

Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín - Antioquia

**Carolina Moreno, Andrea Marín,
Javier Sierra, Felipe Gil**

*Escuela de Ingenierías, Facultad de Informática
y Telecomunicaciones,
Universidad Pontificia Bolivariana.
Medellín, Colombia.
carolina87mp@gmail.com
jandreamm@gmail.com
javier.sierra@upb.edu.co
felipe.gil@une.com.co*

Abstract - The TV analog broadcasts are being replaced entirely by digital broadcasting, looking for a better use of the electromagnetic spectrum, a better quality of sound and image and a greater to broadcast ability additional information or added value services.

At Colombia, in order to gain a better knowledge of the migration process, will be analyze and describe how will be the transition from private channels in Colombia toward DTT. This with a focus on concepts related to this new television technology and DVB-T standard adopted. Additionally, is designed and simulated different scenarios of signal propagation of the private channels on the city of Medellín.

The analysis shows that the best scenario is to use two half-power stations, with which it achieves a good coverage for the different models of reception.

Key Words: DTT; CCNP; CNTV; Coding; COFDM; DVB-T; STB; Transition, Transmission; TS.

Resumen. -A nivel mundial las emisiones analógicas de televisión están siendo reemplazadas en su totalidad por emisiones digitales, buscando un mejor aprovechamiento del espectro electromagnético, una mejor calidad de sonido y de imagen y una mayor capacidad para emitir información complementaria o servicios de valor agregado.

En Colombia, con el fin de tener un mejor conocimiento sobre el proceso de migración, se analiza y se describe, cómo será la transición de los canales privados en Colombia hacia la TDT. Esto con un enfoque en conceptos relacionados a esta nueva tecnología de televisión y al estándar DVB-T adoptado. Adicionalmente, se diseña y simula diferentes escenarios de propagación de la señal de los canales privados en la ciudad de Medellín.

El análisis muestra que el mejor escenario es utilizar dos estaciones de media potencia, con las que se logra una buena cobertura para los diferentes modelos de recepción.

Palabras clave: TDT; CCNP; CNTV; Codificación; COFDM; DVB-T; STB; Transición, Transmisión; TS.

I. Introducción

La Televisión Digital Terrestre (TDT) será uno de los grandes hitos tecnológicos en la historia de la televisión. La TDT es la digitalización de la señal analógica mediante códigos binarios en forma de “unos y ceros” para ser transmitida por medio del aire hasta los hogares. La TDT llevará consigo múltiples ventajas como imagen y sonido de alta calidad, plataformas interactivas y la posibilidad de hacer uso de un mismo ancho de banda para transmitir una mayor cantidad de contenidos.

En Colombia la implementación de la TDT acaba de empezar. Esta, representó nuevos grandes retos:

- I). Minucioso estudio de la Comisión Nacional de Televisión (CNTV), quien el día 28 de agosto de 2008, adoptó el estándar DVB-T para la transmisión de Televisión Digital Terrestre en el país, y al igual que en la mayoría de los países, especificó un período de transición de aproximadamente 10 años en el que coexistirán tanto señales de televisión analógicas como digitales.
- II). El impacto social y económico en la población y el cambio de la infraestructura y modelos de negocio y de mercado para el caso de los canales privados y públicos, que para poder migrar hacia esta nueva tecnología, deberán producir

en formatos totalmente digitales y transmitir su señal haciendo uso de nuevos equipos compatibles con el estándar europeo.

Este artículo, inicialmente en la sección dos, da a conocer aspectos generales sobre TDT; en la sección tres se especifica el estándar europeo; posteriormente la sección número cuatro enfatiza el proceso de transición hacia la Televisión Digital Terrestre para el caso de los canales nacionales privados, RCN y Caracol; la sección cinco muestra el diseño y la simulación de cobertura y propagación de la señal digital de televisión terrestre en la ciudad de Medellín. Finalmente, en la última sección se concluye el análisis.

Es de gran importancia para cualquier operador de televisión realizar un análisis de diseño de red previamente a implementar la tecnología digital terrestre. Esto con el fin de predecir la cobertura que probablemente tendrá la señal sobre un área geográfica determinada. Por dicho motivo, y debido a que en la ciudad de Medellín no se han hecho previos análisis de la señal TDT referente a los canales privados, el objetivo de este artículo es plantear una posible solución al mismo.

II. Televisión digital terrestre (TDT)

TDT es la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión abierta, que se transmite sin necesidad de cables o satélites.

La TDT cuenta con múltiples ventajas, entre ellas la posibilidad de transmitir más de un contenido adicional como señales televisivas en HD (*High Definition*) y SD (*Standard Definition*) simultáneamente por un mismo ancho de banda (lo que comúnmente es denominado *múltiplex*), debido a que la digitalización de la señal implica un proceso de codificación más robusto a diferencia de la televisión analógica, haciendo un uso eficiente del espectro radioeléctrico. Otra ventaja que provee la naturaleza de la señal digital es poder recibir siempre una imagen y video con una calidad completamente mejorada a causa de que se minimizan las interferencias o fenómenos de ruido que podrían ocurrir al hacer uso del medio de transmisión basado en el aire. En este caso, aunque hipotéticamente, si la señal se ve afectada por algún fenómeno interferente que la degrade no será recibida por los usuarios finales. Otro aspecto para tener en cuenta, es que serán posibles algunas modalidades de interactividad como valor agregado al servicio.

Para que un país implemente la TDT, es necesario adoptar uno de los estándares digitales disponibles en el mundo. Entre ellos están: ATSC, ISDB-T, DTMB y DVB-T, este último fue el seleccionado por Colombia.

El servicio de Televisión Digital Terrestre trae consigo la aparición de modelos de negocio, con la posibilidad de ser recibido de manera fija, al igual que la televisión

analógica, a través de antenas convencionales, individuales o colectivas, pero con la necesidad de utilizar un sintonizador digital y como alternativa a este tipo de implementaciones. También es posible la recepción en dispositivos portables a través de antenas de bajo costo o en dispositivos móviles que cuenten con el estándar digital adoptado, aunque es entendible que en este tipo de recepción la señal TDT no se prestará con todas sus múltiples características. El sintonizador más común en el mercado es el STB (*Set Top Box*) aunque no se debe dejar a un lado los nuevos dispositivos con el chip del estándar digital integrado como televisores, USB, computadores, celulares, entre otros.

III. Estándar digital europeo terrestre DVB-T

El sistema DVB (*Digital Video Broadcasting*) define un conjunto de normas basadas en el estándar de compresión MPEG, que permiten la difusión de la televisión digital sobre varios medios de transmisión incluyendo satélite, cable, microondas y radiodifusión terrestre. Cada una de ellas, son desarrolladas y mantenidas por el Proyecto DVB, el cual es un consorcio liderado por 250 organizaciones aproximadamente, entre las que se encuentran fabricantes, operadores de redes, desarrolladores de software, organismos reguladores, entre otros, pertenecientes a los sectores públicos y privados de la industria de la difusión de televisión [1].

DVB-T (*DVB-Terrestrial*), es el sistema desarrollado para la radiodifusión de Televisión Digital Terrestre, apoyado en una norma técnica, basada en el sistema analógico PAL existente. Su primera versión fue publicada en marzo de 1997 en el documento ETSI EN 300 744 bajo el nombre “*DVB-T: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television*”, que especifica la estructura de la trama, la codificación del canal y la modulación para diferentes medios de transporte de información binaria, mediante el uso de canales de transmisión terrestre [2].

Es un sistema versátil que permite que las redes sean destinadas a la ejecución de una amplia gama de servicios, SDTV o HDTV en receptores fijos y portables, haciendo uso de diferentes técnicas de modulación para diferentes medios de transporte de información binaria.

Los parámetros técnicos que posee el sistema digital terrestre DVB-T son:

- 2 Modos de transmisión: 2k (1705 portadoras) y 8k (6817 portadoras).
- 3 Esquemas de modulación: QPSK, 16-QAM Y 64-QAM.
- 5 Relaciones de codificación para protección de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8.

- 4 Opciones para intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32.
- 3 posibles anchos de banda del canal: 6, 7 u 8 MHz.
- Capacidades de transmisión entre 3,732 Mbps y 23,75 Mbps para 6MHz; 4,354 Mbps y 27,71Mbps para 7 MHz; 4,98 Mbps y 31,67Mbps para 8 MHz.
- Modulación COFDM.
- Modulación jerárquica o no jerárquica con diferentes valores del parámetro de modulación α . Modulación uniforme $\alpha=1$ y no uniforme $\alpha=2$ o $\alpha=4$.

Los cuales hacen que el sistema sea muy flexible, permitiendo utilizar diferentes combinaciones para diseñar una red digital de televisión y cumplir los requerimientos del operador, encontrando un adecuado balance entre la capacidad y la robustez del sistema.

En el estándar terrestre europeo, la señal debe someterse a un procedimiento que permita la transmisión de la misma por medio del aire. En este se debe formar el flujo de transporte después de que la señal haya sido codificada, con el fin de agregarle ciertas características de codificación de canal para que el sistema de comunicación posea cierta robustez y minimice los errores posibles que se presenten y finalmente debe ser modulada antes de ser transmitida para reducir algunos efectos que puedan degradar la señal recibida [5], [6], [7].

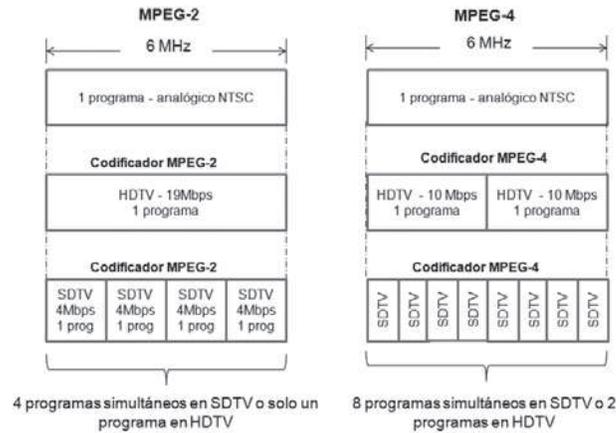
A. Compresión de la señal

En televisión digital, DVB utiliza el estándar MPEG (*Motion Picture Experts Group*) para realizar el proceso de codificación tanto para señales de video como audio.

Cada país que adopta el estándar europeo tiene la libertad de elegir la norma de compresión que utilizará, dependiendo de criterios propios. La mayoría de los países han optado MPEG-2 y aunque han sido poco los que se han definido por MPEG-4, con este es posible albergar más cantidad de contenidos.

En la Fig. 1 se puede observar la diferencia en cantidad de contenidos que pueden ser enviados por un canal con un ancho de banda de 6MHz utilizando los dos estándares de compresión.

Fig. 1 Diferencia del uso del ancho de banda con MPEG-2 y MPEG-4 [4]

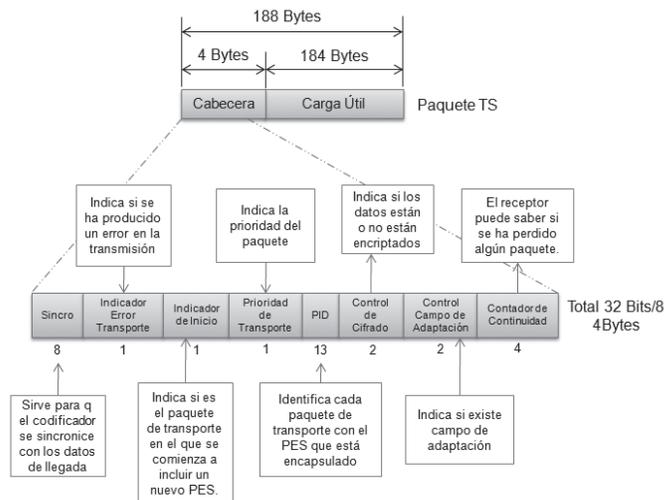


B. Flujo de Transporte

El flujo de transporte TS (*Transport Stream*), es una señal en banda base representada como una secuencia continua de paquetes de 188 bytes cada uno. Los cuatro primeros bytes contienen la cabecera del paquete TS y los 184 bytes restantes se emplean para la carga útil. Ha sido diseñado con el fin de posibilitar el transporte de información empaquetada e identificada en un sistema digital de televisión terrestre en entornos donde es probable que se presenten errores, como la transmisión a largas distancias o ambientes ruidosos.

La composición del paquete TS está detallada en la siguiente figura.

Fig. 2 Esquema de composición de un paquete TS.

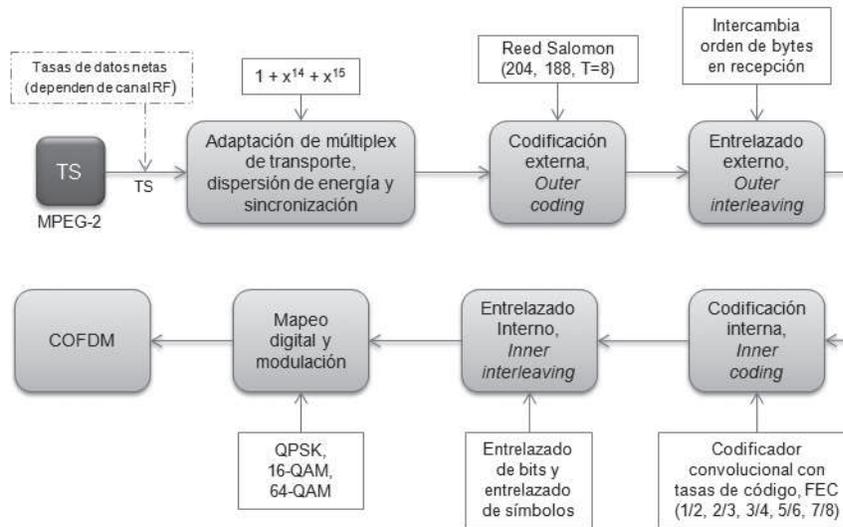


C. Codificación de Canal

Introduce métodos de entrelazado (*interleaving*) para reducir las consecuencias de los errores que puedan provocarse en el medio de transmisión y de los errores de sincronización, e incorpora corrección de errores FEC (*Forward Error Correction*) con el fin de que el receptor logre corregir efectos de ruido y degradaciones que se hayan producido en el trayecto de la señal.

Este procedimiento se realiza debido a que la señal de televisión terrestre se propaga libremente por medio del aire y es necesario que su sistema de comunicación posea cierta robustez para minimizar los errores que puedan provocarse en el medio de transmisión, pues al depender este de propiedades físicas no controlables y con la posibilidad de tener fenómenos de reflexión e interferencias, la señal puede verse seriamente afectada y no ser recibida por el usuario.

Fig. 3 Diagrama de codificación de canal en DVB-T.



En la figura anterior se muestra de una manera sintetizada el proceso que se le realiza a la señal para que sea lo suficientemente robusta y pueda ser transmitida por medio del aire corrigiendo la mayor cantidad de errores posibles.

D. Modulación COFDM

Después de haber realizado la codificación de canal, la señal debe ser modulada como parte del proceso de transmisión, ya que al no existir línea de vista, entre el transmisor y el receptor, como es el caso de la radiodifusión de televisión terrestre,

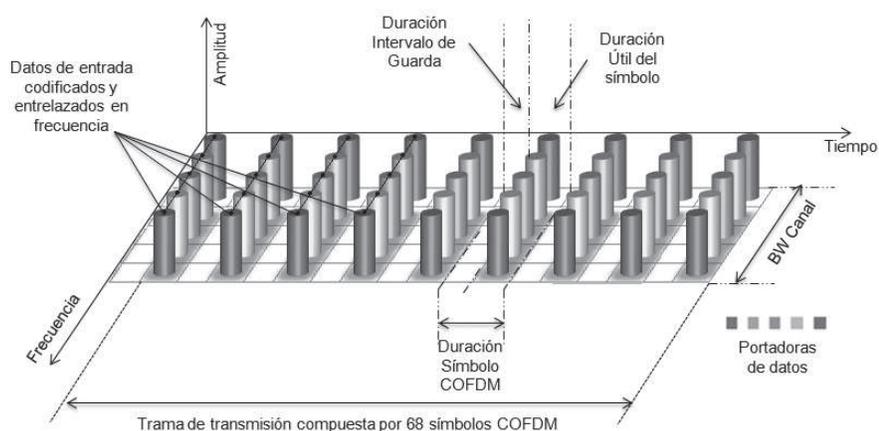
pueden ocurrir efectos de reflexión o absorción que degradan la señal recibida. En consecuencia, se presenta atenuación plana, atenuación selectiva en frecuencia o también llamada interferencia intersimbólica ISI (*Intersymbol Interference*), pero en transmisiones de señales TDT bajo el estándar DVB-T esta logra ser muy mínima debido a que la ortogonalidad de la modulación utilizada, hace que los picos en el espectro de las portadoras coincidan con los valores nulos o ceros del espectro de las portadoras adyacentes pertenecientes a un mismo canal.

Así, durante el desarrollo del estándar DVB-T se notó que el sistema que mejor se adapta a las necesidades de las condiciones del medio, es COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), el cual es un sistema digital que transporta la señal en subcanales de 6, 7 u 8 MHz y permite difundirla en áreas grandes o pequeñas, haciendo uso de redes SFN (*Single Frequency Networks*), donde se transmite con la misma frecuencia.

Su principio fundamental consiste en distribuir la información en varias portadoras ortogonales entre sí con una única frecuencia, de modo que cada una de ellas maneje una velocidad de datos reducida comparada con la del flujo binario total. COFDM hace uso de un código individual apropiado para corrección de errores por cada portadora y es un sistema óptimo para operar en escenarios multitrayecto (ecos), debido a que el retardo de estos resulta ser muy pequeño comparado con la duración de los símbolos, ya que esta aumenta respecto al caso de modular una sola portadora.

La figura 4 representa gráficamente la relación de las portadoras ortogonales COFDM en un ancho de banda específico (BW).

Fig. 4 Señal COFDM en tiempo y frecuencia.



Finalmente, en la figura 5 se presenta una síntesis del proceso de modulación COFDM de la señal, que se realiza con posterioridad a la codificación de canal.

Fig. 5 Esquema simplificado proceso de obtención de señal COFDM.



IV. Transición hacia TDT en Colombia

Colombia no podía permanecer invariante a los acontecimientos que representa evolucionar a una nueva tecnología. En el caso de la televisión, es la radiodifusión terrestre uno de los más significativos y está representando una serie de factores y sucesos en la industria audiovisual del país.

El 28 de agosto de 2008, el gobierno mediante el ente regulador del servicio (CTNV) y después de grandes análisis y pruebas, adoptó para el país el estándar digital europeo DVB-T. Desde entonces se ha definido un proceso de transición de 10 años en el que coexistirán tanto las señales analógicas como digitales, y pasado este tiempo se hará el apagón analógico establecido para el 1 de enero de 2019 [8].

Para dicho proceso de transición, los operadores de televisión deben cubrir según el Plan de Expansión de Cobertura un porcentaje gradual año por año. Para esto, los canales públicos de televisión Canal UNO, Señal Colombia y Canal Institucional, han recibido apoyo económico de parte del Gobierno y este, a su vez, ayuda internacional para comenzar la digitalización de la red de televisión pública, y emitir la señal TDT. El pasado 29 de enero de 2010 se emitió públicamente a través de Radio Televisión Colombiana (RTVC) la primera señal digital de estos canales dando inicio a las implementaciones de TDT en el país.

A. Canales Nacionales Privados

Aunque no existe mucha información pública, los canales nacionales privados, RCN y Caracol, los cuales operan desde 1997 gracias a una licencia otorgada por 10 años y posteriormente prorrogada el 9 de enero de 2009 por otros 10 años, llevan bastante tiempo incursionando con la nueva tecnología digital de televisión, incluso años antes de que se eligiera el estándar para Colombia. Ellos por medio del Consorcio de Canales Nacionales Privados (CCNP), quién es el encargado de administrar todos sus recursos de las infraestructuras terrenas y sus redes de transmisión, han realizado pruebas con cada uno de los estándares digitales y posteriormente se han

centrado en el estándar DVB-T en recepciones fijas y hasta móviles de manera satisfactoria, en la ciudad de Bogotá, utilizando las frecuencias 60 y 62, las cuales fueron autorizadas por la CNTV mediante el acta 1215 de enero 17 de 2006 para ser usadas en las pruebas respectivas de TDT de los canales privados [8].

Aunque su función es de carácter meramente comercial, es decir, sus ingresos provienen de su producción y venta de programas y pautas publicitarias, por lo que no obtienen ningún tipo de ayuda económica de parte del gobierno, característica que los diferencia de la televisión pública, cabe aclarar que han contado con la ayuda y la capacitación de expertos internacionales, especialmente de la Unión Europea, conocedores del tema de la Televisión Digital Terrestre y el estándar DVB-T [9]. Han tomado como base la recomendación ITU-R BT. 2035-5, la cual especifica las “*directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal*” cuyo objetivo es evaluar la calidad de funcionamiento del sistema o sistemas disponibles con diversas configuraciones de transmisión y condiciones de recepción entre las que se encuentran: condiciones urbanas, suburbanas y rurales; recepción en interiores y en exteriores; recepción en receptores portátiles y móviles, en diferentes situaciones.

Los canales privados ya han digitalizado en más de un 90% todos sus equipos incluyendo los de producción y los de la red de transmisión, pero para poder emitir públicamente sus señales digitales, y cumplir con el 25% de cubrimiento de TDT que les exige el gobierno para el 31 de diciembre del presente año, están sólo a la espera de que este establezca los parámetros técnicos del estándar digital adoptado, pues hasta ahora no han sido publicados viéndose atrasado el despliegue y las emisiones del servicio de Televisión Digital Terrestre de los canales privados del país.

B. Período de Transición

Como ya se mencionó anteriormente, Colombia definió un período de 10 años desde que se adoptó el estándar europeo, para hacer el apagón analógico. Pero entonces surge la pregunta, ¿será suficiente este tiempo establecido?

Para resolver el interrogante se tuvo como base algunos factores relevantes en el país, como extensión territorial amplia, población dispersa, PIB per cápita bajo, alta penetración de televisión por suscripción y haber adoptado el estándar MPEG-4 para compresión. Estos llevan a pensar que el tiempo establecido por Colombia para la transición hacia TDT podría llegar a ser sobrestimado, es decir, probablemente tome más tiempo de lo inicialmente planteado porque, primero, el hecho de contar con una densidad poblacional baja en un área geográfica extensa podría implicar la instalación de más estaciones terrenas para poder cubrir todo el territorio nacional llevando más tiempo en el despliegue de las redes digitales; segundo, hacer parte de

uno de los países con más índices de pobreza, reflejada en el bajo índice de crecimiento económico añadido a la alta penetración de televisión paga, podría verse reflejado en la adquisición de los sintonizadores por parte de los usuarios, ocasionando un período de tiempo más largo; y finalmente el hecho que la codificación de la señal en el estándar DVB-T se base en MPEG-4 es otro factor importante que podría ocasionar el alargue del período debido a que la economía de escala en el desarrollo de sintonizadores con esta característica no es tan alta como se creería, llegando a traer consecuencias como un alto costo en los dispositivos decodificadores de señal sean STB, iDTV (televisores con el sintonizador incorporado) u otros.

V. Diseño red TDT

Debido a que ni RTVC ni el CCNP han simulado la cobertura de la señal digital terrestre de televisión en la ciudad de Medellín, se diseñó y analizó este caso para exponer varias supuestos de cómo podría ser la propagación de esta señal sobre el área geográfica planteada, utilizando el software ICS Telecom de la compañía ATDI, y la cartografía de la ciudad proporcionada gracias a TES América.

Es preciso aclarar que antes de realizar una simulación, es necesario conocer las consideraciones que se necesitan para el diseño y la metodología para utilizar. En este caso, se debe conocer entonces, la tasa binaria relacionada a la combinación de los parámetros de estándar DVB-T (Modulación, Intervalo de Guarda y FEC), el C/N mínimo requerido, los niveles de intensidad de campo y el modo de transmisión en el que operará el sistema. Además la potencia de transmisión, la altura de la torre de transmisión, el patrón de radiación de las antenas, el lugar de ubicación de las mismas y el modelo de propagación del sistema. Para con esta información incluida en el software simular el caso de propagación en Medellín.

A. Consideraciones de diseño

- Tasa Binaria
16,588 Mbps

Se parte de la tasa binaria empleada por los países más representativos en Europa que han adoptado el estándar DVB-T utilizando el canal de 8MHz, para hacer un equivalente al canal de 6MHz y promediarlo con el fin de obtener una tasa similar para Colombia.

- Combinación DVB-T:
Intervalo de guarda: 1/8.
Tasa de codificación: 2/3.
Modulación: 64-QAM.

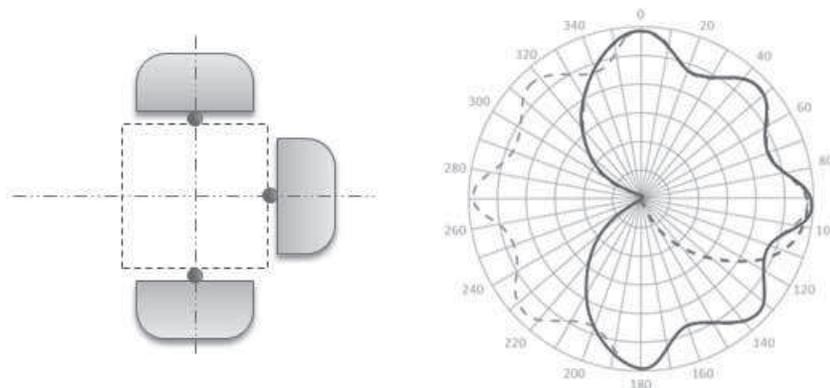
De acuerdo a la tabla E3 de la norma ETSI EN 300 744 y a la tasa binaria anterior se elige trabajar con una combinación que se considera óptima, ya que se pretende contar con las mejores condiciones en el sistema, dado que esta maneja un buen grado de protección de la información y un buen intervalo de guarda que protege la señal frente a interferencias intersimbólica o señales reflejadas por multitrayecto.

- C/N mínimo requerido para 6 MHz
Canal Rayleigh: 19 dB

Se decide trabajar con el canal Rayleigh, debido a que permite darles igual importancia a todas las trayectorias generadas en la transmisión y describe de manera adecuada los entornos urbanos densos.

- Niveles de intensidad de campo (Canal Rayleigh)
Recepción Fija 70%: 46 dBuV/m
Recepción Fija 95%: 52 dBuV/m
Recepción Portable Outdoor 70%: 65 dBuV/m
Recepción Portable Outdoor 95%: 71 dBuV/m
Recepción Portable Indoor 70%: 73 dBuV/m
Recepción Portable Indoor 95%: 83 dBuV/m
- Modo de transmisión
8K (6817 Portadoras) [2]
- Patrón de radiación
Horizontal, utilizando un arreglo de antenas de tres paneles, el patrón se muestra en la Fig. 6.

Fig. 6 Patrón de radiación horizontal haciendo uso de tres paneles.



Se hace uso de este patrón de radiación pues es el que mejor desempeño presenta al cubrir el área en estudio. Aunque normalmente para el diseño y la implementación de redes DVB-T se hace uso de antenas omnidireccionales.

- **Altura del sistema radiante**
118 metros
- **Modelo de propagación**
Para mejores resultados, se utiliza una combinación de varios modelos de propagación: [12], [13], [14].
Modelo determinístico: ITU-R 525/526, considera línea de vista directa entre el transmisor y el receptor.
Modelo de pérdidas por difracción: ITU-R. 526 Deygout, cuantifica la atenuación debida a la obstrucción por infinitos obstáculos en la línea de vista entre el transmisor y el receptor.
Modelo de pérdidas por multitrayecto: ITU-R. 526, apropiado cuando se presentan efectos de multitrayectoria debidos a numerosas reflexiones por la obstrucción parcial de la zona de Fresnel.
- **Se plantean dos escenarios de análisis**
Escenario 1: Transmisión desde un sistema radiante de alta potencia (5000w)
Cerro Occidental - Estación 1
N: 6° 16' 20.3"
O: 75° 37' 39.2"
Escenario 2: Transmisión desde dos sistema radiante de media potencia (2500w)
Cerro Noroccidental - Estación 1
N: 6° 18' 12.8"
O: 75° 36' 6.1"
Cerro Noroccidental - Estación 2
N: 6° 13' 22.7"
O: 75° 33' 22.3"

B. Análisis Número 1

El primer criterio de simulación que se tuvo en cuenta fue transmitir desde una sola estación de alta potencia ubicada en la zona occidental de la ciudad, teniendo como resultado la cobertura mostrada en la Fig. 7.

Fig. 7 Cobertura para niveles de intensidad de campo de todas las recepciones al 70% y 95% - Simulación 1.



Convención		Datos Importantes	
Referencia Color		Coordenadas	N: 6° 16' 20.3"
46 dBuV/m - Fija 70%		O: 75° 37' 39.2"	
52 dBuV/m - Fija 95%		Altura	1861 mts
65 dBuV/m - P. Outdoor 70%		Potencia de Operación	2500 W
71 dBuV/m - P. Outdoor 95%		Combinación Modelo de Propagación	ITU-R 525/526
73 dBuV/m - P. Indoor 70%			ITU-R 526, deygout
83 dBuV/m - P. Indoor 95%			ITU-R 526

C. Análisis Número 2

Segundo, con el fin de observar cuál era la diferencia al utilizar dos estaciones de media potencia ubicadas en zonas estratégicas, noroccidental y suroriental de la ciudad, se obtuvo una cobertura mucho mayor mostrada en la Fig. 8.

Fig. 8 Cobertura para niveles de intensidad de campo de todas las recepciones al 70% y 95% - Simulación 2.



Convención Referencia Color	Estación	Datos Importantes	
		1	2
46 dBuV/m - Fija 70%	Coordenadas	N: 6° 18' 12.8"	N: 6° 13' 22.7"
52 dBuV/m - Fija 95%		O: 75° 36' 6.1"	O: 75° 33' 22.3"
65 dBuV/m - P. Out. 70%	Altura	2168 mts	1768 mts
71 dBuV/m - P. Out. 95%	Potencia de Operación	2500 W	
73 dBuV/m - P. Ind. 70%	Modelos de Propagación	ITU-R 525/526	
83 dBuV/m - P. Ind. 95%		ITU-R 525 deygout ITU-R 526	

D. Resultados

Cada uno de los resultados obtenidos representa la cobertura, con un color específico, para cada uno de los modelos de recepción posibles para el estándar DVB-T, según los niveles de intensidad de campo. El color amarillo equivale a la cobertura de recepción fija al 70% mientras que el azul claro al 95%, los colores rosado y verde muestran la cobertura para recepción portable outdoor al 70% y al 95% respectivamente, y la recepción portable indoor es referenciada por el color morado para el 70% y el color azul para el 95%. Cabe aclarar que en la simulación estos colores están superpuestos por lo que algunos no se alcanzan a apreciar.

Como se puede observar, la Fig. 7 muestra relativamente un buen nivel de cobertura para la ciudad de Medellín, pero quedan algunos baches que no son cubiertos ni siquiera para prestar servicios de recepción fija, aunque teniendo en cuenta las implicaciones secundarias que tiene el hecho de utilizar una potencia media y una

sola estación de transmisión, es decir, la posibilidad de reducción de costos y tratar de evitar interferencias por canal adyacente en el período en el que convivirán la señal analógica y digital, es una alternativa viable para los operadores de televisión privada. Pero como se había mencionado anteriormente, sus ingresos dependen principalmente de la pauta publicitaria y al ser Medellín una ciudad catalogada como una de las principales en el país, es necesario contar con un servicio de televisión con excelentes niveles de cobertura, no sólo por el hecho de que el Gobierno les exige cubrir totalmente las poblaciones con más de 20 mil habitantes sino también porque se necesita plena seguridad tanto para el canal como para los entes que invierten en promocionar cierto bien o servicio, que la señal sea recibida por toda la población. La mejoría de cobertura y la prestación del servicio en las mejores condiciones se obtiene, entonces, utilizando no sólo una, sino dos estaciones de media potencia, aunque la desventaja de este escenario es la necesidad de utilizar el doble de equipos en la red de transmisión, pero a la larga esta se compensa con una mejor recepción de la señal como se aprecia en la Fig. 8, aunque con la posibilidad de utilizar una pequeña cantidad de *Gap-Fillers* (equipo diseñado para realizar extensiones de cobertura en áreas donde no llega la señal directa desde un transmisor) si se pretende dar una excelente recepción indoor en todos los puntos de la ciudad.

VI. Conclusiones

Por la brecha digital que tiene Colombia actualmente se podría suponer que el período de transición hacia la TDT no sería suficiente, debido a que algunos factores relevantes en el país, como extensión territorial amplia, población dispersa, PIB per cápita bajo, alta penetración de televisión por suscripción y haber adoptado el estándar MPEG-4 para compresión son factores clave en la evolución y por tales motivos se podría ver un poco relegado el despliegue de la tecnología digital terrestre.

En el caso de análisis de la ciudad de Medellín, se pudo apreciar que es más conveniente utilizar dos estaciones transmisoras de televisión digital de media potencia a una altura adecuada, configuradas con parámetros específicos del estándar DVB-T y ubicadas en lugares estratégicos, debido a que este diseño de red presenta mejores condiciones de cobertura para todos los tipos de recepción disponibles en la tecnología digital, mientras que si se utiliza una estación de alta potencia a una mayor altura, es notable que a muchos lugares de la ciudad no llega la señal, inclusive para recepción fija, es decir, sería una cobertura que presenta áreas deficientes.

VII. Referencias

- [1] (2010) The DVB website, [OnLine]. Available: <http://www.dvb.org>
- [2] ETSI. *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*, Sophia Antipolis: ETSI, 2004. (ETSI EN 300 744 v1.5.1).
- [3] ETSI. *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects*, Sophia Antipolis: ETSI, 2008. (ETSI EN 101 190 v1.3.1).
- [4] K. Guillermo. (2009). *Televisión Digital Terrestre: Consideraciones sobre los codificadores de video MPEG-2 y MPEG-4*. [OnLine]. Available: <http://www.scribd.com/doc/28829705/008-Uca-Tv-Digital-Urp-Feb.-09>.
- [5] A. Daniel and M. Antonio. (2006). *Radiodifusión digital terrestre análisis del estándar DVB-T*. [OnLine]. Available: <http://www.tijbc.com/pruebas-7419/M8B09002.pdf>
- [6] L. Uwe and L. Claudia. (2006). *Terrestrial DVB (DVB-T): A Broadcast Technology for Stationary Portable and Mobile Use*. [OnLine]. Available: http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/Additional_material/Terrestrial%20DVB%20%28DVB-T%29.pdf
- [7] D. Alejandro. *Transmisión de señales de TV Digital en el estándar terreno DVB-T*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, 2003.
- [8] (2010) The CNTV website, [OnLine]. Available: <http://www.cntv.org.co>
- [9] CCNP, *Consortio de Canales Nacionales Privado*. 2010.
- [10] L. Lars-Ingemar. *Understanding Digital Television: An Introduction to DVB Systems with Satellite, Cable, Broadband and Terrestrial TV*. 1st.ed. Ed. Burlington, United State: Elsevier Inc., 2007.
- [11] M. M. Duván Javier. (2009). *Planificación de redes DVB-T* [OnLine]. Available: http://www.actuonda.com/pdf/presentaciones_seminario/Seminario_TV_Digital_Bogota_Planeacion_redes_DVB_T.pdf
- [12] G. Emmanuel. (2006). *DVB-H radio-planning aspects in ICS telecom*. [OnLine]. Available www.atdi-us.com/docs/WP_DVBHplanning_ICStelecom.pdf
- [13] LLC ATDI EURASIA. (2008). [OnLine]. Available: http://www.itu.int/ITU-D/tech/digital-broadcasting/MoscowDec2008/Presentations/Moscow_Dec08_File11.pdf
- [14] B. Víctor. *Estudio, diseño e instalación de un centro emisor de TDT con "gapfillers"*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña. 2009.

VIII. Biografías

Carolina Moreno. Nació en Cisneros - Antioquia, Colombia, en el año 1987. Recibió su título de Ingeniero de Telecomunicaciones en la Universidad Pontificia Bolivariana en el año 2010.

Andrea Marín. Nació en Medellín - Antioquia, Colombia, en el año 1987. Recibió su título de Ingeniero de Telecomunicaciones en la Universidad Pontificia Bolivariana en el año 2010.

Javier E. Sierra. Nació en Corozal - Sucre, Colombia, en el año 1980. Recibió su título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales en el año 2003 y su PhD en ingeniería área Telecomunicaciones en el año 2009.

Felipe A. Gil. Nació en Pereira -Risaralda, Colombia, en el año 1982. Recibió su título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Pontificia Bolivariana en el año 2005 y su Especialización en Gerencia para Ingenieros en el año 2009.