

Análisis Técnico del Sistema de Transmisión de Televisión Digital Terrestre en Guayaquil

Technical Analysis of Transmission System of Digital Terrestrial Television in the City of Guayaquil

Mónica Flores Marín ^{*1}, Luis Benavides Castillo ¹, Fernanda Gabriela Martínez Coca ¹, Stefano Cherrez ¹

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha de recepción: 14 de Febrero de 2018.

Fecha de aceptación: 04 de septiembre de 2018.

Resumen

El presente artículo tiene como propósito realizar una investigación de la calidad de transmisión de la televisión digital terrestre en diferentes estaciones televisoras, para lo cual se seleccionaron seis canales que operan con señal digital en la ciudad de Guayaquil. La metodología utilizada para la investigación fue correlacional, para el análisis de los parámetros técnicos se consideran las normas técnicas brasileñas y el último proyecto de norma técnica del Ecuador del 2015; se realizaron visitas técnicas a las estaciones transmisoras y mediciones en nueve sectores de Guayaquil. Se obtuvo como resultado que varios canales de televisión aún con tener una menor potencia de transmisión, tienen altos los valores de la tasa de error de modulación [MER] y la tasa de errores de bits [BER].

Palabras Clave:

Ancho de banda; intervalo de guarda; ISDB-Tb; potencia de transmisión; televisión digital; transmisor digital.

Clasificación JEL: O3.

Abstract

The purpose of this article is to carry out an investigation of the transmission quality of digital terrestrial television in different television stations, for which six channels that operate with digital signal in the city of Guayaquil were selected. The methodology used for the investigation was correlational, for the analysis of the technical parameters the Brazilian technical standards are considered and the last project of the technical norm of Ecuador of 2015; technical visits were made to transmitting stations and measurements in nine sectors of Guayaquil. It was obtained as a result that several television channels still have a lower transmission power, have high values of the modulation error rate [MER] and the bit error rate [BER].

Keywords:

Bandwidth; digital television; digital transmitter; guard interval; ISDB-Tb; transmission power.

JEL Classification: O3.

¹ Universidad Espíritu Santo, Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica. Km 2.5 Vía Samborondón. Samborondón – Ecuador.

* Autor de correspondencia:

Mónica Flores Marín, Universidad Espíritu Santo, Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica. Km 2.5 Vía Samborondón. Samborondón – Ecuador.
E-mail: mfloresm@gmail.com. Tlf: (593-4) 283 5630

ENLACE DOI:

<http://dx.doi.org/10.31095/investigatio.2019.12.5>

Introducción

El desarrollo de la tecnología digital, hace posible que los medios de comunicación estén disponibles en diferentes ámbitos y a su vez permite obtener una televisión con pluralidad y diversidad de contenidos; estos avances han promovido la evolución de lo analógico a lo digital. La Televisión Digital Terrestre [TDT] permite crear programas y aplicativos con imágenes de alta definición. La TDT en países desarrollados está implementada desde años atrás; en Ecuador, se está efectuando desde el 2012, para lo cual el gobierno nacional estableció el plan maestro para la transición de la televisión analógica a la TDT, extendiéndose hasta el 2018 para la culminación de la implementación en todo el país. Dentro de este plan se estableció trabajar con el estándar *Internacional Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial* [ISDB-Tb]. Por lo que las estaciones televisoras en el Ecuador están incorporando nueva infraestructura técnica en equipos digitales. Actualmente, el sistema de transmisión que opera en Guayaquil es analógico y digital, y con base en la información obtenida de las estaciones televisoras en la ciudad de Guayaquil, algunas empresas televisoras transmiten con mayor potencia para mejorar su cobertura.

Un problema de los sistemas de comunicación está relacionado con las interferencias que podrían provocar incluso la interrupción de la recepción de la señal de TV Digital y, que son causadas por canales que rebasan su cobertura debido a niveles de potencia inadecuados.

Este artículo tiene como objetivo realizar una comparación de la calidad de la señal digital entre las principales estaciones de televisión de la ciudad de Guayaquil. Además, nos planteamos determinar si la potencia de transmisión provee un nivel de recepción adecuado o rebasa los niveles recomendados por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas [ABNT]. Este estudio se fundamenta en parámetros técnicos como la intensidad de la señal, la Tasa de Error de Modulación [MER], y la Tasa de Bits de Errores [BER]. Para alcanzar los objetivos propuestos se efectuaron visitas técnicas a las seis estaciones transmisoras y mediciones del nivel de señal en nueve sectores de la ciudad de Guayaquil, que serán referentes en la verificación de cobertura. Tales datos son analizados según la ABNT en recepción número 15604, y 15608 y el último proyecto de norma técnica del Ecuador realizado en el año del 2015 por la Agencia de regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL. Además se explica la TDT y sus principales funcionalidades.

Televisión digital Terrestre [TDT]

Es una modalidad que emplea frecuencias radioeléctricas para su difusión (Albornoz y García Leiva, 2012). Se transmite mediante ondas electromagnéticas terrestres, de modo que la digitalización de la televisión terrestre presenta mayor acceso de información a servicios interactivos, internet, y ofrece variedad de canales (Calle, 2013). Existen cinco estándares regulados a nivel mundial, mostrados en la Tabla 1, estos son: el Comité de Sistemas de Televisión Avanzada [ATSC]; el estándar europeo

Difusión de Video Digital - Terrestre [DVB-T]; el japonés Radiodifusión Digital de Servicios Integrados [ISDB-T]; el estándar internacional del Sistema Brasileño de Televisión Digital basado en el japonés [ISDB-Tb] y; el estándar chino de Radiodifusión Multimedia de Televisión Digital Terrestre [DTMB] (Alencar, 2009).

Tabla 1.

Diferentes estándares de la TDT y sus características de operación.

Sistema	ATSC	DVB - T	ISDB - T	ISDB - Tb	DMTB
Origen	Estados Unidos	Europa	Japón	Brasil	China
Transmisión	Portadora única	Múltiples portadoras (OFDM)			Portadora única y Múltiples portadora (OFDM)
Ancho de Banda	6MHz a 8Mhz		6 MHz		8 MHz
Modulación	8-VSB	QPSK/16-QAM/64-QAM	DQPSK/QPSK/16-QAM/64-QAM		4-QAM/16-QAM/32-QAM/64-QAM
Audio	Dolby AC-3	MPEG -2 ACC	H.264		MPEG -2
Video		MPEG -2	H.264		MPEG -2

Fuente: Cugnini, 2007.

En el Ecuador, ARCOTEL realizó mediciones con los cinco estándares de TDT para posteriormente elegir el estándar ISDB-Tb (Sunig et al., 2014), el cual es un sistema desarrollado en Brasil, basado en el sistema Japonés [ISDB - T] con algunas reformas; donde la compresión de video utiliza H.264 y para

la interactividad usa la plataforma Ginga (Hanzo y El-Hajjar, 2013); también incluye el uso de banda VHF/UHF y opera con 6 MHz de ancho de banda y, en recepciones móviles usa el estándar *one seg* (Alencar, 2009).

ISDB-Tb fue adoptado por Ecuador y se caracteriza por otorgar gran calidad en audio, video, y datos a receptores fijos y móviles (Sotelo *et al.*, 2011). Utiliza modulación Orthogonal Frequency Division Multiplexing [OFDM]; donde se divide en trece segmentos el ancho de banda de 6 MHz, véase Figura 1 (Takada y Saito,2006).

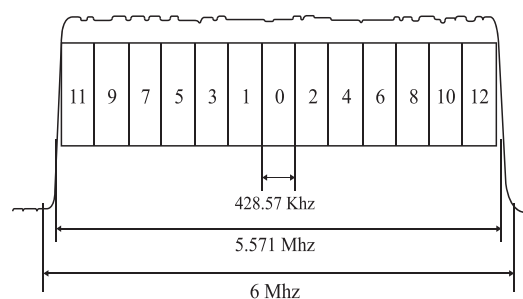


Figura 1. Distribución del canal en segmentos. Fuente: Pisciotta (2010).

ISDB-Tb está conformado por un esquema de modulación, corrección de errores y entrelazado de tiempo, véase Figura 2. Estos deben ser configurados según lo establecido en el estándar ISDB-T (ABNT, 2007a).

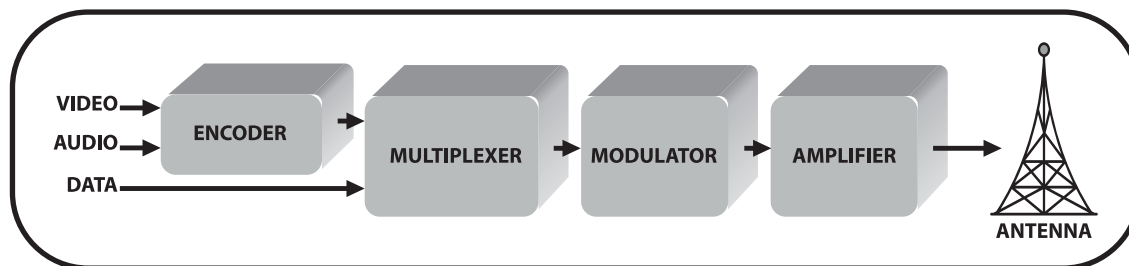


Figura 1. Proceso de transmisión en ISDB-Tb. Fuente: Asociación brasileña de normas técnicas (2007a).

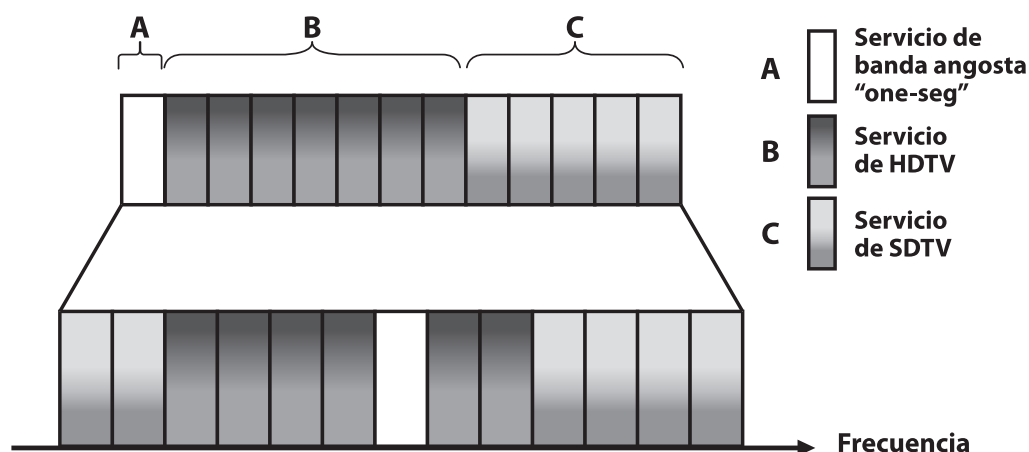


Figura 3. 3. Estructura de segmentos.
Fuente: Pisciotta (2010).

Es posible configurar la información a transmitir en capas jerárquicas (A, B, C), donde se pueden asignar diferentes servicios a las tres capas, entre ellas TV de alta definición HDTV, estándar definición SDTV y *one seg* (véase Figura 3). *One seg* es utilizado específicamente para dispositivos portátiles; el segmento medio puede ser utilizado en una recepción parcial para ser reproducida en pantallas de menor tamaño (Sotelo *et al.*, 2011).

Además, el estándar ISDB-Tb puede configurar una *Red de Frecuencia Única* [SFN], donde varios transmisores envían la misma señal en el mismo canal de frecuencia. La sincronización de los transmisores se logra mediante *Global Positioning System-GPS* y alcanzando una cobertura más robusta. El objetivo principal es el uso eficiente del espectro radioeléctrico, distribuyendo la potencia de forma uniforme. Además, SFN aumenta el área de cobertura y disminuye la probabilidad de interrupción (Pawlowski, 2011).

La Figura 4 muestra la composición

de las capas jerárquicas, donde la etapa de compresión combina la información de video, audio y datos. La transmisión de la señal de video y audio sin comprimir se convierte en *Interfaz Serial Digital* [SDI], este SDI es codificado y comprimido en MPEG-4 convirtiéndose en un *Transport Stream* [TS]. El TS posee 188 bytes, en la capa de transporte los múltiples TS son multiplexados, y reciben información sobre la modulación, corrección de errores, parámetros de transmisión, a través de la señal *Transmission Multiplexing Configuration Control* [TMCC] que es responsable de transportar hacia el receptor datos sobre la configuración de los segmentos del canal o sobre la red, así también como las *Tablas Service Information/ Program Specific Information* [SI/PSI] que comprende información sobre el tipo de video, audio, contenidas en el flujo de transporte; mientras que el multiplexador es el encargado de generar un único flujo binario llamado *Broadcast Transport Stream* [BTS], que contiene 204 bytes (Pisciotta, 2010). El TMCC a nivel de BTS incorpora un paquete denominado

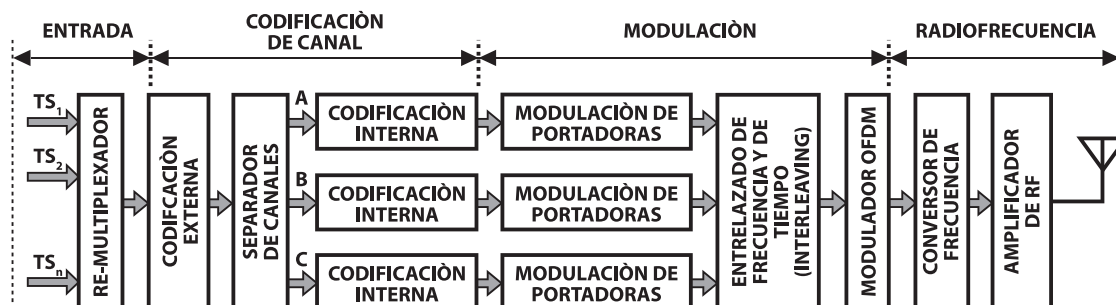


Figura 4. Representación de bloques del estándar ISDB-Tb.
Fuente: ABNT (2007b).

ISDB-Tb *Information Packet* [IIP], que incluye identificación de equipamientos, esquema de modulación, intervalo de guarda y modo de operación. La capa de transmisión se encarga de transmitir la señal digital hacia el amplificador y convertor de frecuencia (ABNT, 2007a).

Modulación OFDM

La señal OFDM es la suma de muchas sub-portadoras ortogonales entre sí, divide una sola transmisión en múltiples señales con menor ocupación espectral (Ferreira, 2009). OFDM combina la transmisión en el dominio de la frecuencia, donde se divide en una cierta

cantidad de sub-bandas de reducido ancho de banda comparada con el total disponible del canal (Figura 5) y en dominio del tiempo, donde se fragmenta en pequeños intervalos de tiempo (Pisciotta, 2010).

Este sistema de modulación hace uso de ortogonalidad entre subportadoras, la información transmitida en las portadoras emplea un código de corrección de errores, *Forward Error Correction* [FEC]. Cada símbolo OFDM transmitido corre el riesgo de ser afectado por alguna interferencia, por lo tanto para evadir esa interferencia entre símbolos se inserta un intervalo de guarda antes de cada símbolo

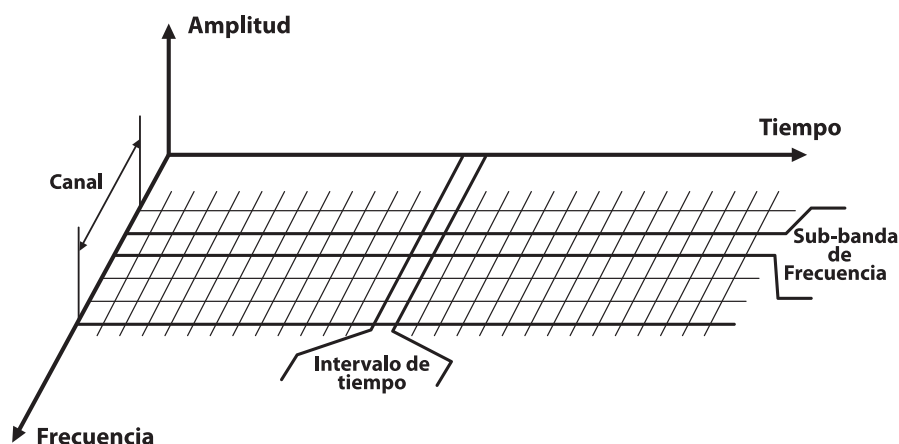


Figura 5. Estructura de la modulación OFDM.
Fuente: (Pisciotta, 2010)

OFDM, el tamaño de esta muestra puede ser 1/4, 1/8, 1/16 o 1/32 de los símbolos (Alencar, 2009); en la Tabla 4 se visualiza el intervalo de guarda y el FEC con el cual trabaja el estándar ISDB-Tb.

En la Tabla 2 se muestra en síntesis de las características técnicas con las que puede trabajar el estándar ISDB-Tb.

Tabla 2.

Características de transmisión del estándar ISDB-Tb.

Modo ISDBT	Modo 1 (2K)	Modo 2 (4K)	Modo 3 (8K)
Número de segmentos OFDM	13		
Ancho de banda útil	5,575 MHz	5,573 MHz	5,572 MHz
Espacio entre portadoras	3,968 MHz	1,984 MHz	0,992 MHz
Total de portadoras	1405	2809	5617
Modulación	QPSK, DQPSK, 16QAM, 64QAM,		
Número de símbolos	204		
Duración del símbolo activo	252us	504us	1.008ms
Intervalo de Guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
Codificación FEC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8		
Time Interleave	Tasa por segundo (204, 188)		

Fuente: Takada, 2008.

Parámetros técnicos para el control de calidad de la señal en la TDT

En el Ecuador, las estaciones televisivas se rigen por la norma técnica para el servicio de radiodifusión de TDT. También, se considera las recomendaciones de la norma técnica brasileña ABNT para la presente investigación, y la recomendación UIT-R BT 1368-12. Los parámetros técnicos analizados son el nivel de señal, MER y BER.

La Potencia de recepción en TDT según la norma ABNT NBR 15604 corresponde al

nivel de señal donde la unidad receptora debe ser capaz de procesarla exitosamente. Por lo tanto, establece nivel mínimo de -77,4dBm, y nivel máximo de -20dBm.

La tasa de error de modulación [MER] informa sobre las degradaciones de la señal, como pueden ser las que afectan a la relación señal ruido, las provocadas por el ruido de fase de osciladores, la perturbación causada por los ecos. El sistema ISDB-Tb tiene desde 25 hasta 30dB de MER para una buena calidad de recepción (Larroca *et al.*, 2016). El MER, también, mide el rendimiento de un transmisor digital con un valor mayor que 32 dB y mínimo de 30dB.

La tasa de error de bits [BER] es la relación entre el número de bits errados al número total de bits enviados durante un intervalo de tiempo dado (Sam y Kibona, 2014). Usa dos algoritmos de corrección, el código convolucional 1/2 Viterbi, el cual disminuye los errores en las fases posteriores de decodificación y, el algoritmo de Reed-Solomon que añade 16 Bytes al TS, que contiene 188 bytes, resultando en 204 bytes. En la Figura 6 se muestran tres medidas importantes: 1) BER antes de Viterbi conocido como *Channel Bit Error Rate* [CBER], indicador de la calidad general de la señal digital recibida, muestra los errores presentes antes de pasar por algún filtro. 2) BER después de Viterbi o BER antes de la decodificación de Reed Solomon comúnmente llamado *Viterbi Bit Error Rate* [VBER], que es la señal digital corregida. 3) BER después de la decodificación de Reed Solomon (Castellanos *et al.*, 2013).

Según ABNT (2008c), los límites de los

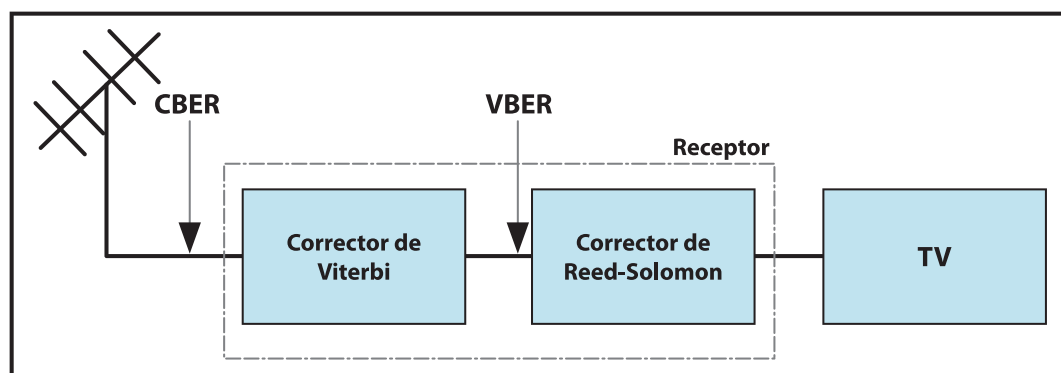


Figura 6. Esquema de mediciones del VER.

Fuente: Castellanos et al., 2013.

valores mostrados determina: buena calidad $< 10^{-6}$ y mala calidad $> 10^{-3}$. Adicionalmente, en la Recomendación UIT-R BT 1368-12 indica un BER mínimo en ISDB-T antes de la decodificación de Reed-Solomon un valor $\leq 2 \times 10^{-4}$, y después de la decodificación de Reed-Solomon un valor $\leq 1 \times 10^{-11}$.

Materiales y métodos

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, debido a que se extraen descripciones a partir de observaciones (p.ej. la calidad de la señal) y tiene un alcance descriptivo, ya que se especifican las propiedades, características y rasgos importantes de la TDT, tales como, los parámetros de transmisión y su efecto sobre la recepción. Además, se realiza una comparación de los valores medidos del nivel de potencia, el BER, y el MER entre las seis estaciones de televisión, y se los compara con los valores establecidos según los estándares de ABNT 15604 y de ARCOTEL.

En esta investigación se realizaron pruebas de mediciones de cobertura en distintas zonas de Guayaquil, para

posteriormente evaluar la señal digital de los seis canales de televisión. Para la recolección de información y las mediciones se eligieron seis canales de televisión: Ecuador TV, Red Telesistema (RTS), TC Televisión, Ecuavisa, Teleamazonas, y Canal Uno que operan con TDT en la ciudad de Guayaquil.

Mediciones

Se seleccionaron las principales estaciones de televisión de la ciudad de Guayaquil. TDT trabaja en la banda UHF con un ancho de banda de 6 MHz. En la Tabla 3, se muestra la información recopilada, exponiendo datos del canal digital utilizado y sus frecuencias de operación, adicional se muestra el canal virtual asignado, por el cual el televidente puede acceder a la programación (todos estos datos fueron proporcionados por ARCOTEL).

En la recopilación de información sobre los parámetros de transmisión, se realizaron visitas técnicas a las estaciones transmisoras y se organizó la data para mostrar detalles de sistemas radiantes, potencia de transmisión, equipos

utilizados, y tipo de modulación configurada por cada canal de televisión.

Tabla 3.

Frecuencias en uso para TDT en Guayaquil.

Televisión Banda IV (512-608 MHz)			
Canal	Frecuencia	Canal virtual	Ciudad
21	512-518	Canal Digital	
Ecuador TV	21	7.1	Guayaquil
23	524-530	Canal Digital	
Ecuavisa	23	2.1	Guayaquil
25	536-542	Canal Digital	
RTS	25	4.1	Guayaquil
27	548-554	Canal Digital	
Teleamazonas	27	5.1	Guayaquil
29	560-566	Canal Digital	
TC	29	10.1	Guayaquil
33	584-590	Canal Digital	
Canal Uno	33	12	Guayaquil

Fuente: ARCOTEL, 2015a.

Para realizar las mediciones se eligieron distintos puntos de la ciudad de Guayaquil; por lo que se trazaron radiales espaciados 30°, a distintas distancias del

Tabla 4.

Sectores seleccionados en Guayaquil.

Guayaquil		Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Punto 1	Cooperativa Unión de Bananeros del Guasmo Sur	2°16'13.28"S	79°52'49.91"O
Punto 2	Avenida Esmeraldas y Francisco Segura	2°13'8.62"S	79°54'10.56"O
Punto 3	Avenida Barcelona (Barrio San Eduardo)	2°11'9.90"S	79°55'38.60"O
Punto 4	Vía a la Costa	2°11'3.37"S	79°58'36.03"O
Punto 5	Ciudadela Los Ceibos (Calle Los Olivos)	2° 9'37.73"S	79°56'49.71"O
Punto 6	Cooperativa Monte Sinaí	2° 6'56.65"S	79°59'0.10"O
Punto 7	Avenida Francisco de Orellana y 4to paseo 17 NE	2° 8'28.94"S	79°54'13.24"O
Punto 8	Vía a Daule (Calle Montecristi)	2° 4'5.37"S	79°55'55.85"O
Punto 9	Autopista Narcisca de Jesús (Av. 4 NE)	2° 5'6.96"S	79°53'50.58"O

transmisor ubicado en el Cerro El Carmen (coordenadas geográficas 2°10'47.60"S; 79°52'50.00"O) de 5km, 10km y 15km. Algunos puntos fueron reubicados debido a que correspondían a zonas geográficas de difícil acceso; además por disponibilidad del equipo proporcionado por ARCOTEL, se tomaron en consideración nueve puntos. La Tabla 4 muestra los nueve puntos de ubicación con sus coordenadas geográficas donde se realizaron las mediciones de recepción fija.

Una vez obtenido los puntos de medición, se utilizó un analizador de espectro marca Rhode & Schwartz ETH, para realizar las mediciones. Las características técnicas del instrumento de medición utilizado son: a) compatible con los estándares DVB-T, DVB-H e ISDB-Tb; b) cubre un rango de frecuencia

hasta 3,6 GHz u 8 GHz; c) mide la relación de error de modulación, MER, de todas las portadoras OFDM; d) demodulación en tiempo real permite la medición del BER de la señal recibida, muestra el BER para las capas A, B y C; e) detección automática de los modos de ISDB-Tb, visualización del diagrama de constelación (Rohde y Schwarz, 2011). ARCOTEL proporcionó una guía técnica para la utilización del mismo; adicionalmente se conectó un GPS al instrumento de medición. Para las pruebas de recepción, se evaluaron parámetros como el nivel de señal, MER y BER. Una vez realizada las mediciones en los puntos de la ciudad, el programa de simulación Radio Mobile permitió realizar una comparación entre lo medido y lo calculado. Aparte, con los datos resultantes del nivel de señal, el VER y el MER se añadió una valoración de la calidad de transmisión simbolizada con colores entre muy buena, buena, regular y mala; lo cual está basado en la norma ABNT 15604, 15608, y la resolución 301.

Resultados y discusión

De las mediciones de recepción
Tabla 5.

Nivel de señal medido en dBm.

MEDICIONES EN CAMPO						
PUNTO	ECUADOR TV	ECUAVISA	TELESISTEMA	TELEAMAZONAS	TC TELEVISIÓN	CANAL UNO
Punto 1	-53,1	-52,7	-50,1	-53,8	-58,9	-53,1
Punto 2	-56,7	-49,5	-56,9	-58,9	-58,3	-61,1
Punto 3	-69,1	-57,9	-58,2	-68,1	-59,9	-70,5
Punto 4	-88,7	-88,2	-86,4	-89,4	-86,9	-88,7
Punto 5	-81,2	-80,8	-71,6	-86,6	-80,7	-81,2
Punto 6	-88,3	-81,2	-80,5	-86,2	-86,9	-88,3
Punto 7	-55,3	-50,9	-47,96	-48	-57,2	-55,3
Punto 8	-88,8	-76	-81,8	-86,2	-84,1	-88,8
Punto 9	-63,17	-54,49	-54,66	-51,63	-55,3	-59,4

realizadas en puntos fijos de la ciudad, se observa que la cobertura es menor, donde el nivel señal es $< -77,4$ dB permitido por la ABNT NBR 15604 para una buena calidad de señal de la TDT. Estos lugares son: vía a la costa, ciudadela Los Ceibos, cooperativa Monte Sinaí, y Vía a Daule. Según la Tabla 5, estos sectores corresponden a los puntos 4, 5, 6, y 8; desde donde no existe línea de vista entre el trasmisor y la zona medida, causada por la obstrucción debido al cerro San Eduardo; mientras que para los otros puntos medidos 1, 2, 3, 7, 9 los niveles de intensidad si cumplen con la norma establecida por ABNT NBR 15604, obteniendo una señal digital aceptable. No obstante, en estos sectores Ecuavisa y RTS tienen los niveles de recepción bajos a diferencia de las otras estaciones de televisión, debido a que la potencia de transmisión es superior a los demás canales.

La Tabla 5 muestra niveles de intensidad de la señal medidos en los diferentes puntos de la ciudad. Estos niveles de señal se pueden clasificar en: 1) muy buena, desde -50,9 a -47,96 dBm; 2) buena, desde -70,5 a -51,63 dBm; 3)

Tabla 6.

Valores resultantes de MER de la capa A en dB.

CAPA A						
	ECUADOR TV	ECUAVISA	RTS	TELEAMAZONAS	TC TELEVISIÓN	CANAL UNO
Punto 1	24,5	29,6	26,9	23,2	24,2	22,3
Punto 2	28,2	36,3	25,3	31,1	30,1	27,7
Punto 3	22,8	25,5	30,3	17,9	24	20
Punto 5	---	---	15,3	---	---	---
Punto 6	---	---	9	---	---	---
Punto 7	36	30,6	33,4	32,6	31	34,3
Punto 8	14	15,5	10	9	13,5	14,2
Punto 9	26,3	31,9	26,4	35,9	31,1	30,2

baja, desde -76 a -71,6 dBm; y 4) mala, desde -89,4 a -80,5 dBm.

La Tabla 6 muestra las medidas de MER; según ABNT NBR 15608 y la resolución 301, con los datos resultantes del MER de la capa A [One Seg], correspondiente a la calidad en dispositivos móviles, se evidencia que existe excelente calidad en el punto 7, teniendo el valor más alto Ecuador TV.

Por otro lado, los valores medidos en la Tabla 6, se clasifican así: mayor de 30 dB es muy buena calidad; si la señal está entre 30 a 20 dB, corresponde a una señal buena; la señal es regular si los valores

medidos están entre 20 a 15 dB y es mala si el valor es menor de 15 dB. Debido a que se trata de medir MER, sirve esta clasificación de valores.

En los puntos 1, 2, 3, 9 hay una buena calidad de imagen. En los puntos 4, 5, 6, 8 (donde existe menos cobertura) los símbolos del diagrama de constelación no son reconocidos por el demodulador, solo RTS en el punto 5 y 6 el analizador representaba los valores del MER, y en el punto 8 con un rango de 10 a 15 dB. Respecto a la capa B (Tabla 7), los puntos 1, 2, 3, 7, 9, se encuentran dentro del rango de 20 a 30Db; no obstante, en el punto 7 los valores más altos del MER

Tabla 7.

Valores resultantes de MER correspondientes a la capa B en dB.

CAPA B						
	ECUADOR TV	ECUAVISA	RTS	TELEAMAZONAS	TC TELEVISIÓN	CANAL UNO
Punto 1	27,2	27,1	26,1	25,9	26,6	27,4
Punto 2	30,9	34,1	28,8	29,2	29,2	28,4
Punto 3	20,4	24,8	29,1	21,6	23,6	25
Punto 5	---	---	20,7	---	---	---
Punto 6	---	---	14,9	---	---	---
Punto 7	35,7	31,2	33,1	32,8	31,9	34,3
Punto 8	15,5	19,8	13,7	12,5	15,8	15,3
Punto 9	29,6	32,8	26	33,4	29,6	29,1

Nota: Se descarta el punto cuatro, debido a que el medidor no muestra datos en ese sector.

están en Ecuador TV y Canal Uno. Para el punto 8, Ecuador TV, Ecuavisa, TC y Canal Uno se encuentra en un rango de 15 a 20 dB, con menor calidad, no obstante, RTS y Teleamazonas se encuentra con valores inferiores a 15dB.

Ecuador TV tiene capa C para SD con niveles en un rango de 20 a 30 dB en los puntos 1,2,7,9. Igualmente, representa una buena calidad del servicio, a excepción de los puntos 3 y 8 que se encuentran en el rango de 15 a 20dB.

Para el análisis del VER, se consideran los valores del CBER porque es la tasa de error antes de pasar por el proceso de decodificación. Para el análisis se escoge la norma ABNT NBR 15608, lo cual indica que para una señal óptima debe alcanzar una tasa menor a 10^{-6} de la señal. En la Tabla 8, se exponen los resultados, donde se evidencia que en el punto 1, 2 y 3 de la capa A se encuentra en un rango de 10^{-3} a 10^{-7} , presentando una transmisión aceptable. No obstante, en el punto 2 se presentan valores mayores de 10^{-2} en Teleamazonas y TC televisión. Los puntos 7 y 9 de la capa A

y B reflejan una buena calidad de la transmisión, obteniendo valores más altos en Ecuador TV y Canal Uno, a excepción de RTS y TC Televisión en la capa B muestran valores de 10^{-2} . Para la capa B y C de Ecuador TV, los puntos del 1 al 3 tienen en promedio entre 10^{-3} a 10^{-6} , entre ese rango también se encuentra Canal Uno. Sin embargo, en la capa B Ecuavisa, RTS y Teleamazonas tienen valores mayores que 10^{-3} , representado una muy mala resolución de la señal digital; pero en la capa A lo que respecta la señal digital para dispositivos móviles se observa una calidad aceptable.

La Tabla 8, muestra valores resultantes del BER antes de Viterbi, los mismos están distribuidos según sus valores y corresponden a muy buena señal si es $< 10^{-6}$; es buena si el valor medido esta entre 10^{-6} a 10^{-3} ; es malo si el valor es $>10^{-3}$; y por último los tres asteriscos corresponden a valor no reconocido.

En este trabajo se analizó la tecnología TDT, que permite el uso eficiente del espectro, además de audio y

Tabla 8.

Valores resultantes del BER antes de Viterbi.

	ECUADOR TV			ECUAVISA		RED TELEVISIÓN TEMA		TELEAMAZONAS ZONAS		TC TELEVISIÓN		CANAL UNO	
	Capa A	Capa B	Capa C	Capa A	Capa B	Capa A	Capa B	Capa A	Capa B	Capa A	Capa B	Capa A	Capa B
Punto 1	0,0e-6	6,9e-04	7,40e-03	0,0e-7	6,20e-02	0,0e-6	8,8e-02	1,2e-6	7,7e-02	0,0e-6	7,5e-02	8,9e-4	7e-03
Punto 2	0,0e-6	7,3e-03	3,60e-04	0,0e-7	2,20e-03	4,7e-3	3,6e-02	1,4e-2	1,9e-02	3,7e-02	2,e-02	0,0e-7	4,1e-02
Punto 3	0,0e-6	3,2e-03	8,9e-03	0,0e-6	1,2e-02	0,0e-7	4,5e-03	1e-7	4,6e-02	4,9e-4	1,1e-02	2,7e-4	5,1e-03
Punto5	***	***	***	***	***	1,4e-2	9,7E-02	***	***	***	***	***	***
Punto 7	0,0e-7	0,0e-8	0,0e-8	0,0e-7	8,80E-03	0,0e-7	3,5e-05	0,0e-6	2,3e-07	0,0e-6	1,4e-06	0,0e-6	1,e-08
Punto 9	9,0e-6	6,e-04	2,e-04	0,0e-6	5,e-04	1,9e-6	4,2e-02	0,0e-6	1,7e-03	2,1e-4	1,1e-02	0,0e-6	3,e-04

video de alta calidad e interactividad con los usuarios. El uso de multiprogramación podría ser utilizada para entregar diferentes servicios, pero que estrictamente depende de la legislación de cada país, en Ecuador legalmente no es posible.

La información recabada en los seis canales de televisión examinados y expuesta en el Anexo 1, demuestra que existen diferencias en parámetros de transmisión de uso común tales como potencia, ganancia de transmisión; las configuraciones de modulación son parecidas: la capa A en QPSK, capa B en 64QAM y la capa C en 16QAM.

Las mediciones y cálculos, que se muestran en el Anexo 2 expresan que a mayor potencia de transmisión le corresponde una mayor cobertura, relación que puede ser establecida por el BER y MER, lo expresado aquí se observa fácilmente en las tablas de los Anexos 3 y Anexo 4. Los canales de televisión que demuestran tener mayores niveles de potencia son Ecuavisa y RTS. Sin embargo, Ecuador TV y Canal Uno tienen menores potencias y aceptables niveles de BER y MER, lo que indica que Ecuavisa y RTS tienen altos niveles de recepción. El Anexo 5 expone las mediciones de campo aquí realizadas. Con esta observación se puede establecer que los niveles de potencias podrían ser atenuadas y conseguir los mismos niveles adecuados de recepción que las otras televisoras, y al mismo tiempo disminuir la probabilidad de interferencias en otras regiones debido a la reutilización de frecuencias.

Las mediciones se lograron gracias a

la ayuda del ARCOTEL; sin embargo, la disponibilidad y el uso de las herramientas de medición fueron limitadas, esto ocasionó que haya inconvenientes para cubrir más sectores de Guayaquil; por lo que se efectuaron las mediciones solamente en nueve puntos de la ciudad, estas mediciones muestran que los niveles de recepción, con un rendimiento similar al modelo de propagación de Longley – Rice (modelo de propagación integrado dentro del RadioMobile).

Finalmente, como trabajo futuro y para tener una mejor comprensión de la relación entre la propagación y la calidad de la señal recibida, será necesario realizar mediciones en interiores (edificios o casas), así como, mediciones a distancias superiores a las realizadas dentro de la ciudad (15Km). Además, con la información de los seis canales analizados se podría desarrollar una guía técnica para la implementación de TDT y a su vez generar diversas soluciones para mejorar la cobertura de la señal digital, también se podría desarrollar un estudio de los niveles de recepción con diferentes decodificadores en interiores, con lo que se comprendería la situación real de los usuarios.

Referencias

- ARCOTEL (2015). Resolución 936. *Ley Orgánica de Telecomunicaciones: frecuencia de Operación Bandas UFH y VHF* (5 de mayo 2015). Ecuador
- Albornoz, L., y García Leiva, M. (2012). *Televisión Digital Terrestre: experiencias nacionales y diversidad en Europa*,

- América* (Primera ed.). Buenos Aires, Argentina: La Crujía.
- Alencar, M. S. (2009). *Sistema de Televisión Digital*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2007a). NBR 15601: *Sistema de Transmisión ISDB-Tb*. 57. Brasil.
- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2007b). NBR 15604: *Televisión Digital Terrestre - Receptores*. 12-16. Brasil.
- Asociación Brasileña de Norma técnicas. (2007c). NBR 15608: *Televisión digital Terrestre - Guía de operación*. Brasil.
- Calle, J. (2013). Estándares para la televisión digital terrestre en Europa y Sudamérica. *Revista de Economía y Derecho*, 10 (37), 93-124.
- Castellanos, G. D., Moreno, H., Hernández, A. V., y Forero, L. (2013). *Measurements for Digital Terrestrial Television in Bogota Metropolitan area in Colombia*. IEEE LATINCOM 2013, 1-6.
- Cugnini, A. (2007). World TV standards. *Broadcast Engineering*, 49(10), 20-26.
- Ferreira, J. S. (2009). *Uma proposta de implepmentacao do Multiplexador do Sistema ISDB-Tb*. Tesis de maestría, INATEL, Santa Rita do Sapucaí: Instituto Nacional de Telecomunicações.
- Hanzo, L., y El-Hajjar, M. (2013). A Survey of Digital Television Broadcast Transmission Techniques. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 15(4), 1924-1949.
- Larroca, F., Guridi, P. F., Sena, G. G., González - Barbone, V. y Belzarena, P. (2016). *An open and free isdb-t full_seg receiver implemented in gnu radio*. Instituto de Ingeniería Eléctrica, 1-10.
- Pawlowski, J. (2011). Single and Multi Frequency Networks in Digital Terrestrial Television. *TELE-satellite-Global Digital TV Magazine*, 130-133.
- Pisciotta, N. O. (2010). Sistema ISDB-Tb. *UBP Serie Materiales de Investigación*, 47.
- Rohde y Schwarz. (2011). *ETH Handheld TV Analyzer - Quick Reference Guide*. Recuperado en: https://www.rohde-schwarz.com/id/manual/r-s-eth-handheld-tv-analyzer-quick-reference-guide-manuals-gb-sg_230144-28443.html
- Sam, A. y Kibona, L. (2014). A Review on Performance Evaluation of Dvb-T2 Network and Its Optimization Recommendations a Case of Dar Es Salaam, Tanzania. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4(4), 806-819.
- Sotelo, R., Durán, D. y Joskowics, J. (2011). Sistema de Transmisión ISDB-T. *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, 11, 66-77.
- Sunig, A., Mier, C., y Ordoñez, K. (2014). Interactividad, diviendo digital e información en la implementación de la TDT, estudio de Ecuador. *Revista Latina de Comunicación Social*, (69), 508-531.
- Takada, M. (2008). *ISDB-T Seminario: ISDB-T tecnologías de transmisión y sistemas de alertas de emergencia* (p. 1 -37). Bogota: NHK, Japan Broadcasting Corporation.
- Takada, M., & Saito, M. (Enero de 2006). Transmission System for ISDB-T. *Proceedings of the IEEE*, 94(1), 251-256.

