr_02_Sachio_Fukuda.pdf.
- [73] Sosa Plata Gabriel. Televisión digital: apagón analógico en suspenso. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2011. URL http://blogs.eluniversal.com.mx/weblogs_detalle15131.html.
- [74] Mendoza Batista Gerardo. Proceso de transformación de las instalaciones de difusión y producción de una televisora de equipo analógico a equipo digital. *Instituto Politécnico Nacional*, 1997.
- [75] Kemper Vásquez Guillermo. Descripción y análisis comparativo técnico de los estándares de tdt. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, 2008. URL http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/radiodifusion/tv_digital/Descrip_analisis_TDT.pdf.

- [76] Bering Harold. Dvb-t2 ultima preparativos para su lanzamiento comercial. *WHD Public Relations*, 2009. URL http://www.dvb.org/news_events/press_releases/press_releases/DVB_pr182-NAB-2009-T2-Final-Spanish.pdf.
- [77] Benoit Herve. *Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, Iptv, Mobile Tv in the Dvb Framework*. Focal Press, third edition, 2008. ISBN 9780240520810.
- [78] Ruiz Tückler Hjalmar. Estándar isdb-t. tv digital. *Grupo Editorial La Prensa*, 2010. URL <http://www.laprensa.com.ni/2010/06/12/economia/27496>.
- [79] Richardson Ian. *H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia*. Wiley, 2003. ISBN 0740848375.
- [80] K. Fawzi Ibrahim. *Receptores de Televisión*. Marcombo, second edition, 2001. ISBN 8426712878.
- [81] Rodríguez Navarro Juan Ignacio. Tipos de formatos o archivos de audio. *desarrollomultimedia.es*, 2008. URL <http://www.desarrollomultimedia.es/articulos/tipos-de-formatos-o-archivos-de-audio-y-codecs.html>.
- [82] El Informador Diario Independiente. Licitación de banda de 700 mhz dejaría al estado unos dos mil 473 mdd. *Unión Editorialista*, 2011 URL <http://www.informador.com.mx/economia/2011/298604/6/licitacion-de-banda-de-700-mhz-dejaria-al-estado-unos-dos-mil-473-mdd.htm>.
- [83] INEGI. Enduith 2009. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 2009. URL http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales/endutih/ENDUTIH_2009.pdf.
- [84] INEGI. Enduith 2010. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 2010. URL http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales/endutih/2010/ENDUTIH2010.pdf.
- [85] Muñiz Castañeda Irazú. La transición hacia la televisión digital terrestre. *Centro de investigación e innovación en telecomunicaciones*, 2010. URL <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=80>.
- [86] Sanz J. El gobierno planea recortar drásticamente el número de canales en la tdt. *Grupo ADSL Zone*, 2012 URL <http://www.adslzone.net/article8239-el-gobierno-planea-recortar-drasticamente-el-numero-de-canales-en-la-tdt.html>.

- [87] García Mata Francisco Javier. *Videovigilancia: CCTV usando videos IP*. Editorial Vértice, 2010. ISBN 9788499313566.
- [88] Rodríguez Torres Javier. *Las exigencias del EEES en las líneas de investigación de vanguardia*. Vision Libros, 2011. ISBN 9788490081228.
- [89] Ramos Pérez Jorge. Calderón apoya licitaciones que la ley permita. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2012. URL <http://www.eluniversal.com.mx/notas/850542.html>.
- [90] Contreras José. En el senado, la nueva ley televisa. *Crónica*, 2012. URL http://www.cronica.com.mx/nota0pinion.php?id_nota=653824.
- [91] Dai Linglong. Next-generation dtb systems: Key technologies and research trends. *IEEE Communications Magazine*, 2012.
- [92] Álvarez Hoth Jorge. Hi-tv. *Etcétera*, 2010. URL <http://www.etcetera.com.mx/articulo.php?articulo=3011>.
- [93] Rondón Álvarez Ornella. High definition television (hdtv). *Escuela de Ingeniería eléctrica, Universidad Central de Venezuela*, 2004. URL <http://neutron.ing.ucv.ve/comunicaciones/Asignaturas/DifusionMultimedia/Tareas%202004-01/HDTV%20Rond%C3%B3n%20Ornella%20Julio%202004.pdf>.
- [94] Laporta Jorge Lázaro. *Fundamentos de Telemática*. Universidad Politécnica de Valencia, 2002. ISBN 8497059131.
- [95] Cubero Manuel. *La televisión digital: fundamentos y teorías*. Alfaomega, 2009. ISBN 9786077686644.
- [96] Said Hung Elias Manuel. *Transformaciones comunicativas en la era digital. Hacia el apagón analógico de la televisión*. Ediciones Uninorte, 2009. ISBN 9789588252988.
- [97] Vladimir Marianov. Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional. Technical report, Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, 2006. URL http://www.tvd.cl/prontus_tvd/descargas/antecedentes_docs/estudios_mtt/estudio_uc.pdf.
- [98] Montalvo Martínez Martín. Técnicas de visión estereoscópica para determinar la estructura tridimensional de la escena. *Universidad Complutense de Madrid Facultad de Informática*, 2010. URL http://eprints.ucm.es/11350/1/T%C3%A9cnicas_de_visi%C3%B3n_estereosc%C3%B3pica_para_determinar_la_estructura_tridimensional_de_al_escena.pdf.

- [99] Microsoft. Advanced systems format (asf) specification. *Microsoft*, 2012. URL <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=14995#top>.
- [100] Milenio. El pleno de la cofetel se encontró imposibilitado para votar la revisión a la política de la televisión digital terrestre, ante una suspensión otorgada dentro de un juicio de amparo promovido por televisora peninsular. *Grupo Milenio*, 2012. URL <http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/16c855c4b13afeec6da6770cabd2fc3e>.
- [101] Posada García Miriam. En septiembre comenzará el proceso de licitación de 2 canales de televisión abierta. *La Jornada*, 2011. URL <http://www.jornada.unam.mx/2011/08/03/economia/025n1eco>.
- [102] Caletto Guerrero Antonia Neptalí. Análisis y estudio de ingeniería para la selección del estándar de televisión digital más apropiado para ecuador bajo la supervisión de la supertel. *Escuela Superior Politécnica de Chimbotazo*, 2009. URL <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/179/1/38T00167.pdf>.
- [103] SAT NEWS. Stbs to rule the world. *SAT NEWS.com*, 2007. URL http://www.satnews.com/cgi-bin/display_story.cgi?number=787853739.
- [104] OCDE. Estudio de la ocde sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México. *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos*, 2012. URL <http://dx.doi.org/10.1787/9789264166790-es>.
- [105] Ministry of Transport and Communications. Publications of the ministry of transport and communications 52/2003, into digital age. *Europe's Information Society*, 2003. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecom/current/broadcasting/switchover/national_plans/index_en.htm.
- [106] Ministry of Transport and Communications Finland. Report on activities to promote television digitization. *Europe's Information Society*, 2007. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecom/current/broadcasting/switchover/national_plans/index_en.htm.
- [107] DVB Project Office. Delivering 3d tv to viewers. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-3DTV_Factsheet.pdf.
- [108] DVB Project Office. Introduction to the dvb project. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-Project_Factsheet.pdf.

- [109] Pérez Oliverio. Licitación de tv digital abierta. *El Seminario*, 2012. URL <http://elsemanario.com.mx/categorias/Nacional/nota/25/9557/va-licitacion-de-tv-digital-abierta>.
- [110] Working Group on Broadcasting and Finnish Broadcasting. Towards the digi era. *Europe's Information Society Thematic Portal*, 2003. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/current/broadcasting/switchover/national_plans/index_en.htm.
- [111] Working Group on Broadcasting and Finnish Broadcasting. 9 proposals of the working group. *Europe's Information Society Thematic Portal*, 2003. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/current/broadcasting/switchover/national_plans/index_en.htm.
- [112] Pisciotta Néstor Oscar. Sistema isdb-tb. *Universidad Tecnológica Nacional*, 2010. URL <http://www.eradigital.com.ar/blog/wp-content/uploads/2010/09/Sistema-ISDB-Tb-Primera-parte.pdf>.
- [113] Sotelo Rafael. Sistema de transmisión isdb-t. *Memoria de trabajos de difusión científica y técnica*, sin número(9), 2011. URL http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_240_SistemadetransmisinISDB-T.-Sotelo_Durn_Joskowicz.pdf.
- [114] Hernández Bouza Ramón. Audio digital. *SONIDOCLAVE*, 2011. URL http://sonidoclave-sonidoclave.blogspot.mx/2011_06_01_archive.html.
- [115] Urquiza García Raquel. Televisión digital terrestre en europa y estados unidos: Una comparativa entre modelos de negocio. *Universidad Complutense de Madrid*, 2009. URL <http://eprints.ucm.es/9573/1/T30828.pdf>.
- [116] ABI research. Stb ic market value by region. *Allied Business Intelligence, Inc.*, 2011. URL http://www.abiresearch.com/news/ai_view.jsp?id=281.
- [117] Rohde-Schwarz. Dvb-sh. *Rohde-Schwarz*, 2012. URL http://www2.rohde-schwarz.com/en/technologies/broadcast_tv_radio/mobile_broadcast/dvb-sh/information/.
- [118] Rohde-Schwarz. Isdb-s. *Rohde-Schwarz*, 2012. URL http://www2.rohde-schwarz.com/en/technologies/broadcast_tv_radio/satellite_broadcast/isdb-s/information/.
- [119] Blake Roy. *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Editorial Thomson, second edition, 2004. ISBN 9706863656.

- [120] Marcos Fernández Carlos S. Simulador de la capa física de dvb-t para lavicad. *Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones*, 2008. URL http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5425/1/MEMORIA_PFC_bn.pdf.
- [121] Guerra Márquez Hernán Santiago. Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de televisión isdb-t en el ecuador. *Escuela Politécnica del Ejército*, 2006. URL <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/100/1/T-ESPE-014280.pdf>.
- [122] DVB Scene. Keen to be green. *Digital Video Broadcasting Project*, sin número(38), 2011. URL http://www.dvb.org/news_events/dvbscene_magazine/DVB-SCENE38.pdf.
- [123] SERVISYSTEM. Dtv la próxima televisión mpeg-2. *SERVISYSTEM*, Año no especificado. URL <http://www.servisystem.com.ar/ATSC/dtv5.html>.
- [124] Tiwari Shashank. *Advanced Flex 4*. Apress, 2010.
- [125] DVB Fact Sheet. History of the dvb project. *Digital Video Broadcasting Project*, 2006. URL http://www.dvb.org/about_dvb/history/.
- [126] DVB Fact Sheet. 2nd generation cable (the worlds most advanced digital cable tv system). *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2_Factsheet.pdf.
- [127] DVB Fact Sheet. Broadcasting to handhelds (digital terrestrial mobile tv). *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-H_Factsheet.pdf.
- [128] DVB Fact Sheet. Return channel satellite. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-RCS_Factsheet.pdf.
- [129] DVB Fact Sheet. 2nd generation satellite. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2_Factsheet.pdf.
- [130] DVB Fact Sheet. Satellite services to handhelds. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-SH_Factsheet.pdf.
- [131] DVB Fact Sheet. Digital terrestrial television. *Digital Video Broadcasting Project*, 2011. URL http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T_Factsheet.pdf.

- [132] Contenta Software. Cómo convertir de mp3 a divx? *Contenta Software*, 2011. URL http://www.contenta-videoconverter.com/encyclopedia/mp3_to_divx.php?language=es.
- [133] DTV Status. Se comparan a escala mundial la transmisión digital de televisión mediante los sistemas atsc, dmb-t/h, dvb-t/dvb-t2 e isdb-t. *DTV Status*, 2012. URL <http://es.dtvstatus.net/>.
- [134] SUBTEL. Análisis de los estándares de transmisión de tdt y su aplicación al medio nacional. *Subsecretaría de Telecomunicaciones, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones*, 2006. URL http://www.tvd.cl/prontus_tvd/descargas/antecedentes_docs/estudios_mtt/estudio_uc.pdf.
- [135] Yasuo Takahashi. Esquema de servicio/recepción/facilidades para las televisoras. *DiBEG*, 2007. URL [http://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_7_service_etc-ver1\(spanish\).pdf](http://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_7_service_etc-ver1(spanish).pdf).
- [136] Teleco. Tv digital en brasil. *Teleco inteligencia en telecomunicaciones*, 2011. URL http://www.teleco.com.br/es/es_tvdigital.asp.
- [137] TelevisionDigital.TV. La televisión digital. *TelevisionDigital.TV - La nueva televisión*, 2008. URL <http://www.televisiondigital.tv/>.
- [138] Revista TELOS. La tdt en españa. la televisión como acceso a la sociedad de la información y del conocimiento. *Fundación Telefonica*, 2009. URL <http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/telos/articuloperspectiva.asp?idarticulo=4&rev=74.htm>.
- [139] Research The ministry of Education and Culture. From analogue to digital tv in the terrestrial network: plan for the transition in the whole of sweden. *Europe's Information Society*, 2005. URL http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomms/current/broadcasting/switchover/national_plans/index_en.htm.
- [140] García Leiva María Trinidad. La introducción de la tdt en españa en el contexto de la política europea para la transición digital en televisión. *Revista de Economía Política de las Tecnologías de la Información y Comunicación*, VIII(1), 2006. URL www.eptic.com.br.
- [141] UIT. Report itu-r bt.2140-4: Transition from analogue to digital terrestrial broadcasting. *Unión Internacional de Telecomunicacio-*

- nes, 2011. URL http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-BT.2140-4-2011-PDF-E.pdf.
- [142] UIT. Evolución de la dvb-t. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, 2012. URL <http://www.itu.int/itu-news/manager/displayException.asp?lang=es&year=2004&issue=04&ipage=dvbt&ext=html>.
- [143] UIT. De la televisión analógica a la digital: La experiencia de Berlín. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, 2012. URL <http://www.itu.int/itu-news/manager/displayException.asp?lang=es&year=2004&issue=04&ipage=berlin&ext=html>.
- [144] UIT. Hacia la aplicación del dividendo digital. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, 2012. URL <http://www.itu.int/net/itu-news/issues/2010/08/34-es.aspx>.
- [145] UIT. El dividendo digital. *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, 2012. URL <http://www.itu.int/net/itu-news/issues/2010/01/27-es.aspx>.
- [146] The National Archives UK Government. Tessa Jowell confirms digital switchover timetable and support for the most vulnerable. *Department for Culture, Media and Sport*, 2005. URL http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.culture.gov.uk/reference_library/media_releases/3059.aspx.
- [147] El Universal. Subsidio para tv digital será recuperable: Sct. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2010. URL <http://www.eluniversal.com.mx/notas/706235.html>.
- [148] El Universal. México licitará dos frecuencias de tv digital. *El Universal, Compañía Periodística Nacional*, 2011. URL <http://www.eluniversal.com.mx/notas/783239.html>.
- [149] USAC. Sistemas de televisión digital. *Universidad De San Carlos De Guatemala*, 2012. URL http://com3usac.net.au.net/Docs_TV/Sistemas%20de%20Television%20Digital.pdf.
- [150] Mondragón Verónica. La scjn perfila invalidar el decreto presidencial sobre el apagón analógico. *Excelsior*, 2011. URL http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=seccion-nacional&cat=1&id_nota=780198.
- [151] Fischer Walter. *Tecnologías para la Radiodifusión Digital de Video y Audio*. Rohde-Schwarz, 2009. ISBN 9783939837107.
- [152] LAViD y Telemidia. Ginga. *TV Interativa se faz com ginga*, 2008. URL <http://ginga.org.ar/>.

- [153] Zócalo. Libera calderón banda de 700mhz, y adelanta fin de tv analógica. *Revista Zócalo*, 2010. URL http://www.revistazocalo.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=798:libera-calderon-banda-de-700mhz-y-adelanta-fin-de-tv-analogica.

DECLARACIÓN

La información presentada en este trabajo se obtuvo de diversas fuentes que se consideran fidedignas y se consignan puntualmente en las referencias. El uso dado a la información es de naturaleza estrictamente de investigación académica y de divulgación, sin fines de lucro o de otra índole. Se ha hecho también el mayor esfuerzo por acreditar debidamente datos, opiniones y contenidos presentados, por lo que cualquier error u omisión en ello, es del todo involuntario.

México, D. F., Agosto de 2012



JUDITH ESTEFANIA MONTOYA
VAZQUEZ



THALIA IVONNE OCAMPO
SANCHEZ