

ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN DE LA TELEVISIÓN
ANÁLOGA A LA TELEVISIÓN DIGITAL EN COLOMBIA

MARTHA CLAUDIA MEDINA MENDOZA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ

2014

ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN DE LA TELEVISIÓN
ANÁLOGA A LA TELEVISIÓN DIGITAL EN COLOMBIA

MARTHA CLAUDIA MEDINA MENDOZA

Proyecto presentado para optar al título de Licenciada en Electrónica

Asesor

Ingeniero Ricardo Gómez

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ

2014

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, 24 de Enero de 2014

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a las personas más importantes de mi vida,
siempre estuvieron y están presentes para brindarme su apoyo incondicional.
Con todo mi cariño les dedico este proyecto:*

*A mi papá Pepe y mi mamá Rosita,
A mi esposo Alex y a mis hijos
Catalina, Alejandro y Nicolas.*

*Y en especial quiero dedicarle este trabajo a mi abuelita Abigail quien hizo
parte fundamental en mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre me ha brindado todo su apoyo para culminar esta etapa de mi vida con éxito.

Al profesor Ricardo Gómez, por su tiempo, acompañamiento y asesoría.

A los compañeros y docentes de la Licenciatura en Electrónica, con los cuales compartí gratos momentos.

Y a todas aquellas personas que brindaron valiosa información para el desarrollo del proyecto.

Para todos ellos, muchas gracias.

	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 71	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado para optar al título de Licenciada en Electrónica
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN DE LA TELEVISIÓN ANÁLOGA A LA TELEVISIÓN DIGITAL EN COLOMBIA
Autor(es)	MARTHA CLAUDIA MEDINA MENDOZA
Director	ING. RICARDO CESAR GOMEZ
Publicación	Universidad Pedagógica Nacional-Bogotá – 2014. 71p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Televisión Digital Terrestre- TDT, Apagón Análogo, Estándar DVB-T2, Cobertura.

2. Descripción
Monografía que tiene como propósito describir el proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital en camino al Apagón Análogo en Colombia. Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de tres campos, lo normativo, donde se relacionan los acuerdos emitidos desde el gobierno nacional, lo académico, donde se registran aspectos técnicos relacionados con el tratamiento de las señales y lo social, donde se presenta el impacto que tiene este proceso para el televidente o usuario final. Por otro lado, se encuentra descritos los avances obtenidos en el proceso, en términos de adjudicación de licitaciones para la adquisición de equipos y adecuación de redes, cobertura, y recepción de la señal.

3. Fuentes
JONES G. A Broadcast Engineering Tutorial for Non- Engineers: NTSC Analog Television (2005). PALOMINO, C. DVB-T: Caminos y experiencias hacia la implementación de la TDT en Colombia (2009). FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology (2010). CAMARGO, J. y GARCÍO A. Aspectos sociales de la introducción del color en la red de televisión colombiana (2011). GIL F, MARÍN A, MORENO C y SIERRA J. Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) (2011) BARQUERO, D y LOPEZ J. Planificación de redes DVB-T2 en Colombia (2012). BARQUERO, D.

Transmisión TV Digital Terrestre (2012). Recomendaciones de las características mínimas para los Receptores de Televisión Digital Terrestre en Colombia en DVB-T2. Asociación Colombiana de Ingenieros (2012). COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN. Acuerdo 008 (2.010), Acuerdo 004 (2.011), Acuerdo 002 (2.012), Selección Pública N. 016 de 2.013 AUTORIDAD NACIONAL DE TELEVISIÓN. Plan de cobertura en tecnología Digital por parte del Operador Público Nacional. (2013) Preocupación por serios retrasos en la TDT pública. Asociación Colombiana de Ingenieros (2013). Cobertura geográfica de señal. Televisión Digital para todos. Colombia (2014).

4. Contenidos

Desde el 2008 Colombia inicia el proceso de transición de la Televisión Análoga a la Televisión Digital, con una serie de acuerdos los cuales definen el estándar DVB-T y luego el DVB-T2 para la ejecución de la televisión digital. Estos acuerdos además definen dos fechas importantes, la primera que para el año 2014 se debe dejar de transmitir bajo el estándar DVB-T y transmitir únicamente bajo el estándar DVB-T2, y la segunda es que para el año 2019 se debe dejar de transmitir completamente la señal de Televisión Análoga la cual ha estado presente por más de cincuenta años. Todo este proceso ha traído una serie de implicaciones en relación con la adjudicación de licitaciones para la adecuación de redes y adquisición de equipos, planeación para la cobertura y reorganización del espectro radioeléctrico, así como la oferta de receptores adecuados para la TDT. El objetivo de este trabajo de grado, es mostrar aquellos aspectos que le permitan al lector comprender todo este proceso, para esto se ha dispuesto de tres capítulos que abarcan aspectos técnicos, normativos y sociales. En el primer capítulo se muestran las ventajas y funcionamiento de la Televisión Digital Terrestre, así como los estándares existentes en el mundo. En el segundo capítulo se identifican las características tanto de la televisión análoga como de la televisión digital, lo que le permite al lector identificar los aspectos de cada una de las tecnologías y comprender los cambios que generan el proceso de transición. El último capítulo encierra la normatividad, avances y análisis de este proceso.

5. Metodología

La investigación es de tipo documental, en la cual se realiza un proceso de indagación, recolección y análisis de la información. Recoge y consolida una extensa bibliografía escrita, opiniones y experiencias de profesionales relacionados con el tema.

6. Conclusiones

El estándar DVB-T y específicamente el DVB-T2, es un estándar que presenta ventajas sobre los otros estándares analizados para el caso de Colombia. Es un sistema flexible, pues tiene seis modos de transmisión, cuatro esquemas de modulación y seis relaciones de codificación y es el estándar más adoptado en el mundo, lo que permite el desarrollo de equipos más rápidamente y a menor costo. Un aspecto importante que se tuvo en cuenta para la elección del estándar radica en los subsidios económicos ofrecidos por la Unión Europea, quien firmó un convenio de financiación en Bruselas por el orden de los ocho millones de euros, para asistencia técnica, administrativas y equipos.

Para destacar dentro de este estudio, es que aunque la TDT es un servicio que ofrece muchas ventajas en relación a la calidad de la imagen y que además es gratuito, más allá de esto no ofrece opciones radicales al usuario, teniendo en cuenta que el televidente más que verificar dicha calidad, está interesado en el contenido mismo de la oferta audiovisual, la cual se encuentra limitada a los canales nacionales públicos y a los dos canales nacionales privados, quienes ofrecen la misma programación que se transmite de manera análoga. Además, el cambio a la televisión digital obliga a aquellos usuarios que quieran recibirla, a adquirir el decodificador o cambiar de televisor, en caso de que el que posee no sea compatible con el estándar DVB-T2, y no se ha definido si por parte del Estado Colombiano se darán subsidios para la adquisición de dichos equipos.

El proceso de transición por parte del operador público nacional tiene un retraso importante en términos de la implementación de los equipos y sistemas de transmisión para la prestación del servicio de TDT, ANTV ha sido necesario modificar los planes de cobertura propuestos por CNTV, dado que los procesos de licitación no se han cumplido satisfactoriamente.

Elaborado por:	MARTHA MEDINA MENDOZA
Revisado por:	ING. RICARDO CESAR GOMEZ

Fecha de elaboración del Resumen:	24	01	2014
--	----	----	------

CONTENIDO

RESUMEN	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivo General	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 ANTECEDENTES	17
2. TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE	20
2.1 VENTAJAS DE LA TDT	20
2.1.1 Aprovechamiento del Espectro Radioeléctrico	20
2.1.2 Rendimiento de Audio y Video	22
2.1.3 Nuevos Servicios	23
2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA TDT	23
2.2.1 Codificación y Compresión de Audio y Video	25
2.2.2 Servicio Multiplex y Transporte	26
2.2.3 Sistemas de Transmisión RF	28
2.2.3.1 Distribución de Portadoras	29
2.2.3.2 Protección frente a ecos	30
2.3 REDES DE DIFUSIÓN	31
2.3.1 Principio de funcionamiento de una SFN	33
2.4 ESTÁNDARES DE TDT EN EL MUNDO	34
2.4.1 ATSC- <i>Advanced Television System Committee</i>	34
2.4.2 ISDB-T: <i>Integrated Services Digital Broadcasting</i>	35
2.4.3 DTMB: <i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast</i>	36
2.4.4 DVB-T: <i>Digital Video Broadcasting- Terrestrial</i>	36
2.4.5 Comparación entre estándares.....	36

3. ESTANDAR NTSC y ESTANDAR DVB-T	38
3.1 ESTANDAR NTSC	38
3.1.1 Portadoras y Canales para la televisión análoga	39
3.1.2 Señal de Video	40
3.1.3 Señal de Audio	41
3.2 ESTANDAR DVB-T	42
3.2.1 Modulación CODFM	44
3.3 LA SEGUNDA GENERACIÓN DVB-T2	45
3.4 COMPARACIÓN NTSC vs DVB-T	46
4. PROCESO DE ADOPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA	49
4.1 NORMATIVIDAD	49
4.1.1 Avances del proyecto TDT	51
4.1.1.1 Adjudicaciones	51
4.1.1.2 Foros	52
4.1.1.3 Cobertura	53
4.2 RECEPCIÓN DE LA SEÑAL	55
4.2.1 Receptores	55
4.2.2 Divulgación e Información	58
4.3 CANALES PRIVADOS	60
4.3.1 Cobertura	61
4.3.2 Oferta de contenidos	61
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFIA	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asignación de frecuencias para televisión	22
Tabla 2. Información contenida en el servicio Multiplex.....	27
Tabla 3. Longitud del intervalo de guarda para modo 2K, 8K y distancia entre transmisores, para un canal de 6MHz	33
Tabla 4. Comparación entre estándares para la TDT	37
Tabla 5. Canales y frecuencias para la televisión análoga	39
Tabla 6. Período útil de un símbolo	43
Tabla 7. Condiciones de Ortogonalidad.....	44
Tabla 8. Parámetros para el estándar DVB-T Y DVB-T2.....	46
Tabla 9. Televisión Análoga, Televisión Digital	47
Tabla 10. Cobertura poblacional por parte operador público, Acuerdo 002	50
Tabla 11. Cobertura Poblacional por parte operador público, Modificación por ANTV	51
Tabla 12. Cobertura Poblacional por parte operador público, Nuevo plan de cobertura de ANTV	52
Tabla 13. Cobertura Televisión Análoga- Televisión Digital. Colombia	53
Tabla 13a. Continuación Cobertura Televisión Análoga- Televisión Digital. Colombia	54
Tabla 14. Ficha Técnica Encuesta.....	59
Tabla 15. Canales para TDT.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Correspondencia al cambio a la TDT	18
Figura 2. Distribución de Regiones en el mundo para la atribución de bandas de frecuencia	23
Figura 3. Modelo de Televisión Digital Terrestre.....	24
Figura 4. Paquete de información para transmitir	28
Figura 5. Intervalo de guarda	30
Figura 6. Esquema de dos trayectorias	30
Figura 7. Trayectoria con retardo dentro del intervalo de guarda	31
Figura 8. Red de Frecuencia Única	32
Figura 9. Distribución de estándares de TDT en el mundo para el 2.013	35
Figura 10. Distribución de señales dentro de un canal de 6MHz	40
Figura 11. Forma de Onda de las barras de color	41
Figura 12. Señal de audio	42
Figura 13. Proceso de modulación COFDM	44
Figura 14. Señales Ortogonales	45
Figura 15. Foto de Televisor el cuál no sirve para DVB-T2	57
Figura 16. Estadística de la encuesta realizada sobre la TDT	59
Figura 17. Cobertura Canales Privados	62

RESUMEN

Desde el desarrollo de la televisión hasta estos tiempos, más de 80 años, este medio ha tenido grandes transformaciones generadas por las necesidades o requerimientos de los televidentes en términos de calidad y rendimiento, además de convertirse en la fuente de información de preferencia de la mayoría de las personas. Dentro de estos cambios se pueden destacar dos de gran importancia, el paso de la televisión monocromática a la televisión a color y la transición de la televisión análoga a la televisión digital, siendo esta última objeto de grandes modificaciones en términos de infraestructura tanto en la transmisión como en la recepción, así como con la normatividad de su ejecución y los estándares que pretenden dar las pautas para su desarrollo.

La televisión digital no es un concepto nuevo, pues para los años ochenta ya se pensaba en la digitalización de la señal, dando como resultado el desarrollo de la norma CCIR-601¹, donde se involucraron una serie de parámetros técnicos para tal objetivo, algunos dentro los cuales se encuentran la relación de aspecto, la codificación digital o las frecuencias de muestreo. Sin embargo hasta finales del siglo XX esta iniciativa empieza a tomar un desarrollo importante, específicamente en Europa, donde países como Suecia y Alemania, proponen realizar un seguimiento a los desarrollos realizados en relación al tema, teniendo en cuenta aquellos agentes que participan en la producción de la televisión como operadores o fabricantes. Para el año de 1.993 se firma el documento “*Memorandum of Understanding*” que da como resultado la creación del proyecto DVB “*Digital Video Broadcasting*” [31]

Este proyecto ha revisado una serie de estándares que permiten dar pautas en relación a cómo se transmite la televisión digital, sea por satélite, cable o terrestre. Dentro de este último modo de transmisión existen además otros

¹Primera norma relacionada con la televisión digital, emitida por el Comité Consultivo Internacional para la Radiodifusión.

estándares desarrollados por países como Estados Unidos , Japón o Brasil, aunque la Televisión Digital Terrestre (TDT) ha sido una de las últimas en desarrollarse, dado que los otros tipos de televisión digital, han evolucionado más rápidamente gracias a las inversiones económicas de operadores privados quienes ofrecen dicho servicio.

El proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital en Colombia, inicia en el año 2010, cuando mediante el acuerdo 008 la CNTV-Comisión Nacional de Televisión² acoge para Colombia el estándar DVB-T³ desarrollado en Europa, sin embargo un año después mediante el acuerdo 004 del año 2011 se realiza el ajuste de pasar al estándar DVB-T2. Estos acuerdos especificaron dos fechas importantes, la primera es que hasta el año 2014 se debe transmitir bajo las características del estándar DVB-T y ajustarse completamente al estándar DVB-T2. La segunda fecha es que para el año 2019 se debe haber terminado el proceso de transición, lo que exige que para tal fecha los operadores tanto públicos como privados deben garantizar la transmisión de señales digitales de televisión en todo el territorio nacional y dejar de transmitir la señal análoga, a lo que se le ha llamado el Apagón Análogo.

Todo este proceso requiere de una serie de ajustes y cambios, tanto en la manera de transmitir como recibir la señal, cambios que son base de este trabajo denominado “ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN DE LA TELEVISIÓN ANÁLOGA A LA TELEVISIÓN DIGITAL EN COLOMBIA”.

² CNTV- Comisión Nacional de Televisión. Esta entidad inició el proceso de liquidación desde el año 2.012. Actualmente como entidad encargada se encuentra la AVTV- Autoridad Nacional de Televisión.

³ DVB-T- Digital Video Broadcasting- Terrestrial

1. INTRODUCCION

El contenido del presente documento recopila el proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital que se ha llevado en Colombia, enmarcado dentro de aspectos importantes como las características de la televisión análoga y la televisión digital, normatividad emitida para este proceso desde la Comisión Nacional de Televisión ahora Autoridad Nacional de Televisión, lo que encierra el objetivo general del proyecto.

La información que se encuentra aquí registrada está enfocada a tres campos específicos; lo académico, pues se encuentran aquellos aspectos técnicos relacionados con el tratamiento de las señales como la modulación, codificación y transmisión, entre otros. Lo normativo, el lector podrá relacionar acuerdos emitidos desde el Gobierno Nacional en relación que han sido la base para el proceso de transición, y por último un enfoque social, pues presenta el impacto que tiene este proceso para el televidente o usuario final, campos que corresponden a cada uno de los objetivos específicos.

El trabajo está desarrollado en tres capítulos, TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE, el cual contempla características, funcionamiento, redes de frecuencia única y los estándares desarrollados para su implementación. ESTANDAR NTSC Y ESTANDAR DVB-T, estos dos estándares corresponden a los utilizados para la televisión análoga y la televisión digital respectivamente, se realiza la descripción de cada uno de ellos, así como la comparación entre estos. El último capítulo denominado PROCESO DE ADOPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA, enmarca las normas, procesos y análisis en términos de cobertura, tiempos de ejecución, comercialización de receptores y decodificadores, entre otros aspectos.

Con el desarrollo de la anterior temática entonces, se quiere mostrar un panorama general de la situación actual en Colombia en camino al Apagón Análogo proyectado para el año 2019.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que es un hecho la transición del sistema análogo al sistema digital en la televisión terrestre, cada país debe adoptar un estándar que le permita realizar este proceso, en el caso de Suramérica la mayoría de países han adoptado el estándar SBTVD-T , promocionado por Brasil, sin embargo la Comisión Nacional de Televisión (CNTV), (en liquidación), tomó la decisión de adoptar el estándar DVB-T, como norma para la Televisión Digital Terrestre (TDT) en Colombia, a partir de allí, tanto los canales institucionales como privados, han venido realizando cambios en su infraestructura técnica, procesos de producción y de transmisión. Al año siguiente, mediante el Acuerdo 008 la misma comisión actualiza el estándar de la TDT a DVB-T2, permitiéndoles a los concesionarios públicos y privados seguir con el estándar DVB-T por tres años más, lo que quiere decir que para el año 2014 todos los canales deben tener adoptada en su totalidad la norma DBV-T2, y para el año 2019 el sistema análogo debe dejar de funcionar completamente.

Sin embargo estos acuerdos permiten una serie de interpretaciones que han generado que la misma norma no se cumpla, por ejemplo el nivel de cobertura actual que ofrecen los canales es mínima, para el caso de Bogotá sólo en algunos sectores se logra recepcionar la señal digital. Por otro lado la oferta de los receptores no se ha hecho de la manera adecuada, en la mayoría de veces no se le indica al comprador si el televisor puede funcionar bajo el estándar elegido, y que además que los actuales receptores no servirán bajo el estándar DVB-T2 por lo que el usuario deberá adquirir un decodificador.

Este proceso de transición, que empezó desde el 2006, año en el cual se inició con la revisión de los diferentes estándares, no ha sido el mejor, pues aún existe una gran desinformación, no sólo sobre el estándar seleccionado, sino también sobre las ventajas de la televisión digital, la selección de los receptores por parte de los usuarios, o el tipo de antena que se puede utilizar para la recepción de la señal digital.

Frente a este hecho se hace necesario realizar un análisis de este proceso de transición y como se ha llevado a cabo su implementación en Colombia.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos a desarrollar en este proyecto son:

1.2.1 Objetivo General

Realizar el análisis sobre el proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital en Colombia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las características de la TDT.
- Realizar la comparación entre el sistema análogo y digital.
- Reconocer las normas que hacen parte del proceso de transición.
- Identificar las implicaciones que ha traído el proceso de transición.

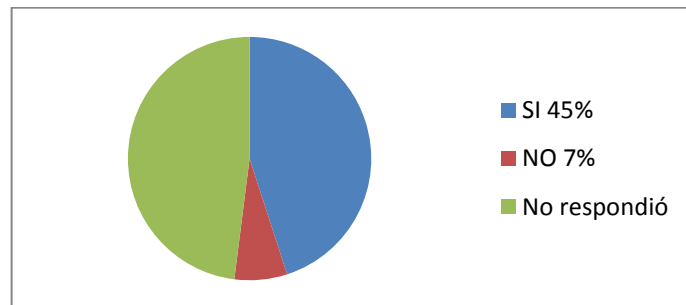
1.3 ANTECEDENTES

Los documentos relacionados con la televisión digital, en su mayoría están enfocados en la parte propiamente técnica y a la elección del estándar, sin embargo desde el Ministerio de Comunicaciones ahora Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, se desarrolló el documento

“Perspectivas del Desarrollo de la TDT en Colombia”. Este documento difundido en el 2008, muestra las conclusiones obtenidas de la encuesta realizada por Ipsos- Napoleón Franco contratado por la CNTV, algunas de las preguntas fueron:

- ¿Está de acuerdo con el cambio a la TDT?

Figura 1. Correspondencia al cambio a la TDT



Fuente: Datos obtenido de: Roldán J. “Perspectivas del Desarrollo de la TDT en Colombia”. Ministerio de Comunicaciones.

De acuerdo a la figura 1 se puede concluir que a pesar que un porcentaje alto de la población encuestada está de acuerdo con el cambio a la TDT, la mayoría representada por el 48% no respondió, lo que permite concluir que la desinformación respecto al tema es evidente.

- ¿Qué espera de la TDT?

A esta pregunta la población encuestada respondió que desea mejor calidad de la señal, más cobertura y más canales con mejor contenido, lo que se convierte en retos para los operados públicos y privados.

Esta encuesta ha servido como referente para observar si algún tipo de avance se ha realizado en los últimos cinco años, en relación a la divulgación de la TDT, la compra de nuevos equipos receptores, entre otros.

Por otro lado, documentos como “Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia” de la Comisión de Regulación de Comunicaciones de

Colombia y Estudios realizados por RTVC⁴, brindan un panorama del proceso de elección del estándar para la televisión digital en Colombia.

⁴ Radio y Televisión Colombiana

2. TELEVISION DIGITAL TERRESTRE

La TDT es la aplicación de técnicas digitales a la televisión que actualmente se produce y se emite de manera análoga, con nuevas técnicas de compresión, codificación y modulación, realizando la transmisión de la señal de manera inalámbrica por radiodifusión, lo cual permitirá que cualquier persona pueda recibir dicha señal de manera gratuita y en distintos equipos receptores. Por medio de este tipo de televisión se podrá ofrecer al televidente una mejor calidad en las imágenes y en el audio, así como oportunidades de manejar interactividad en relación a que el usuario podrá realizar programación de contenidos, elección del idioma, o aquellas en las que puede enviar datos al proveedor, como encuestas, sin embargo para estas aplicaciones sería necesario una conexión a Internet.

El desarrollo de esta clase de televisión, ha traído consigo una serie de ventajas dentro de las cuales se encuentran, mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, calidad en la recepción de la señal, mayor oferta de contenidos, así como la posibilidad no solo de transmitir la señal de video, sino también datos o varios canales de audio. Por otro lado con la asignación de los nuevos rangos de frecuencias para la televisión digital, se podrán liberar frecuencias que podrán ser utilizadas para otros tipos de servicios. [22]

2.1 VENTAJAS DE LA TDT

2.1.1 Aprovechamiento del Espectro Radioeléctrico

Las comunicaciones ha sido un campo que ha presentado un nivel de crecimiento importante, sobre todo aquellas relacionadas a las comunicaciones inalámbricas, por lo que el aprovechamiento del espectro radioeléctrico se hace necesario.

Una de las grandes ventajas que trae la televisión digital, es el aprovechamiento que se le da al espectro, pues sobre un solo canal de 6MHz, para el caso de

Colombia, un operador puede transmitir varios contenidos simultáneamente, lo que no era posible en la televisión análoga.

Por ejemplo en la actualidad el canal RCN, transmite simultáneamente la señal análoga y digital, sin embargo en sus transmisiones digitales presenta dos canales, RCN HD y NTN 24.

El número de canales que se deseen transmitir por este ancho de banda depende de la calidad que se desee para cada uno de estos, pues si se realiza un nivel de compresión alto, se podrán obtener más canales, pero la calidad del video decodificado se verá afectada.

Con el proceso de la implementación de la TDT, se realiza la reasignación del espectro, liberando frecuencias que eran utilizadas para la televisión análoga y que podrán ser utilizadas para la aplicación de nuevos servicios de telecomunicaciones. El espacio liberado es llamado “Dividendo Digital”, el cual se encuentra entre el rango de frecuencias de 698 MHz y 806MHz, liberando una banda de 108MHz [16]. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), bajo la Resolución 224 CMR-07, recomienda que el espacio liberado se asigne para Telecomunicaciones Móviles, radiocomunicaciones de protección pública y operaciones de socorro.

En la tabla 1 se encuentran las frecuencias asignadas para televisión de acuerdo al documento “Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia” del 2.013, publicado por la Agencia Nacional del Espectro (ANE). Para estas asignaciones se tiene en cuenta la región en la que se encuentra cada país, para el caso de Colombia se toma como referencia las región 2, correspondientes al continente americano como se muestra en la figura 2.

Tabla 1. Asignación de frecuencias para televisión

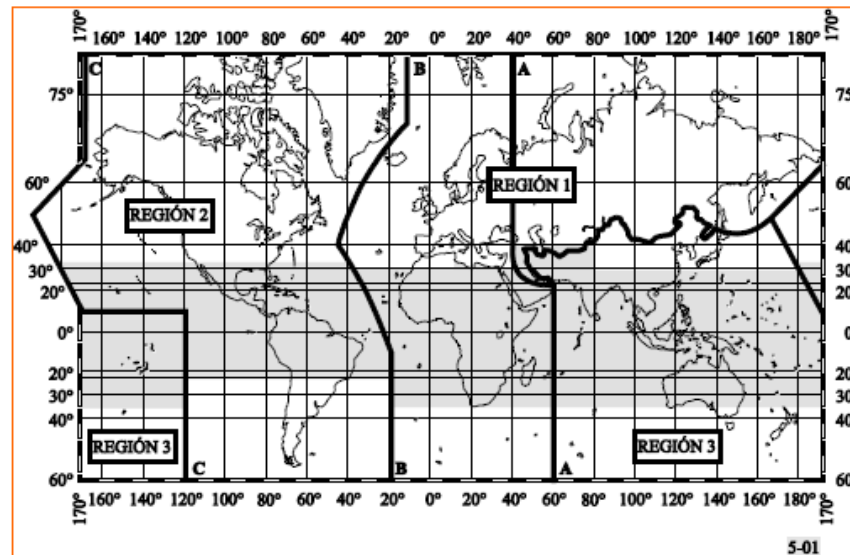
Frecuencia (MHz)	Colombia	Región 2
54-72	Radiodifusión Televisión	Radiodifusión Fijo y Móvil
76-88		
174-216		
470-608		
614-698		
Fuente. ANE. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia. 2.013. 47-58p		

2.1.2 Rendimiento de Audio y Video

Con la TDT se pueden obtener mayor calidad de imagen, dado que el sistema de distribución de la señal le permite al usuario visualizar una señal mucho más fiel a la que se emite⁵, es decir la señal no se degrada en su recorrido, manteniendo la calidad con la cual fue producida, pues como resultado de la digitalización se obtiene una señal robusta, la cual además de ser menos afectada por las interferencias, permite realizar técnicas de corrección de errores, sin embargo, cuando la transmisión tiene niveles altos de interferencia, no se visualiza algún tipo de imagen, a diferencia de la televisión analógica que siempre se obtiene información. Otro avance en la mejora de la calidad de la señal se encuentra en la relación de aspecto de la señal, que se presente en formato 16:9, lo que representa más información para ser visualizada. En relación al audio, la calidad ha sido notablemente mejorada acercándose a la calidad de CD o DVD, además que permite la opción de insertar el audio en varios idiomas.

⁵ En la televisión digital se utiliza la modulación CODFDM, que permite distribuir la información entre miles de portadoras, entre cinco mil y seis mil, por lo que si un grupo de ellas se ve afectada por la interferencia propia del medio ambiente, todavía hay un porcentaje alto que lleva la información.

Figura 2. Distribución de Regiones en el mundo para la atribución de bandas de frecuencia



Fuente: Ibíd., p. 29

2.1.3 Nuevos Servicios

De manera similar a los otros tipos de televisión digital, con la TDT, se podrán incluir opciones de interactividad, pues dado la naturaleza del sistema, además de audio y video se pueden incluir datos que le permiten al usuario realizar actividades de elección o de participación, es decir el proveedor del servicio puede incluir dentro de su programación opciones de encuestas o votaciones. Por otro lado se incluye la información del programa que se presenta, datos como fecha y hora, o la programación de un canal específico.

2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA TDT

Una red de Televisión Digital Terrestre utiliza el mismo medio de transmisión que la televisión análoga, y las antenas de UHF convencionales sirven para la

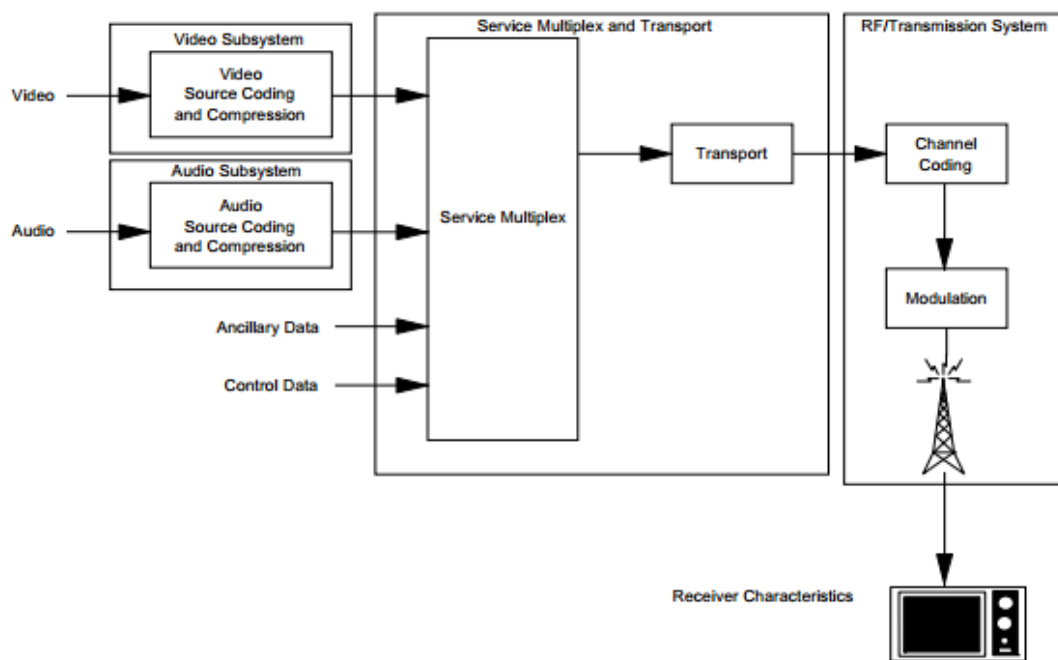
recepción de la señal. Sin embargo el tratamiento de la señal requiere de un procedimiento distinto.

En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques del modelo de televisión digital propuesto por UIT, el cual se puede describir en tres partes:

- Codificación y Compresión de Audio y Video
- Servicio de Multiplex y Transporte
- Sistemas de transmisión RF

De acuerdo al estándar de televisión digital que se adopte los parámetros utilizados en cada bloque pueden variar.

Figura 3. Modelo de Televisión Digital Terrestre



Fuente ATSC *Digital Television Standard, Part 1 – Digital Television System*, página 18.

2.2.1 Codificación y Compresión de Audio y Video

El propósito de la codificación y la compresión es minimizar el número de bits necesarios para representar la información de audio y video. En la televisión digital el método de compresión es MPEG-2 para el video y para el audio dependiendo del estándar acogido puede ser Dolby AC-3, MPEG-1, MPEG-2 o MPEG4.

Es importante tener en cuenta que en el proceso de compresión se pueden generar pérdidas irrecuperables que evitan reconstruir la imagen original de modo exacto, por tanto en el proceso de producción se debe trabajar con un margen de calidad que permita difundir una señal optima luego de la edición y la post-producción.

Los métodos de compresión de video pueden clasificarse en dos categorías, la primera en la cual se aprovecha la redundancia de la información para suprimir aquella que no es estrictamente necesaria, y la segunda en la que la compresión se realiza mediante la transformación de la señal empaquetándola en un mínimo de muestras. Por otro lado estas técnicas pueden además clasificarse en reversibles e irreversibles, siendo las últimas las más utilizadas dado que se logra un alto nivel de compresión [23].

Para determinar la calidad de la señal comprimida, se utilizan métricas de calidad de vídeo que pueden ser objetivas o subjetivas. Dentro de las métricas objetivas la PSNR – relación señal a ruido pico, es la más utilizada, la cual determina la diferencia entre la señal original y la señal decodificada en términos matemáticos, sin embargo este tipo de medición no especifica donde ha ocurrido la distorsión en caso de presentarse. Por otro lado las métricas subjetivas requieren de sesiones con usuarios que valoran la calidad de la imagen percibida en una escala de 1 a 5, son poco utilizadas por el tiempo y el costo que requieren dichas sesiones [3].

Una señal comprimida bajo el estándar MPEG-2 puede ocupar un ancho de banda de aproximadamente 1.5MHz, lo que permite enviar cuatro canales sobre un ancho de banda de 6MHz, que constituye una de las ventajas de la televisión digital. A pesar que el estándar MPEG-2 es utilizado en todos los estándares de la TDT, pueden no ser compatibles dado la diferencia en la codificación de audio y la modulación del canal.

2.2.2 Servicio Multiplex y Transporte

Un Multiplex contiene la información del servicio distribuida en dos componentes, el primero que contiene la información específica del programa (PSI) y la segunda, la información del servicio (SI), esto de acuerdo a la norma ETS 300 468. En la tabla 2 se encuentran relacionados los componentes de la información del servicio.

En la televisión digital esta información es transformada en paquetes de flujo, de video de audio y de datos. Estos paquetes en conjunto contienen toda la información que un operador desea transmitir sin embargo algunos paquetes pueden ser más frecuentes que otros, por ejemplo los paquetes de video y audio son más repetitivos que un paquete de datos, por tanto el uso de un multiplexor es necesario para elevar la eficiencia de la transmisión y aprovechar al máximo el ancho de banda.

Los paquetes de información tienen una longitud de 188 bytes, de los cuales 4 bytes son para la cabecera o *header* y 184 bytes para la carga útil o *payload*. La carga útil contiene el video, audio y los datos en general. La cabecera contiene la información más importante para la transmisión de los paquetes.

Tabla 2. Información contenida en el servicio Multiplex

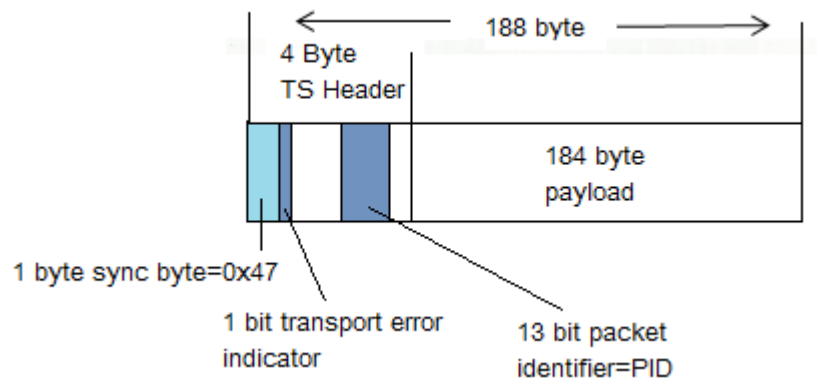
Componente	Información	Nombre	Descripción
PSI	PAT	<i>Program Association Table</i>	Contiene la información de PID ⁶ de la información PMT y NIT, así como el ID del flujo de transporte
	PMT	<i>Program Map Table</i>	Describe los componentes que lleva el servicio, así como los tipos de flujo.
	CAT	<i>Conditional Access Table</i>	Se incluye cuando se incluye algún servicio con acceso condicional.
SI	NIT	<i>Network Information Table</i>	Proporciona la información sobre la capa física de transporte.
	SDT	<i>Service Description Table</i>	Describe la información del servicio, como el nombre y el proveedor. Es necesaria para la sintonización en la recepción.
	EIT	<i>Event Information Table</i>	Se encuentra la información de los contenidos, hora y duración, tipo de contenido.
	TDT	<i>Time and Date Table</i>	Fecha y Hora del sistema
Fuente: RUIZ COLL, Damián. Diseño y Planificación de Redes TDT- DVB-T. ACIEM. Bogotá. 2.010			

En la figura 4 se encuentra la asignación de los cuatro bytes de la cabecera. El primero “*sync byte*” asignado para la sincronización, el cual siempre tiene un valor de 47_{hex} . De acuerdo al estándar MPEG, la sincronización con el decodificador se lleva a cabo luego de recibir cinco paquetes de información. Otro componente importante de la cabecera es *packet identifier* o PID, el cual tiene una longitud de 13 bits y describe el contenido de la carga útil del paquete. Por último se encuentra un bit como indicador de error, que permite realizar una posible

⁶ *Packet Identifier*

corrección de errores en caso de haberse presentado en la transmisión. En la televisión digital se utiliza el código *Reed Solomon* para realizar la corrección de errores, el cual adiciona entre 16 y 20 bytes al paquete de transmisión [18].

Figura 4. Paquete de información para transmitir



Fuente: FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: The MPEG-2 Transport Stream Packet. 3ra Edición. München : Springer. 2.010 ISBN 978-3-642-11611-7. 38p.

2.2.3 Sistemas de Transmisión RF

Tal como se muestra en la figura 4, este bloque hace referencia a la codificación del canal y a la modulación. La codificación toma el flujo de datos e inserta información adicional que permite al receptor reconstruir la señal original dado que esta sufre un nivel de degradación en el proceso de transmisión. La modulación (capa física) utiliza la información de flujo de datos para modular la señal a transmitir.

A diferencia de la modulación analógica, donde se transmite la señal sobre una única portadora, en la modulación digital el proceso se realiza sobre miles de subportadoras con protección de errores. Los métodos conocidos desde hace más de tres décadas son:

- *Coded Orthogonal frequency division multiplexing* (COFDM)

- *Discrete multitone (DTM)*

Estos métodos son usados en:

- *Digital Audio Broadcasting – DAB*
- *Digital Video Broadcasting – DVB-T,DVB-T2*
- *Asymmetrical Digital Subscriber Lines – ADSL*
- *Transmission of data signals via power lines.*
- *Integrated Services Digital Broadcasting - ISDB-T*
- *Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting- DTMB*

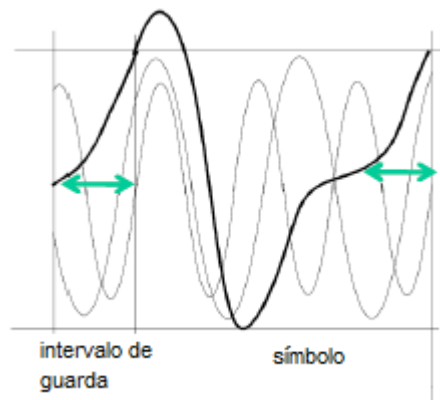
En una transmisión digital terrestre se pueden presentar varias interferencias generadas por las características propias del medio, dentro de las cuales están el eco producido por edificios, montañas o árboles, ruido Gaussiano, efecto Doppler, entre otras, el objetivo de la modulación digital es entonces disminuir al máximo estos efectos, mediante dos procedimientos: distribución de portadoras y protección frente ecos.

2.2.3.1 Distribución de Portadoras: La información es distribuida en un número elevado de portadoras, de las cuales un número muy reducido se ve afectado por dichas distorsiones. En la trama de transporte no todas las portadoras llevan la información, también se transmiten otros tres tipos de portadoras:

- Portadoras Piloto Continuas: Permiten sincronizar el receptor en frecuencia y fase. Estas portadoras se transmiten 5dBs mayor que las portadoras de datos.
- Portadoras Piloto Dispersas: Permiten llevar a cabo en el receptor una ecualización del canal en módulo y fase.
- Portadoras TPS – *Transmission Parameter Signals*: Incluye información del modo de transmisión utilizado, lo que permite la sintonización automática de los receptores. [31]

2.2.3.2 Protección frente a ecos: El objetivo es minimizar la interferencia intersímbolo que se presenta por la propagación multitrayectoria, para esto el modulador añade un intervalo de guarda proporcional al período del símbolo (T_u) a transmitir. En la figura 5 se observa el intervalo de guarda el cual se añade al inicio y al final del símbolo.

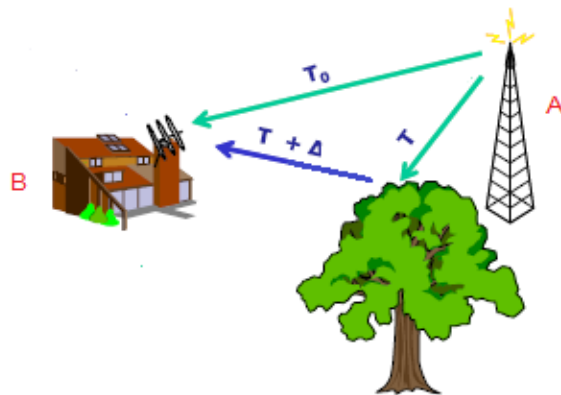
Figura 5. Intervalo de guarda



Fuente: RUIZ COLL, Damián. Diseño y Planificación de Redes TDT- DVB-T. ACIEM. Bogotá. 2.010

Este intervalo de guarda permite descartar los ecos que se generan por la multitrayectoria y que puedan interferir en la reconstrucción de la señal original.

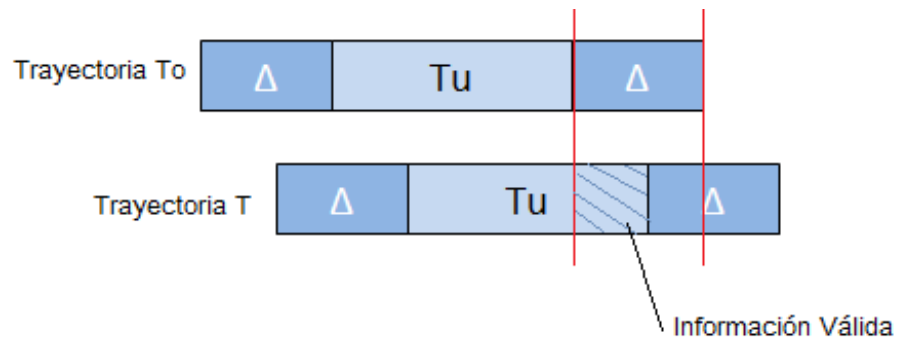
Figura 6. Esquema de dos trayectorias.



Una señal que es transmitida desde el punto A hasta el punto B toma dos posibles trayectorias, como se muestra en la figura 6. El receptor puede interpretar la información recibida de la siguiente manera:

- Los ecos que lleguen con un retardo inferior al intervalo de guarda serán constructivos y permitirán reconstruir la señal original.

Figura 7. Trayectoria con retardo dentro del intervalo de guarda



- Los ecos que lleguen fuera del intervalo de guarda provocarán interferencia impidiendo recuperar la señal original, por tanto estas señales se descartan.

2.3 REDES DE DIFUSION

Para la difusión de la señal en la TDT, bajo el estándar DVB-T es permitido el uso de redes de frecuencia única.

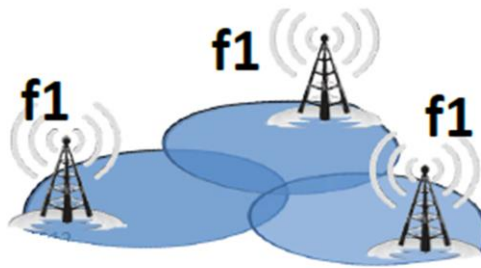
Una red de frecuencia única o SFN⁷ por sus siglas en inglés, es un conjunto de transmisores los cuales operan en la misma frecuencia, radiando la misma señal y

⁷ Single Frequency Network

en completa sincronía entre ellos gracias a la señal de GPS⁸ disponibles alrededor del mundo. Este tipo de redes se distinguen por ciertas ventajas como:

- Mayor área de cobertura con menor potencia de emisión en los transmisores.
- Alta eficiencia en ahorro de espectro radioeléctrico.
- Mejor señal en la recepción.
- Redes sencillas y de fácil instalación.

Figura 8. Red de Frecuencia Única



Fuente: Diplomado en Televisión Digital, Transmisión TV Digital Terrestre, 2.012

Dado que dentro de la red se transmite la misma señal a la misma frecuencia, es necesario cumplir con algunos requerimientos en relación a la máxima distancia entre cada uno de los transmisores (Tabla 3). Esta distancia está relacionada con la longitud del intervalo de guarda y el modo de transmisión que dan los parámetros para determinar cuando la señal recibida corresponde a ruido o no, como se mencionó en la sección 2.2.3.2. De acuerdo a la norma TR 101 190 la distancia entre dos transmisores debe ser menor al producto entre la velocidad de la luz (c)⁹ y el intervalo de guarda, con el fin de que evitar interferencia inter-símbolos.

⁸ Global Positioning System

⁹ La velocidad de la luz es igual 299.792.458m/s

En las redes de frecuencia única, el diseño es relativamente sencillo dado que en su mayoría están enfocadas para uso regional por tanto el número de transmisores es pequeño, sin embargo se debe tener cuidado en relación a la calibración de la red, dado que el umbral de operación libre de errores está formado por las mismas condiciones que para el ruido, por tanto no es la máxima potencia que se requiera si no la elección de la correcta.

Tabla 3. Longitud del intervalo de guarda para modo 2K, 8K y distancia entre transmisores, para un canal de 6MHz.

Modo ¹⁰	Duración del Símbolo μ s	Intervalo de Guarda	Intervalo de Guarda μ s	Distancia Transmisor km
2K	299	$\frac{1}{4}$	75	22.4
2K	299	1/8	37	11.2
2K	299	1/16	19	5.6
2K	299	1/32	9	2.8
8K	1195	$\frac{1}{4}$	299	89.5
8K	1195	1/8	149	44.8
8K	1195	1/16	75	22.4
8K	1995	1/32	37	11.2
Fuente: FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: The MPEG-2 Transport Stream Packet. 3ra Edición. München: Springer. 2.010 ISBN 978-3-642-11611-7. 408p.				

2.3.1 Principio de funcionamiento de una SFN

El principio de funcionamiento de una red de frecuencia única está basado en tomar las señales de los diversos transmisores como señal multitrayectoria, para esto es necesario que cada transmisor realice el proceso de modulación de

¹⁰ MODO, hace referencia al modo de transmisión que se puede utilizar, cuando es de 2k se utilizan 1.705 portadores y en el modo 8k el número de portadoras es igual a 6.817.

manera sincrónica, de tal manera que la señal logre llegar al receptor en el tiempo de guarda configurada permitiendo así, reconstruir la señal original.

Para lograr un nivel mínimo de interferencia es necesario configurar el intervalo de guarda de acuerdo a la distancia en que se encuentran cada uno de los transmisores que hacen parte de la red. Los receptores que se encuentran a las periferias, generalmente reciben señales fuera del intervalo de guarda, aumentando este nivel de interferencia, por lo que para reducir este efecto es necesario elegir los parámetros de modulación y los niveles de potencia de transmisión para que la red pueda operar en condiciones donde la interferencia se mantenga en niveles bajos. [20]

2.4 ESTANDARES DE TDT EN EL MUNDO

Cuando un país inicia el proceso de transición de la televisión análoga a la televisión digital, es necesario que adopte un estándar que le brinde las pautas para su ejecución, de acuerdo a los requerimientos propios de cada contexto. En la actualidad cuatro son los estándares presentes en todo el mundo desarrollados por Estados Unidos (ATSC), China (DTMB), Japón (ISDB-T) y Europa (DVB-T y DVB-T2).

En la figura 10 se presenta la distribución de estos estándares para el año 2013, donde la mayoría de países han adoptado un estándar o están en proceso de estudio.

2.4.1 ATSC: *Advanced Television System Committee*

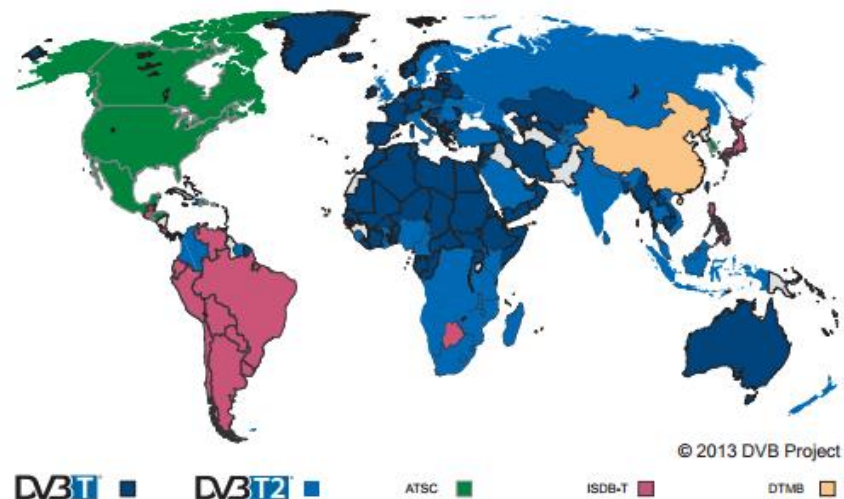
Fundado en 1982 por diversas organizaciones norteamericanas como la IEEE, NCTA y EIA¹¹ entre otros. Este comité es una organización internacional que

¹¹ IEEE- Institute of Electrical and Electronic Engineers
NCTA – National Cable Telecommunications Association
EIA- Electronic Industries Association

desarrolla estándares para televisión digital, específicamente está trabajando en diferentes focos de la televisión digital como sistemas interactivos y el ancho de banda de comunicaciones multimedia. (www.atsc.org)

Este estándar incluye la televisión digital de alta definición, televisión de definición estándar, transmisión de datos, sonido surround, transmisión satelital. Ha sido adoptado por Estados Unidos, México, Canadá, Corea del Sur, Honduras y El Salvador, sin embargo este último está estudiando una posible migración al estándar DVB-T.¹²

Figura 9. Distribución de estándares de TDT en el mundo para el 2013



Fuente: www.dvb.org/worldwide

2.4.2 ISDB-T: *Integrated Services Digital Broadcasting*

Este estándar desarrollado en Japón, ha mantenido un desempeño muy alto en la transmisión de televisión digital, sin embargo su divulgación ha sido tardía por tanto ha sido poco adoptado por otros países. Una de sus grandes ventajas es el

¹² De acuerdo a una publicación en la página de STNews *Signals Telecom*, el 11 de Marzo del 2013, El Salvador está se encuentra en proceso de migración al estándar DVB-T, el cual podría durar aproximadamente tres años.

servicio de portabilidad y movilidad, reflejado en el servicio One- Seg que permite la recepción móvil.¹³

Brasil acogió y modificó este estándar japonés, el cual ha sido adoptado por los países suramericanos (a excepción de Colombia) y algunos de América Central como Nicaragua y Guatemala.

2.4.3 DTMB: *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*

Este estándar fue oficialmente implementado en China en el 2.006, como fruto del desarrollo de universidades chinas. Es el estándar menos acogido a nivel mundial, junto a China se encuentra Hong Kong y Macao. En el 2.013 Cuba decidió adoptar este estándar para la difusión de la televisión digital terrestre en la isla.¹⁴

2.4.4 DVB-T: *Digital Video Broadcasting- Terrestrial*

Este estándar desarrollado en Europa por el grupo DVB está enmarcado por la normatividad emitida por el grupo ETSI- *European Telecommunications Standards Institute* y es el más complejo de todos los estándares dados retos frente la relación ruido – medio ambiente. Es el único estándar que ha desarrollado una segunda generación, la cual busca mayor movilidad e interactividad.

El estándar europeo ha sido el más acogido en Asia, África y Europa, mientras que Colombia y Panamá han sido los únicos países latinoamericanos en adoptarlo.

2.4.5 Comparación entre estándares

Los diferentes estándares se pueden comparar en términos de capacidad y cobertura. Algunos de los aspectos más relevantes de cada uno de estos estándares se muestran en la tabla 4.

¹³ www.dibeg.org

¹⁴ De acuerdo a la publicación en www.panoramaaudiovisual.com Cuba acoge el estándar Chino. Visto el 12 de agosto 2.013

Tabla 4. Comparación entre estándares para la TDT

Tecnología	ATSC	ISDB-T	DTMB	DVB-T
Compresión de Audio	Dolby- AC3	MPEG-2	MPEG-2 y AVS	MPEG -1 Y 2
Compresión de Video	MPEG -2	MPEG -2	MPEG-4	MPEG -2 y 4
Modulación	8-VSB , 16-VSB	BST-COFDM. OFDM segmentada en frecuencia.	TDS-OFDM	COFDM
Características generales	Considerado como el peor estándar en términos técnicos.	Mejor rendimiento en movilidad	Mejor estándar de TDT de primera generación	Es el primer sistema de telecomunicaciones en utilizar COFDM, es la única de segunda generación
Fuente: BARQUERO, D. Transmisión TV Digital Terrestre. Diplomado en Televisión Digital. Universidad Santo Tomás. 2012.				

3. ESTANDAR NTSC y ESTANDAR DVB-T

En 1954 es inaugurado el servicio de televisión en Colombia prestado por el Estado bajo el poder del General Gustavo Rojas Pinilla. Durante las dos primeras décadas la televisión tuvo un proceso de ajuste, desde la creación de nuevos canales y la transmisión de señales a distancias cada vez más lejanas. Para 1974 bajo el decreto 2811 de 1973 se fijaron las normas para la televisión a color adoptando el estándar norteamericano NTSC- *National Television System Committe*, decisión que estuvo influenciada más por el número de televisores importados informalmente desde Estados Unidos, que por aspectos técnicos, dado que muchos ingenieros consideraban que el estándar alemán PAL- *Phase Alternating Line* era el más adecuado por las condiciones geográficas del país. [7]

En el año 2006 se inicia el proceso para realizar la transición de la televisión análoga a la televisión digital, con una serie de estudios de los estándares desarrollados para tal proceso, con el fin de realizar la mejor selección. En el 2010 se acoge el estándar europeo DVB-T y en el 2011 se adopta la segunda generación, DVB-T2.

A continuación se presentan las características de cada uno de los estándares NTSC y DVB-T para la televisión análoga y la televisión digital respectivamente, así como la comparación entre estos.

3.1 ESTANDAR NTSC

Los arreglos para la transmisión bajo el estándar NTSC fueron definidos en el período comprendido entre 1941 y 1953, donde se establecieron parámetros como los canales para ser usados y el ancho de banda para la transmisión de la señal.

Este estándar define el formato para la transmisión de la información en la televisión análoga, la cual es radiada por aire en las bandas de VHF- *Very High Frequency* y UHF *Ultra High Frequency* .En el estándar NTSC se usa una combinación de modulación FM y AM, con subportadoras para ciertas partes de la señal, como la subportadora de color.

3.1.1 Portadoras y Canales para la televisión análoga

En la tabla 5 se encuentra registradas las frecuencias asignadas para la radiodifusión de televisión con sus respectivos canales.

Tabla 5. Canales y frecuencias para la televisión análoga

Banda	Frecuencia	Canales
VHF	54-216 MHz	2 al 13
UHF	470-806	14 al 69
Fuente: JONES G. A Broadcast Engineering Tutorial for Non-Engineers: NTSC Analog Television.3ra Edición. Focal Press. 2.005.p.223 ISBN-13:978-0-240-80700-3.		

Dentro de las frecuencias de VHF el rango entre 88 a 108 MHz están asignadas para la radiodifusión de radio FM. Por otro lado con el proceso de transición a la televisión digital los canales del 52 al 69 no podrán ser utilizados más para la difusión de señales de televisión análoga.

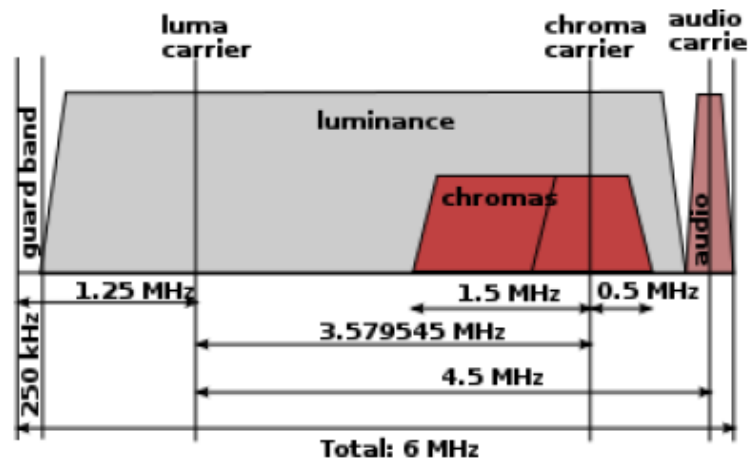
En el formato NTSC la información está dispuesta en un canal con ancho de banda de 6MHz distribuida en cuatro señales:

- Señal de Luminancia (Y): Contiene la información en blanco y negro. Ubicada en 1.25MHz
- Señal de Crominancia (C): Contiene la información del color. Ubicada en 3.58MHz
- Señal de Sincronía: verifica y ajusta las señales recibidas en el orden correcto

- Señal de audio. Ubicada en 4.5Mhz

El conjunto de estas señales es conocido como “señal de video compuesta”, al cual tiene la distribución que se muestra en la figura 10, dentro de un ancho de banda mencionado.

Figura10. Distribución de señales dentro de un canal de 6MHz

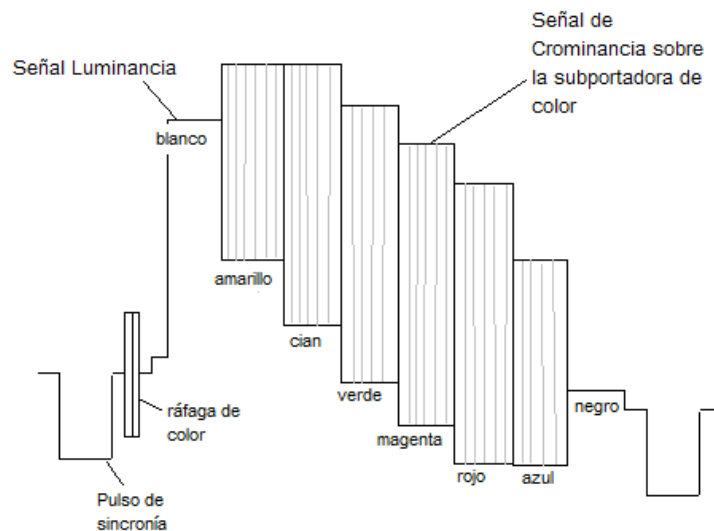


Fuente: BARQUERO, D. Transmisión TV Digital Terrestre. Diplomado en Televisión Digital. Universidad Santo Tomás. 2.012.

3.1.2 Señal de Video

En la producción de la señal de video, se generan tres señales correspondientes a los colores rojo, verde y azul, sin embargo transmitir las tres señales por separado sería de gran dificultad, por tanto el estándar NTSC propone que estas tres señales se combinen en proporciones correctas generando así la señal de Luminancia (Y). Por otro lado la señal de Crominancia es generada por la resta entre la señal de color y la señal de luminancia, llamada R-Y y B-Y, esta señal tiene un ancho de banda reducido dado que es posible transmitir la señal de color junto con la señal de blanco y negro. Aunque en el receptor se realiza el proceso para separar la Luminancia de la Crominancia, es posible que se pueda presentar interferencia entre estos, efecto que es conocido como *cross-color*.

Figura 11. Forma de Onda de las barras de color



Fuente: JONES G. A Broadcast Engineering Tutorial for Non- Engineers: NTSC Analog Television.3ra Edición. Focal Press. 2.005.p.41 ISBN-13:978-0-240-80700-3.

En la figura 11, se muestra las barras de color que se pueden ver en un monitor. Cada una de las barras tienen un nivel de luminancia y la señal de Crominancia lleva la información de color. El pulso de sincronía se ajusta al inicio de cada línea, seguido de la ráfaga de color, lo que permite al receptor decodificar la información de Crominancia. La señal de Crominancia es modulada usando QAM – *Quadrature Amplitude Modulation*, sobre una subportadora de Crominancia conocida también como subportadora de color.

3.1.3 Señal de Audio

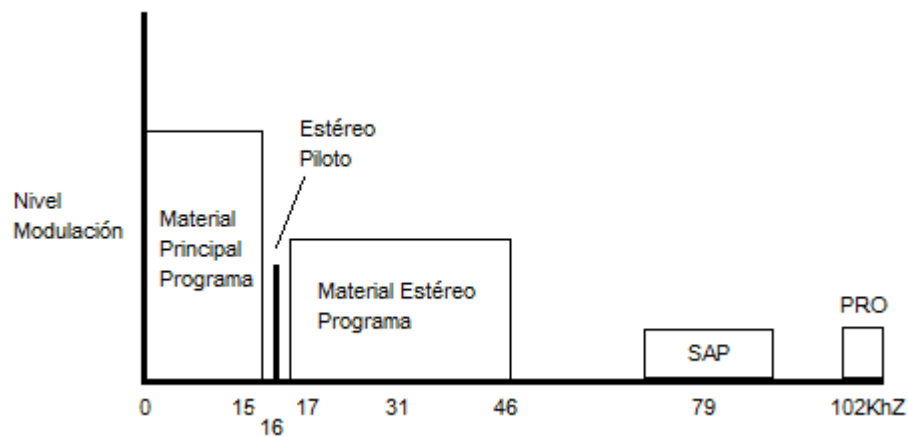
La señal de audio está modulada en frecuencia sobre una portadora de audio, ubicada al final del canal de televisión, indicado en la figura 11. La señal de banda base de audio puede incluir un canal de audio mono o subportadoras estéreo y servicios adicionales.

Dos estándares pueden ser utilizados en la subportadora de audio, SAP- *separate audio program* y PRO- *professional channel*. El estándar SAP es un canal de audio

mono que los operadores pueden utilizar para transmitir cualquier tipo de información de audio, como por ejemplo el audio en otro idioma. Por otro lado el estándar PRO, es utilizado para comunicaciones con estaciones remotas, por ejemplo el envío de noticias.

En la figura 12 se muestra la señal típica de audio en la televisión análoga.

Figura 12. Señal de audio



Fuente: JONES G. A Broadcast Engineering Tutorial for Non- Engineers: NTSC Analog Television.3ra Edición. Focal Press. 2.005.p.226 ISBN-13:978-0-240-80700-3.

3.2 ESTANDAR DVB-T

El estándar DVB-T ha sido desarrollado a finales del siglo XX, enmarcado en la norma ETS 300 744, la cual especifica la estructura de la trama, la codificación del canal y la modulación. Es uno de los más antiguos estándares para televisión digital y es el primero en utilizar la modulación COFDM – *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*. Permite además la implementación de redes de frecuencia única explicadas en la sección 2.3 con distancias hasta 60km. Dentro de sus características se encuentran la alta calidad de transmisión para receptores

fijos y móviles, uso eficiente del espectro de frecuencias, reducción de potencia para transmitir. [18]

Un canal bajo el estándar para la televisión digital DVB-T, puede manejar anchos de banda de 6MHz, 7MHz y 8 MHz, junto con dos diferentes modos de operación, 2k y 8k, los dos ofrecen la misma capacidad de operación, sin embargo el modo 2K permite velocidades alrededor de cuatro veces mayor, mientras que el modo 8K permite mayor distancias entre transmisores en una red de frecuencia única. El número de portadoras, período y ancho de banda en cada uno de los modos se muestra en la tabla 6.

Otros parámetros técnicos del estándar DVB-t son: [19]

- Esquemas de modulación: QPSK, 16-QAM, y 64-QAM
- Relaciones de codificación para protección de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8
- Intervalos de guarda: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32
- Capacidades de transmisión entre 3.732Mbps y 23.75Mbps para 6MHz
- Modulación jerárquica

Tabla 6. Período útil de un símbolo

CARACTERÍSTICA	MODO	
	2K	8K
Portadoras Utilizadas	1705	6817
Portadoras de Datos	1512	6048
Período útil de símbolo	224µs	896µs
Ancho de Banda	7.61MHz	7.61MHz
Fuente: Fuente: BARQUERO, D. Transmisión TV Digital Terrestre. Diplomado en Televisión Digital. Universidad Santo Tomás. 2.012.		

Antes de ser transmitida la señal esta debe ser sometida a proceso de comprensión, codificación y modulación con el fin de obtener una señal robusta e

inmune a las interferencias propias del ambiente. El proceso de compresión y codificación puede revisarse en la sección 2.2

3.2.1 Modulación CODFM

En la figura 13, se muestra el proceso de que se realiza cuando se aplica la modulación COFDM.

Figura 13. Proceso de modulación COFDM



Fuente: GIL F, MARÍN A, MORENO C y SIERRA J. Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín- Antioquia. En: Revista en Telecomunicaciones e Informática. Enero – Junio 2.011. vol 1. No. 1 p 31-48. ISSN 0120-131X

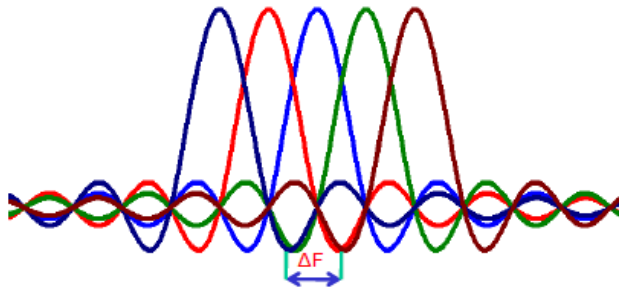
Este tipo de modulación se refiere al método el cual utiliza miles de subportadoras, ninguna interfiere a la otra dado que son ortogonales entre estas, lo que quiere decir que cada subportadora está distanciada de otra a un espacio equivalente al inverso del período del símbolo, como se muestra en la figura 14.

Las condiciones para que las señales sean ortogonales en el modo 2K y 8K, se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Condiciones de Ortogonalidad

MODO	2K	8K
No. de Subportadoras	2048	8192
Espacio entre subportadoras	4kHz	1kHz
Duración del símbolo	250µs	1ms
Fuente: FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: The MPEG-2 Transport Stream Packet. 3ra Edición. München :Springer. p 354. 2.010 ISBN 978-3-642-11611-7		

Figura14. Señales Ortogonales



Fuente: FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: The MPEG-2 Transport Stream Packet. 3ra Edición. München :Springer. p 354. 2.010 ISBN 978-3-642-11611-7

La información que será transmitida es distribuida sobre muchas subportadoras luego de haber adicionado la requerida protección de errores, dando como resultado el principio de la modulación COFDM. Cada una de estas subportadoras es un vector modulado que puede ser QPSK, 16QAM o 64QAM.

3.3 LA SEGUNDA GENERACIÓN DVB-T2

El estándar DVB-T2, es el primer estándar de segunda generación desarrollada en el mundo, adoptado por más de 47 países y empezó su oferta comercial en el año 2.009, Colombia adoptó este nuevo estándar en el año 2.011. Este proceso nace de la necesidad de ofrecer más servicios enfocados a la alta definición y servicios móviles, además nuevos desarrollos apuntan a la televisión en 3D.

A diferencia de la primera generación, la DVB-T2 ofrece mayores tamaños de los modos de IFFT, dentro de los cuales se encuentran 1K, 4K, 16K y 32K, además de ofrecer modulación en 256QAM junto con constelaciones rotadas y compresión MPEG-4 y H264. El objetivo de los modos 1K y 4K es aumentar la flexibilidad del sistema, mientras que con los modos 16K y 32K el objetivo es mejorar el rendimiento de las redes de frecuencia única.[4]

En la tabla 8, se presentan las diferencias entre el estándar DVB-T y DVB-T2

Tabla 8. Parámetros para el estándar DVB-T Y DVB-T2

	DVB-T2	DVB-T
Codificación	1/2,3/5,2/3,3/4,4/5,5/6	1/2,2/3,3/4,5/6,7/8
Constelación	QPSK,16QAM,64QAM,256QAM	QPSK,16QAM,64QAM
Intervalo de Guarda	1/4,19/256,1/8,19/128,1/16,1/32,1/128	1/4,1/8,1/16,1/32
Tamaño FFT	1K,2K,4K,8K,16K,32K	2K,8K
Ancho de banda	1.7,5,6,7,8,10MHz	5,6,7,8MHz
Fuente. BARQUERO,D y LOPEZ J. Planificación de redes DVB-T2 en Colombia. Curso DVB-T2, ACIEM. Marzo 2.012		

Otros avances con el estándar DVB-T2, se refieren a mejorar la protección frente a interferencias, lograr minimizar el nivel de potencia de transmisión y mantener o las mismas o menores densidades de picos de potencia.

Por otro lado en términos de infraestructura, se puede utilizar la existente como antenas, amplificadores y repetidores, sin embargo es necesario la adquisición de nuevos moduladores, *gateways*, equipos de monitoreo y actualización de los sistemas de distribución, esto para la transmisión, para la recepción, es necesario cambiar el receptor o adquirir el decodificador *set top box* que funcione bajo el estándar DVB-T2.

3.4 COMPARACIÓN NTSC vs DVB-T

El objetivo de esta parte del capítulo, es destacar las características más importantes de los dos tipos de tecnologías expuestas, analógica y digital, más allá de inclinarse por alguna de las dos.

La tabla 9 muestra las características de la televisión analógica y la televisión digital.

Tabla 9. Televisión Análoga, Televisión Digital.

TELEVISIÓN ANÁLOGA	TELEVISIÓN DIGITAL
Se puede recepcionar la señal de televisión de manera gratuita, contando sólo con la antena y el receptor.	Se puede recepcionar la señal de televisión de manera gratuita, sin embargo se debe tener en cuenta que además de la antena, si el equipo receptor no tiene integrado el decodificador, el usuario debe adquirirlo.
La señal es propensa a sufrir interferencias propias del medio, sin embargo en el equipo receptor siempre se visualiza algún tipo de señal aunque esta se encuentre degradada.	La señal es mucho más robusta, se puede aplicar corrección de errores, sin embargo cuando no se tiene un nivel aceptable, el equipo receptor no visualiza algún tipo de información.
Utiliza un ancho de banda de 6MHz, con la transmisión de un único canal, por lo que el espectro radioeléctrico es poco aprovechado.	Utiliza un ancho de banda de 6MHz con la transmisión de varios canales de video, audio y datos, por lo que el espectro radioeléctrico es mejor aprovechado, permitiendo la liberación de frecuencias.
Utiliza redes de frecuencia múltiple, por lo que necesita mayores niveles de potencia para la transmisión	Utiliza redes de frecuencia única, permitiendo reducir el nivel de potencia necesaria para las transmisiones.
Utiliza una relación de aspecto 4:3, reduciendo la información para ser visualizada.	Utiliza una relación de aspecto 16:9 ampliando la información para ser visualizada.
En la actualidad tiene una cobertura mayor al 90% del territorio nacional con canales nacionales y regionales.	En la actualidad se encuentra la transmisión de señales digitales en las principales ciudades del país, aún con una cobertura baja.
La señal se transmite sin algún tipo de tratamiento como codificación o multiplexado.	Antes de ser transmitida la señal se realiza procesos de codificación, compresión, multiplexado y protección de errores, lo que permite generar una señal más robusta.

Por otro lado es importante tener en cuenta que sin importar las semejanzas o diferencias que tengan estas tecnologías, o que bajo ciertos criterios técnicos o subjetivos, una tecnología sea mejor que otra, es necesario que el usuario final se conozca que el proceso de transición ya se encuentra en marcha, acercándose cada vez más al apagón análogo propuesto para el año 2019, proceso que se desarrolla en el siguiente capítulo.

4. PROCESO DE ADOPCIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA

A principios del siglo XXI, en el mundo se empiezan a dar los pasos hacia la transición de la televisión análoga a la televisión digital, Colombia no se ha quedado atrás y ya durante cinco años se han tomado decisiones sobre dicho proceso. Todo estos lineamientos, ha traído consigo una serie de transformaciones en el modo como se transmite la señal por parte de los operadores tanto públicos como privados, así como los equipos para la recepción de la señal.

En este capítulo se muestra la normatividad emitida por el Estado, los avances que se han tenido y por otro lado se muestra el proceso desde el punto de vista del usuario final o televidente.

4.1 NORMATIVIDAD

En el período comprendido entre el 2006 y el 2008, la Comisión Nacional de Televisión- CNTV, ahora Autoridad Nacional de Televisión- ANTV, junto con la participación de operadores públicos y privados, y el grupo ACIEM, inicia el estudio de tres estándares para la televisión digital, como son DVB-T, ISDB-T y ATSC en las ciudades de Bogotá, Pereira y Cartagena [30]. Parámetros como comportamiento técnico, impacto socio económico o propuestas de cooperación internacional, fueron tenidos en cuenta para la elección final del estándar.

Con el Acuerdo No. 008 del 22 de Diciembre del 2010 se adoptó para Colombia el estándar DVB-T, el cuál es el más favorable para la televisión colombiana según el estudio realizado. Sin embargo en el año 2011 bajo el Acuerdo 004 del 20 Diciembre de 2011, los artículos 1 y 17 del Acuerdo 008 fueron modificados,

adoptando el estándar DVB-T2, esto a raíz del desarrollo de la segunda generación del estándar seleccionado.

Tabla 10. Cobertura poblacional por parte operador público, Acuerdo 002

AÑO	% Cubrimiento Poblacional	%Acumulado
2012	49.88%	49.88%
2013	13.72%	63.60%
2014	10.15%	73.75%
2015	12.51%	86.26%
2016	3%	89.26%
2017	2%	91.26%
2018	1%	92.26%
TOTAL	92.26%	92.26%
Fuente: COLOMBIA. COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN. Acuerdo 002 (4, Abril, 2.012) Por medio del cual se establece y reglamenta la prestación del servicio público de televisión abierta radiodifundida digital terrestre –TDT-. Bogotá. 2.012. p9.		

Por otro lado con el Acuerdo 002 del 4 de Abril del 2012, se establecen los parámetros para la prestación del servicio público de televisión digital terrestre. Dentro de este acuerdo se destaca el plan de cobertura desde al año 2012 hasta el año 2019, como se muestra en la tabla 10.

La ANTV, consideró que tal plan de cobertura no era posible cumplir para el año 2012, como se menciona en el documento Modificación del artículo décimo primero del Acuerdo 002 del 2012:

“...aún cuando los procesos de contratación ya se han abierto y se adjudicarán al finalizar el año, la cobertura impuesta no podrá cumplirse y lo será por causas no imputables a nosotros...”

Por tanto esta entidad propuso un nuevo plan de cobertura, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Cobertura Poblacional por parte operador público, Modificación por ANTV

AÑO	% Cubrimiento Poblacional	%Acumulado
2013	63.60%	63.60%
2014	10.15%	73.75%
2015	12.51%	86.26%
2016	3%	89.26%
2017	2%	91.26%
2018	1%	92.26%
TOTAL	92.26%	92.26%
Fuente: COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE TELEVISIÓN. Modificación Artículo décimo primero del Acuerdo 002 del 2.012. Bogotá. 2.012. p10.		

El proceso de cobertura por parte de los operadores públicos, se ha visto retrasada entre otros aspectos por la declaración desierta de los procesos de selección pública No. 8 de 2012 y No. 9 de 2012, con los cuales se busca la adquisición, instalación y puesta en marcha de equipos, y los sistemas de transmisión para la televisión digital, por tanto nuevamente la ANTV propuso un nuevo plan de cobertura a partir del año 2014 (Tabla 12), el cual muestra un retraso importante en comparación al propuesto anteriormente

4.1.1 Avances del proyecto TDT

4.1.1.1 Adjudicaciones

A pesar que desde el año 2010 formalmente se inicia el proceso de transición a la TDT, desde el operador público como ya se mencionó, ha tenido graves retrasos, solamente desde el 2013 se han venido tomando decisiones en relación a la adjudicación de licitaciones para la prestación de dicho servicio,

Tabla 12. Cobertura Poblacional por parte operador público, Nuevo plan de cobertura de ANTV

AÑO	% Cubrimiento Poblacional total acumulado	%Acumulado
31 de diciembre 2014	49.48%	49.48%
31 de mayo 2015	14.12%	63.60%
31 de diciembre 2015	10.15%	73.75%
31 de diciembre 2016	12.51%	86.26%
31 de diciembre 2017	3%	89.26%
31 de diciembre 2018	3%	92.26%
TOTAL	92.26%	92.26%
Fuente: COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE TELEVISIÓN. Plan de cobertura en tecnología Digital por parte del Operador Público Nacional. Bogotá. 2.013. p18.		

En el 2013, Radio y Televisión Nacional de Colombia – RTVC, adjudicó a la empresa *Rohde & Schwarz Colombia* y *Rohde & Schwarz España* para desarrollar la primera fase de la red de la televisión digital para los canales públicos nacionales y regionales. Con esta decisión se pretende que para el segundo trimestre del 2014 la cobertura se llegue al 51.8% de la población nacional.

Por otro lado, en el mes de octubre de 2013 RTVC, publicó el proyecto para dar inicio a la segunda fase de la implementación de la TDT, que tiene por objetivo la adquisición, instalación y puesta en marcha de los sistemas de transmisión en siete estaciones de transmisión, con el fin de ampliar la cobertura en un 12.6%. Para tal proyecto se tiene un presupuesto estimado en \$ 11.038.668.000 [15] .

4.1.1.2 Foros

Al inicio del proceso de transición mediante la CNTV se inició un gran campaña promocionando las ventajas que traería la televisión digital, sin embargo esta

publicidad se dejó de emitir, en consecuencia del incumplimiento en términos de la adecuación técnica de la red, lo que trae como consecuencia poca cobertura nacional.

Con los nuevos propósitos para el año 2013, la ANTV inicia un nuevo ciclo de foros con el objetivo de informar y motivar a la población colombiana sobre los beneficios de la TDT [2]. A finales del 2013 se cumplieron encuentros en las ciudades de Pereira, Manizales, Cúcuta, Bogotá y Armenia.

4.1.1.3 Cobertura

RCTV transmite la TDT bajo el estándar DVB-T en las ciudades de Bogotá y Medellín, el propósito para el 2013 con el avance en las adjudicaciones se pretende actualizar 22 estaciones para transmitir bajo el estándar DVB-T2, con el objetivo de alcanzar el 68% de cobertura a finales del 2014 [8].

En la tabla 13, se encuentra registrado el porcentaje de cobertura para la televisión análoga y la televisión digital en el territorio nacional de los operadores públicos.

Tabla 13. Cobertura Televisión Análoga- Televisión Digital. Colombia¹⁵

DEPARTAMENTO	TELEVISION ANALOGA	TELEVISION DIGITAL
Amazonas	18.18%	0.00%
Antioquia	76.80%	1.52%
Arauca	42.86%	0.00%
Atlántico	100.00%	0.00%
Bogotá D.C	100.00%	60.00%
Fuente: Cobertura geográfica de señal. Televisión Digital para todos. Colombia. [Consultado el 15 de Enero de 2.014] http://tdt.sistemasenalcolombia.gov.co/cobertura-senal .		

¹⁵ El porcentaje de cobertura se refiere al total en el departamento, en las ciudades capitales el porcentaje es mayor.

Tabla 13a. Continuación Cobertura Televisión Análoga- Televisión Digital. Colombia

Bolívar	75.56%	0.00%
Boyacá	74.80%	1.63%
Caldas	81.48%	0.00%
Caquetá	93.75%	0.00%
Casanare	26.32%	0.00%
Cauca	80.49%	0.00%
Cesar	92.00%	0.00%
Chocó	61.29%	0.00%
Córdoba	67.86%	3.57%
Cundinamarca	68.97%	3.02%
Guainía	11.11%	0.00%
Guaviare	25.00%	0.00%
Huila	78.38%	0.00%
La Guajira	93.33%	0.00%
Magdalena	70.00%	0.00%
Meta	55.17%	0.00%
Nariño	75.00%	0.00%
Norte de Santander	80.00%	2.50%
Putumayo	84.62%	0.00%
Quindío	100.00%	0.00%
Risaralda	85.71%	0.00%
San Andrés	100%	0.00%
Santander	59.77%	0.00%
Sucre	61.54%	0.00%
Tolima	78.72%	0.00%
Valle del Cauca	95.24%	0.00%
Vaupés	16.67%	0.00%
Vichada	25.00%	0.00%
Fuente: Cobertura geográfica de señal. Televisión Digital para todos. Colombia. [Consultado el 15 de Enero de 2.014] http://tdt.sistemasenalcolombia.gov.co/cobertura-senal .		

4.2 RECEPCIÓN DE LA SEÑAL

4.2.1 Receptores

Para el usuario de la televisión, todo el proceso de transición prácticamente es transparente, pues para él, tanto el proceso normativo como técnico en relación a la producción o transmisión de la señal no es de gran relevancia, esto mientras pueda disfrutar de la señal de televisión. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las decisiones que sean tomadas por los diferentes entes, afectan directamente a este usuario, que para el caso, se verá afectado de ser necesario cambiar su equipo receptor o de adquirir un decodificador, claro, esto para los usuarios que no están inscritos a un servicio de suscripción por cable o satélite.

Cuando el usuario toma la decisión de adquirir un nuevo equipo receptor es necesario que se informe si dicho equipo cumple con los requerimientos para poder recibir la señal proveniente del sistema TDT, dado a que esto no está totalmente difundido, es obligación por tanto del vendedor brindar toda la información necesaria que le permita al usuario tomar la mejor decisión y que no se vea luego obligado nuevamente a realizar otra compra.

La Superintendencia de Industria y Comercio, los fabricantes, importadores y distribuidores, se encuentran obligados a informar a los usuarios sobre la funcionalidad de los televisores, para esto deben disponer de un medio de información para las dudas que puedan surgir sobre los equipos, así como en los puntos de venta fijar un aviso el cual debe contener la siguiente información (Circular 15):

“Para el televisor No compatible, se deberá señalar lo siguiente:

Este televisor NO es compatible con el estándar DVB-T2 (características estándar) adoptado para Televisión Digital Terrestre – TDT- en Colombia. Para poder recibir la señal de televisión abierta en Colombia y poder

acceder a la TDT deberá adquirir, por separado y con un costo adicional, un decodificador.

Conozca más sobre la TDT, sus condiciones, requisitos y alternativas, consultando las páginas web de la Autoridad Nacional de Televisión www.antv.gov.co y de la Superintendencia de Industria y Comercio www.sic.gov.co

Para el televisor que Si sea compatible, se deberá señalar lo siguiente:

Este televisor SI es compatible con el estándar DVB-T2 (características estándar) adoptado para Televisión Digital Terrestre – TDT en Colombia, por tanto puede recibir señal de televisión abierta.

Conozca más sobre la TDT, sus condiciones, requisitos y alternativas, consultando las páginas web de la Autoridad Nacional de Televisión www.antv.gov.co y de la Superintendencia de Industria y Comercio www.sic.gov.co”

De acuerdo a visitas realizadas a los almacenes Éxito y Alkosto¹⁶, se pudo evidenciar que esta norma se está cumpliendo, en la exposición de los televisores se encuentra la información indicando si es compatible con la tecnología DVB-T2 o NO, sin embargo falta capacitación a los asesores de venta, ya que no cuentan con suficiente información para explicar a que hace referencia dicha aclaración. En la figura 15 se muestra una foto tomada de cómo es expuesta esta norma.

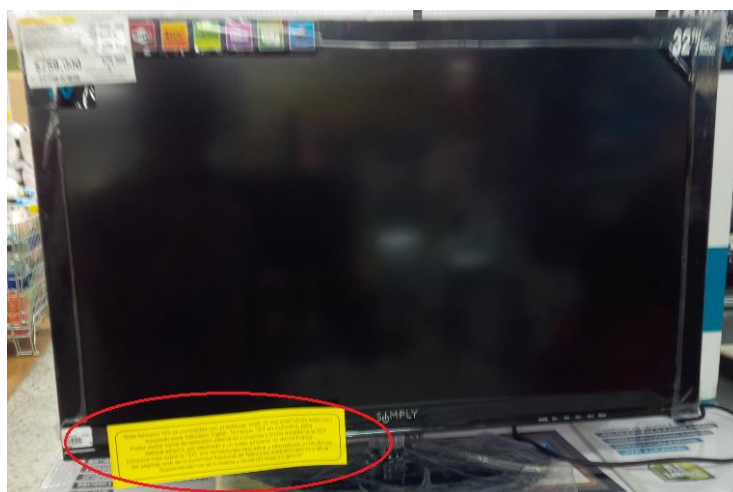
Desde el grupo ACIEM, se han sugerido algunas características mínimas para estos equipos [26], recomendaciones que han sido acogidas por la ANTV, dentro de estos parámetros se encuentran:

- Capacidad para demodular señales en el formato DVB-T2.

¹⁶ Se visitaron un total 6 almacenes, dentro de los cuales se encontró que la mayoría de televisores que se encontraban en promoción, no eran compatibles con el estándar DVB-T. Para conocer algunas referencias de marcas y modelos compatibles con el estándar, ingresar al www.tdtcolombia.info

- Sintonizador de televisión analógica estándar NTSC-M.
- Canalización en 6MHz
- Bandas de operación, para sistemas analógico y digital:
 - VHF: 54-72 MHz
 - 76-88 MHz
 - 174-214 MHz
 - UHF: 470-806 MHz
- Capacidad para decodificar el sistema de vídeo digital MPEG-4
- Relaciones de aspecto 4:3 y 16:9
- Facilidad para decodificar y presentar la función de Subtitulación.
- Alimentación 120V- 60Hz, entre otras.

Figura 15. Foto de Televisor el cuál no sirve para DVB-T2



Fuente: Foto tomada el 20 de Diciembre de 2.014 en el punto de venta del almacén Éxito Calle 80.

Por el contrario, el usuario no desea cambiar de equipo, puede adquirir un decodificador *Set Top Box* para la recepción de la TDT. Estos equipos son ofrecidos en almacenes de cadena, con un costo aproximado de \$200.000. La

oferta de los decodificadores no es alta, ya que el despliegue de la TDT está iniciando y la cobertura es mínima.

4.2.2 Divulgación e Información

El Estado Colombiano desde los entes ANTV y RCTV, ha realizado el proceso de digitalización de la señal análoga de la televisión pública. Desde allí se han tomado decisiones propias del proceso, dentro de las cuales, como se mencionó en el aparte 4.1.1.2, el desarrollo del Foros con el fin de informar a la población colombiana sobre el camino al Apagón Análogo.

Sin embargo es evidente que existe un alto grado de desconocimiento en relación a cómo recibir o disfrutar las ventajas de la señal TDT. Tal afirmación se basa en la encuesta realizada en el período comprendido entre los meses de Septiembre y Diciembre del 2013.

Dentro de las preguntas realizadas se encuentran las siguientes:

1. ¿Conoce o tiene alguna información sobre la Televisión Digital Terrestre?
2. ¿Está afiliado a un operador por cable o satelital?
3. ¿Estaría usted dispuesto a cambiar de televisor o adquirir un decodificador para disfrutar de televisión de mejor calidad gratuita?

Figura 16. Estadística de la encuesta realizada sobre la TDT

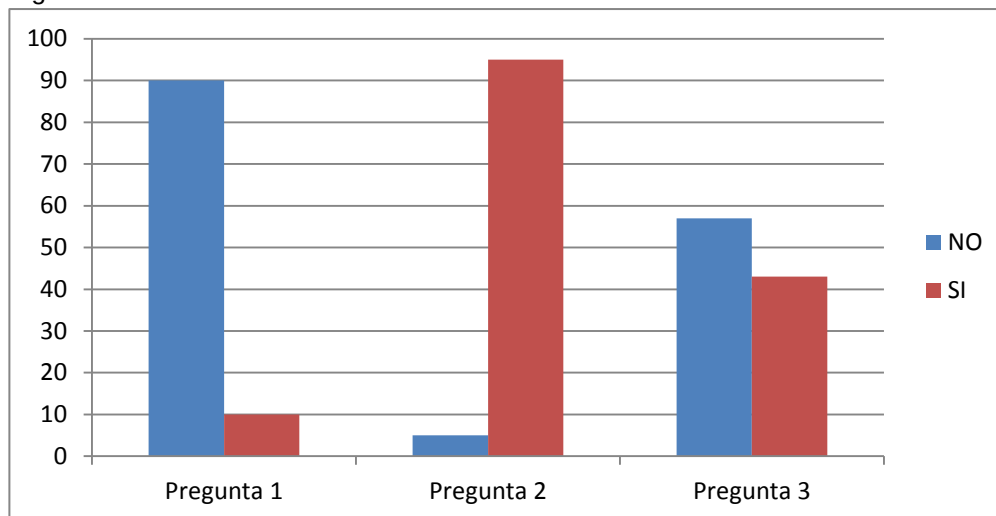


Tabla 14. Ficha Técnica Encuesta.

Persona que la realizó	Martha Medina Mendoza
Fuente de Financiación	Recursos propios
Universo de Estudio	Aprox. 500.000 Hombres y Mujeres mayores de edad, de la localidad de Engativá de la ciudad de Bogotá, Municipios de El colegio y Villeta.
Tipo de Investigación	Muestral
Tamaño de Muestra	200
Margen de Error	7% con 90% de confianza ¹⁷
Temas a los que se refiere	Televisión Digital Terrestre
Preguntas que se formularon	5 preguntas
Período Trabajo de Campo	Octubre – Diciembre 2013
Técnica de Recolección	Encuesta Personal – Redes Sociales

¹⁷ El nivel de error y de confianza se hallaron de acuerdo a la información de la página <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size/> para la realización de encuestas.

El análisis¹⁸ que dio como resultado esta encuesta, radica en que este proceso tiene grandes retos en términos de informar a la población colombiana sobre el acceso a la TDT y los beneficios que trae esta nueva tecnología.

En relación al conocimiento sobre la TDT, es notable un grado de desinformación importante, sin embargo esto está directamente relacionado a que un número de personas igualmente importante está afiliado a un operador por cable o satelital, por tanto para estas personas los avances en relación a la TDT no tiene mayor importancia. Por otro lado las personas quienes contestaron de manera afirmativa, en relación a la TDT, se les preguntó si saben cómo acceder a esta, y el 98% de las personas contestaron que NO.

Con respecto al cambio del televisor o a la adquisición del decodificador, las personas que contestaron negativamente, sugerían que no era necesario dado que estaban afiliados a televisión cerrada y que aunque la TDT fuera gratuita no ofrecería el mismo número de canales. Por otro lado, el cambio positivo se debía a las personas que no estaban inscritas a un operador privado o personas que tiene como preferencias los canales nacionales.

4.3 CANALES PRIVADOS

Por parte de los canales privados, el proceso de transición hacia la televisión digital ha sido más rápido, en términos de la adecuación de las redes de transmisión, ofreciendo actualmente una mayor cobertura que los operadores públicos.

Por otro lado, dado que desde hace más de una década la producción de los contenidos han sido en formato digital y al menos hace cinco años han sido en alta definición HD¹⁹, la señal emitida bajo el estándar digital DVB-T2, permite

¹⁸ Uno de las motivaciones para el desarrollo de este trabajo, ha sido el desconocimiento en relación a este tema dentro de la comunidad educativa. Dado el número de encuestados la encuesta no pretende ser un instrumento de confirmación, sino de información y sondeo.

¹⁹ *High definition*

conservar la calidad de producción, y no degradar la señal como sucedía con la transmisión análoga.

4.3.1 Cobertura

La cobertura ofrecida por los canales privados se encuentra enfocada en las principales ciudades del país, en la figura 17, se muestra el mapa con los puntos donde es ofrecido este servicio.

4.3.2 Oferta de contenidos

Aunque la producción de los contenidos es en formato digital de alta calidad, la oferta en variedad es la misma que se ofrecía bajo la transmisión análoga. Esto se debe, según el Ingeniero Janio Mosquete²⁰, que producir nuevos contenidos generaría nuevos costos, los cuales no serían recuperados fácilmente, pues sería una competencia entre el mismo canal y por otro lado generar estos contenidos en este momento, sería ineficiente mientras la TDT está todavía en proceso de despliegue.

²⁰ Ingeniero Electrónico, Encargado del área de transmisión del Canal Caracol. Entrevista concedida el 30 de septiembre del 2013

Figura 17. Cobertura Canales Privados



Fuente: www.tdtcolombia.info/cobertura.htm

Tabla 15. Canales para TDT

Nombre del Servicio	Canal Uno TDT	Institucion al TDT	Señal Colombi a TDT	Caracol TV HD	Caracol TV HD2	RDN HD	RCN 2	Blu Radio
Contenido	Audio y video	Audio y video	Audio y video	Audio y video	Audio y video	Audio y video	Audio y video	Audio
Calidad de la señal (%)				91	66	93	90	100
Fuerza de la señal (%)				42	38	30	30	38
Frecuencia (MHz)	748.982	748.982	748.982	754.982	754.982	760.982	760.982	754.982
C/N				14	12	14	14	13
Fuente: Datos tomados en la ciudad de Bogotá en la localidad de Engativá, por medio de la información suministrada en las opciones del televisor Sony Bravia KDL-40CX527								

Los canales que actualmente se pueden recibir bajo el estándar DVB-T2 son²¹:

Públicos:

- Canal Uno TDT
- Institucional TDT
- Señal Colombia TDT

Privados:

- Caracol TV HD
- Caracol TV HD2
- RCN HD
- RCN 2

²¹ Canales verificados para la ciudad de Bogotá.

- Blu Radio

La recepción de estos canales depende de la cobertura de cada región, como se indicó en el aparte 4.1.1.3 para operadores públicos y 4.3.1 para canales privados, En la Tabla 15, se encuentran registradas las frecuencias en las que estos canales se encuentran transmitiendo.

5. CONCLUSIONES

El paso de la televisión análoga a la televisión digital, es un proceso que tiene muchas implicaciones, normatividad, adecuación de infraestructura, adquisición de receptores, utilidades, entre otras, las cuales han sido la base de este trabajo, dado que el objetivo era mostrar un panorama de lo que se ha hecho hasta el momento en relación a la Televisión Digital Terrestre - TDT.

El estándar DVB-T y específicamente el DVB-T2, es un estándar que presenta ventajas sobre los otros estándares analizados para el caso de Colombia. Es un sistema flexible, pues tiene seis modos de transmisión, cuatro esquemas de modulación y seis relaciones de codificación, tal como se muestra en la Tabla 8. Otro beneficio se encuentra en el uso de redes de frecuencia única que permite aprovechar el espectro radioeléctrico y disminuir la potencia de transmisión, además por ser el estándar más adoptado en el mundo, permite el desarrollo de equipos más rápidamente y a menor costo.

La elección del estándar DVB-T y DVB-T2 ha tenido ciertas críticas por ser Colombia el único país en Suramérica en adoptarlo, dado que el resto de países suramericanos han adoptado el estándar ISDB-T, sin embargo estos dos estándares comparten características técnicas como la transmisión en un ancho de banda de 6MHz y la modulación COFDM. Posibles dificultades se pueden presentar en zonas de frontera donde se podrían generar interferencias a raíz de la coexistencia entre el DVB-T, DVB-T2 y ISDB-T.

Un aspecto importante que se tuvo en cuenta para la elección del estándar radica en los subsidios económicos ofrecidos por la Unión Europea, quien firmó un convenio de financiación en Bruselas por el orden de los ocho millones de euros, esto para asistencia técnica, administrativas y equipos, sin embargo el acuerdo falta ser firmado por el Ministerio de Relaciones Exteriores

de Colombia, que de no firmarlo se correría el riesgo de perder este subsidio [6].

Para destacar dentro de este estudio, es que aunque la TDT es un servicio que ofrece muchas ventajas en relación a la calidad de la imagen y que además es gratuito, más allá de esto no ofrece opciones radicales al usuario, teniendo en cuenta que el televidente más que verificar dicha calidad, está interesado en el contenido mismo de la oferta audiovisual, la cual se encuentra limitada a los canales nacionales públicos y a los dos canales nacionales privados, quienes como se mencionó en el aparte 4.3.2 ofrecen la misma programación que se transmite de manera análoga.

Por otro lado la generación de nuevos contenidos y la transmisión de más canales por parte de los operadores privados, como modelo de negocio no se proyectan rentables, dado que los ingresos recibidos provienen de las pautas publicitarias emitidas. El costo de estas pautas es proporcional al nivel de audiencia que tenga el programa en cual es emitida, por tanto si un canal ofrece variedad de contenidos entraría a competir consigo mismo, dividiendo su audiencia, reduciendo sus ingresos y generando nuevos costos en la producción. Además la difusión del servicio de la TDT ha sido muy poca, por lo que tal vez en un futuro la oferta de más contenidos sea considerada nuevamente.

Ahora, el cambio a la televisión digital obliga a aquellos usuarios que quieran recibirla, a adquirir el decodificador o cambiar de televisor, en caso de que el que posee no sea compatible con el estándar DVB-T2, no se ha definido aún si por parte del Estado Colombiano se darán subsidios para la adquisición de dichos equipos. En relación a este tipo de inversiones, el Estado debe garantizar que la cobertura de la TDT esté presente en todo el país, pues de no ser así, la adquisición de equipos receptores o decodificadores sería innecesaria. Por otro lado es importante tener en cuenta que en el mercado se

ofrecen televisores en oferta hasta del 50% de descuento, los cuales NO son compatibles con el estándar DVB-T2, por lo que el comprador con el fin de aprovechar estas ofertas adquiere un equipo que luego tendrá que cambiar. Sería conveniente que desde el Estado Colombiano se generaran políticas que prohibieran la venta de equipos que no cumplen con los requisitos para la TDT, por lo menos a partir del 2015, dado que para el 2014 se tiene previsto transmitir solamente bajo el estándar DVB-T2.

El proceso de transición por parte del operador público nacional tiene un retraso importante en términos de la implementación de los equipos y sistemas de transmisión para la prestación del servicio de TDT, como se mencionó en el apartado 4.1 por parte de la ANTV ha sido necesario modificar los planes de cobertura propuestos por CNTV, dado que los proceso de licitación no se han cumplido satisfactoriamente. De acuerdo al comunicado, "Preocupación por serios retrasos en la TDT pública", emitido por el grupo ACIEM, la NO adjudicación de dichas licitaciones es un hecho preocupante que afecta el cumplimiento del cronograma [25]. Esos retrasos, han generado que la TDT no sea promocionada, lo que se ve reflejado en el desconocimiento de este proceso, como se mostró en el aparte 4.2.2.

Cómo se mencionó en el capítulo 2, con la TDT se libera un rango de frecuencias entre 698MHz y 806Mhz, rango que ha sido denominado Dividendo Digital, sin embargo en la actualidad las transmisiones se realizan sobre estas frecuencias, (Tabla 15), debido a las transmisiones simultáneas con la televisión análoga, para el 2015 la Autoridad Nacional de Televisión ANTV, tiene programado la ejecución de la nueva asignación de frecuencias [17]

Para terminar, es importante analizar si una inversión tan alta por parte del Estado traerá algún tipo de beneficio, dado que un porcentaje importante de la población está inscrita a la televisión cerrada, la cual ya ofrece servicios en alta

calidad de imagen y sonido, además de la variedad de contenidos entre los cuales se encuentran los canales nacionales, regionales y privados. Por otro lado hay un crecimiento importante de la demanda de distribución de contenido sobre IP a muy bajo costo dada la cobertura del servicio de internet, que ofrece sobre los otros servicios la posibilidad de acceder a este en cualquier momento. Por tanto el reto se encuentra en garantizar la cobertura total sobre todo el territorio nacional y mejorar la oferta de contenidos, para aprovechar realmente todas las ventajas de la Televisión Digital Terrestre, dentro de las cuales se encuentra la gratuidad del servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ATSC Digital Television Standard, Part 1, p 18. [Consultado el día 19 de Agosto del 2013] <http://www.atsc.org/cms/index/.php/standars/document>
- [2] Autoridad Nacional de Televisión. Televisión Digital Terrestre, abierta y gratuita para Colombia. [Consultado el 8 de Enero de 2014]. [http:// www.antv.gov.co/blogs](http://www.antv.gov.co/blogs)
- [3] BARQUERO, D. La segunda generación de TDT. Bogotá. Curso TDT2 Asociación Colombiana de Ingenieros-ACIEM. 2012.
- [4]BARQUERO,D y LOPEZ J. Planificación de redes DVB-T2 en Colombia. Curso DVB-T2, ACIEM. Marzo 2012
- [5] BARQUERO, D. Transmisión TV Digital Terrestre. Diplomado en Televisión Digital. Universidad Santo Tomás. 2012.
- [6]CABLE SERVICIOS S.A. UE firma convenio de financiación para TDT. [Consultado el 20 de diciembre de 2013] <http://cableservicios.com/blog/blog/ue-firma-convenio-de-financiacion-para-tdt/>
- [7] CAMARGO, J. y GARCÍO A. “Aspectos sociales de la introducción del color en la red de televisión colombiana” En: FOLIOS. Segundo semestre de 2011. Vol. 34. p. 45-55 ISSN: 0123-4870
- [8] Cobertura geográfica de señal. Televisión Digital para todos. Colombia. [Consultado el 8 de Enero de 2014] <http://tdt.sistemasenalcolombia.gov.co/cobertura-senal>.
- [9] COLOMBIA. SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Circular 15 (14, Diciembre, 2.011) Modificación del numeral 2.9 del Capítulo Segundo del Título II de la Circular Única. Bogotá. 2011
- [10] COLOMBIA. COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN. Acuerdo 008 (22, diciembre, 2.010) Por el cual se adopta para Colombia el estándar de televisión digital terrestre DVB-T y se establecen las condiciones generales para su implementación. Bogotá. 2010. p8.
- [11] COLOMBIA. COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN. Acuerdo 004 (20, diciembre, 2.011) Por el cual se modifican los artículos 1 y 17 del Acuerdo 008 de 2010 y se actualiza el estándar para televisión digital en Colombia. Bogotá. 2011. p5.

- [12] COLOMBIA. COMISIÓN NACIONAL DE TELEVISIÓN. Acuerdo 002 (4, Abril, 2.012) Por medio del cual se establece y reglamenta la prestación del servicio público de televisión abierta radiodifundida digital terrestre –TDT-. Bogotá. 2012. p9.
- [13] COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE TELEVISIÓN. Modificación Artículo décimo primero del Acuerdo 002 del 2012. Bogotá. 2012. p10.
- [14] COLOMBIA. AUTORIDAD NACIONAL DE TELEVISIÓN. Plan de cobertura en tecnología Digital por parte del Operador Público Nacional. Bogotá. 2013. p18.
- [15] COLOMBIA. RADIO TELEVISIÓN NACIONAL DE COLOMBIA – RTVC. Selección Pública N. 016 de 2.013 Instalación y puesta en funcionamiento de los Sistemas de Transmisión de Televisión Digital Terrestre- TDT- para las estaciones de Alto del Tigre, , Cerro Neiva, El Alguacil, Gabinete, La Pita, Montería y Planadas, en el estándar DVB-T2, así como los sistemas eléctricos y las obras civiles requeridos para tal fin. Bogotá. 2013
- [16] Comisión de Regulación de Comunicaciones. Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia. 2012. p 23.[Consultado 14 de Marzo de 2012] <http://www.crcom.gov.co>
- [17] Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias. Agencia Nacional del Espectro- ANE. [Consultado el 15 de Noviembre del 2013]. [http:// www.ane.gov.co](http://www.ane.gov.co)
- [18] FISCHER, W. Digital Video and Audio Broadcasting Technology: The MPEG-2 Transport Stream Packet. 3ra Edición. München :Springer. 2010 ISBN 978-3-642-11611-7
- [19] GIL F, MARÍN A, MORENO C y SIERRA J. Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín- Antioquia. En: Revista en Telecomunicaciones e Informática. Enero – Junio 2011. vol 1. No. 1 p 31-48. ISSN 0120-131X
- [20]JARRIN R. y MOREJÓN C. “Diseño de una red de frecuencia única para un canal de televisión en la banda UHF con la norma ISDB-Tb para la zona geográfica P”. Proyecto de grado. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2012
- [21]JONES G. A Broadcast Engineering Tutorial for Non- Engineers: NTSC Analog Television.3ra Edición. Focal Press. 2005.p.223 ISBN-13:978-0-240-80700-3.
- [22] PALOMINO, C. DVB-T: Caminos y experiencias hacia la implementación de la TDT en Colombia. En: Revista Colombiana de Telecomunicaciones [en línea]. No.52. 2.009. ISSSN 0122-7416

- [23] PEREZ VEGA, C. Compresión de video. Universidad de Cantabria. 8p. [Consultado el 4 de Noviembre de 2013] <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compresion%20de%20video.pdf>
- [24] Prensario Internacional. RTVC: R&S será proveedor de tecnología para la primera fase de TV digital. Publicado 16 de Julio 2013. [Consultado el 10 de Enero de 2014] <http://www.prensario.net/5558-RTVC-RS-sera-preveedor-de-tecnologia-para-primera-fase-de-TV-digital.note.aspx>
- [25] Preocupación por serios retrasos en la TDT pública. Asociación Colombiana de Ingenieros. Boletín de Prensa. 4 de Febrero de 2013 [Consultado el 30 de Septiembre de 2013] <http://www.aciem.org>
- [26] Recomendaciones de las características mínimas para los Receptores de Televisión Digital Terrestre en Colombia en DVB-T2. Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM. Agosto 2012.
- [27] Recomendación ETS EN 300 468 V1.3.1 (1998-02), European Standard (Telecommunications series). Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB Systems
- [28] Recomendación ETS TR 101 190 V1.3.2 (2011-05), European Standard (Telecommunications series). Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects.
- [29] Resolución 224 CMR-07. Bandas de Frecuencias para el componente Terrenal de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales por debajo de 1Ghz. 2007
- [30] ROLDÁN, J. “Perspectivas del desarrollo de la TDT en Colombia”. Ministerio de Comunicaciones. Cali. 2008.
- [31] RUIZ COLL, D. Diseño y Planificación de Redes TDT- DVB-T. Asociación Colombiana de Ingenieros -ACIEM. Bogotá. 2010
- [32] RUIZ, F. Tecnología de los Receptores de Televisión Digitales y Digitalizador. CEAC. 2002.