



ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL ISDB-TB EN LA CIUDAD DE MÉRIDA, VENEZUELA

(Performance study of the ISDB-Tb digital Television system at the Merida City,
Venezuela)

Recibido: 01/12/2015 Aceptado: 20/01/2016

Pirela, Juan

Universidad de los Andes, ULA, Venezuela
jjpirela03@gmail.com

Paredes, Yennyfer

Universidad de los Andes, ULA, Venezuela
yennyfert19@gmail.com

Molina, Juan

Universidad Simón Bolívar, USB, Venezuela
juanantoniomolinaruiz@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es describir el estado del arte de la implementación del sistema de TDT con el estándar ISDB-Tb en la ciudad de Mérida, a fin de contrastar los resultados obtenidos con la información oficial publicada por el Estado venezolano. Para conseguir los objetivos de este artículo, se emplearon análisis estadísticos en MATLAB, y simulaciones de radiopropagación en Radio Mobile, comparándose con estudios cualitativos en los diversos puntos del área de estudio dentro de la ciudad de Mérida designados aleatoriamente. A partir de dicha comparación, se obtuvo el valor crítico de recepción del sistema que es de -42,6 dBm; el cual fue utilizado para estipular que, en la zona noreste de la ciudad, la calidad de imagen es deficiente, haciendo uso de la antena dipolo. Asimismo, se afirma que en el área de estudio se obtiene buena calidad de imagen, haciendo uso de la antena panel plano.

Palabras clave: televisión digital, antena dipolo, antena panel plano, TDT, ISDB-Tb.

ABSTRACT

The objective of this research is to describe the state of the art of the TDT system implementation with the ISDB-Tb standard at the Merida city, in the order to contrast the results obtained with the official information published by the Venezuelan state. To obtain the results of this article, statistical analysis using MATLAB, and radiopropagation simulations made in Radio Mobile, comparing those with qualitative studies made in various locations of the study area, randomly assigned, within the city of Merida. From this comparison the critical value for the system reception of -42.6 dBm was obtained. This value was used to state that in the northeast area of the city, the image quality is poor

using the dipole antenna. It also confirms that in the study area, good image quality is obtained using the flat panel antenna.

Keywords: digital television, dipole antenna, flat panel, TDT, ISDB –Tb.

INTRODUCCIÓN

El sistema de televisión ha sido la ventana a la información y el entretenimiento para un sinnúmero de usuarios desde sus inicios en 1927. Este sistema ha evolucionado a lo largo de las décadas adecuándose a las exigencias de los usuarios, haciendo uso de la tecnología y sistemas de comunicaciones para optimizar la calidad de imagen, según Burns (1998).

Sin embargo, con el advenimiento de la calidad de imagen HD (High Definition por sus siglas en inglés) se ha generado la necesidad de difundir dicha calidad por medio del espectro electromagnético, lo que infirió en el desarrollo de nuevas tecnologías para finalmente crear los sistemas de TDT (Televisión Digital Terrestre) como lo son el ATSC para Norteamérica, DTMB para China, DVB-T en Europa y el ISDB-T en Japón. En

Venezuela se optó por la implantación del sistema ISDB-Tb en Octubre del 2009, el cual es una optimización realizada al sistema ISDB-T por parte de Brasil, y a la fecha se encuentra implementada en el país. Los dispositivos para la recepción del sistema de TDT son distribuidos por el Gobierno de Venezuela y son los siguientes: un decodificador, una antena dipolo para recepción interna y una antena de panel plano para recepción externa, según El Universal (2013) y López (2010).

En el caso específico de la ciudad de Mérida, la estación base del sistema fue instalada en el año 2013, inicialmente dándole el servicio de televisión digital al municipio Libertador. Este trabajo de investigación evalúa el funcionamiento y área de cobertura del sistema ISDB-Tb en la ciudad de Mérida a razón de describir el estado del arte del mismo, según AVN (2013).

ANTENAS UTILIZADAS PARA LA RECEPCIÓN DEL SISTEMA

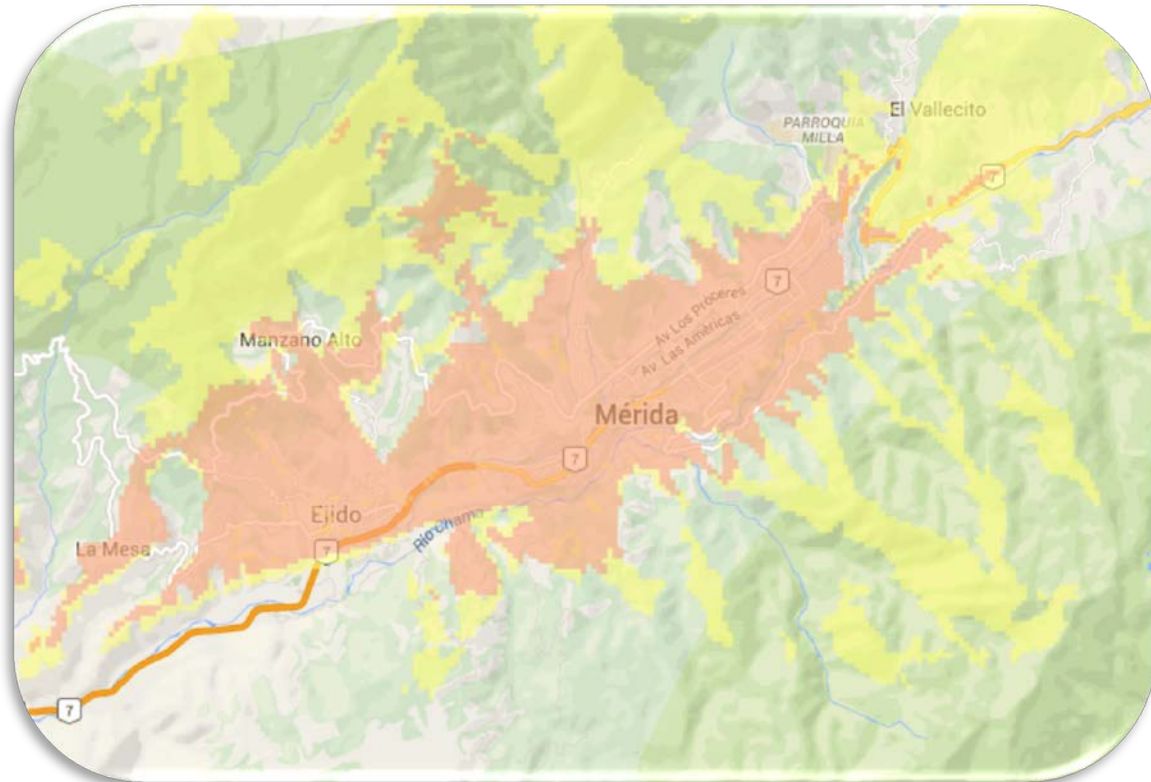
Como puede apreciarse en la figura 1, el área roja corresponde al área de cobertura interna (haciendo uso de antena dipolo) mientras que el área amarilla corresponde al área de cobertura externa (haciendo uso de la antena panel plano). En esta sección de estudio se plantea parte de la teoría asociada a los modelos de antenas utilizadas para la recepción del sistema ISDB-Tb.

ANTENA DIPOLO

El eslabón más importante en la cadena de emisión y recepción de información es la antena, pues de ella depende la calidad de la transmisión. Realmente cualquier hilo conductor puede servir de antena y de hecho están realizando dicha función continuamente; lo que sucede es que, debido a sus dimensiones, no suelen ser muy buenas antenas. Para que un conductor pueda considerarse como una antena, lo primero que se debe hacer es dimensionarlo adecuadamente para la señal con la que vaya a

emplearse. En este caso, la antena esta adecuada para el sistema de TDT, conocida como antena dipolo, cuya longitud total corresponde a la mitad de la longitud de onda ($\lambda/2$) y con un valor de ganancia de 2,15 dB; es la antena más sencilla desde el punto de vista teórico como de fabricación, según Cheng (1998).

Figura 1. Diagrama de cobertura de la ciudad de Mérida del sistema ISDB-Tb publicado por el gobierno venezolano



Fuente: Televisión Digital Abierta (2015).

ANTENA PANEL PLANO

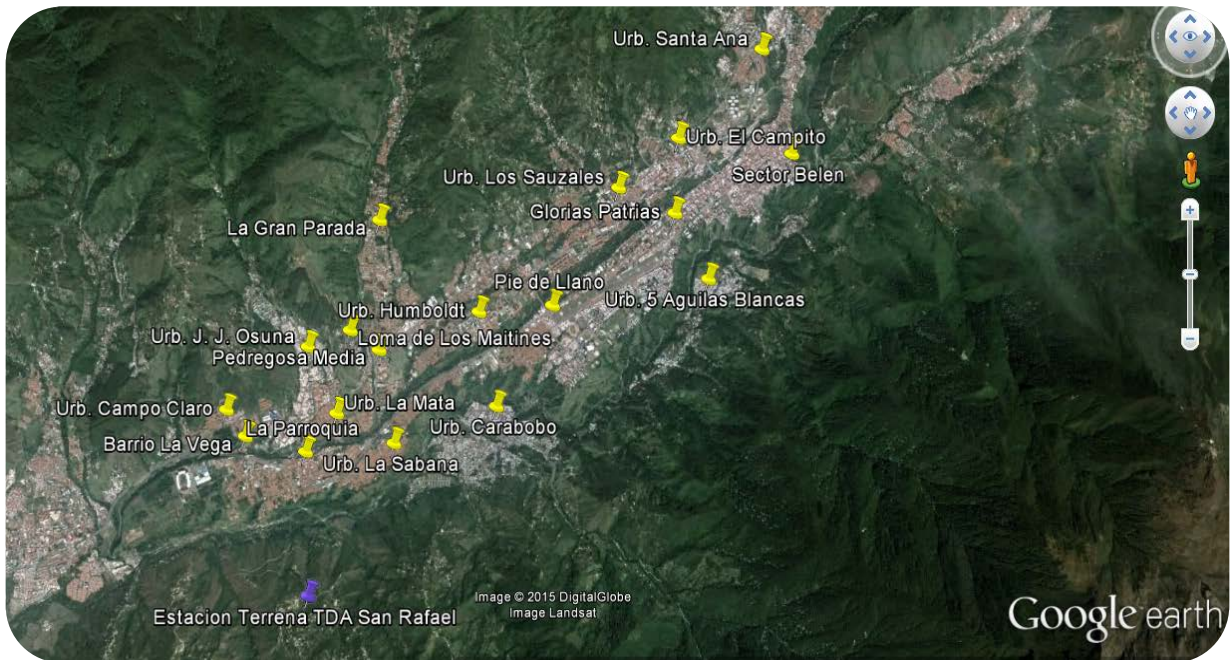
Esta antena es diseñada para aquellos lugares de recepción inestable, es decir, en casos en donde la señal de TDT procede de distintas direcciones y pueda tornarse en una recepción débil. La misma está compuesta por cuatro dipolos distribuidos verticalmente, y un panel reflector ofreciendo una ganancia superior a la de un dipolo simple de 10dB-13dB. Los dipolos están arreglados a lo largo de la línea que los une, según Wells (2010).

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la evaluación del sistema ISDB-Tb, en la ciudad de Mérida se realizaron simulaciones de radiopropagación del sistema, haciendo uso de la herramienta computacional de Radio Mobile versión 11.4.4, utilizando como variables la altura del

terreno y de las antenas, frecuencias de operación del sistema y la ganancia de la antena receptora. Asimismo, se realizaron evaluaciones de la calidad de la imagen en recepción a lo largo del territorio de la ciudad de Mérida en los puntos de estudios indicados en la figura 2, cuyos datos de posicionamiento pueden observarse en la tabla 1.

Figura 2. Ubicación de los puntos de estudio (tachuelas amarillas indican la ubicación aproximada de los puntos de medición, mientras que la azul, la posición del transmisor San Rafael)



Fuente: elaboración propia (2015).



Tabla 1. Datos de los puntos de estudios seleccionados

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (mts)	Distancia desde el transmisor (km)
Urb. La Sabana	8°33'35.8"N	71°11'23.8"O	1175.0	2.53
Sector la Parroquia	8°33'30.4"N	71°12'6.7"O	1218.1	1.96
Barrio la Vega	8°33'30.4"N	71°12'36.7"O	1235.1	2.13
Urb. Campo Claro	8°33'48.2"N	71°12'46.3"O	1246.3	2.75
Urb. La mata	8°33'48.2"N	71°11'52.1"O	1284.8	2.56
Urb. J.J. Osuna	8°34'18.2"N	71°13'27.0"O	1506.1	4.18
Loma de los Maitines	8°34'26.2"N	71°11'46.1"O	1367.8	3.75
Urb. Humbolt	8°34'36.7"N	71°10'44.3"O	1406.7	4.77
La Gran Parada	8°35'16.3"N	71°11'33.6"O	1525.3	5.34
Sector la Pedregosa	8°34'17.9"N	71°11'32.4"O	1341.6	3.60
Sector Pie de Llano	8°34'40.9"N	71°10'8.8"O	1454.8	5.53
Res. Los Sauzales	8°35'34.9"N	71°9'38.7"O	1547.2	7.39
Sector Belén	8°35'52.7"N	71°8'16"O	1460.1	9.53
Sector Glorias Patrias	8°35'24.3"N	71°9'11.3"O	1470.6	7.71
Urb. Santa Ana	8°36'38.8"N	71°8'32.2"O	1672.2	10.21
Urb. El Campito	8°35'57.9"N	71°9'10.7"O	1596.5	8.48
Urb. Carabobo	8°33'54.2"N	71°10'34.6"O	1289.3	3.94
Sector 5 águilas Blancas	8°34'55.6"N	71°8'53.4"O	1494.7	7.53

Fuente: elaboración propia (2015).

Estas simulaciones tienen el objetivo de evaluar la potencia de recepción teórica en cada uno de los puntos señalados en la figura anterior y compararlos con la calidad de



recepción de imagen en los sitios de estudio ya mencionados. Una ecuación que incluye los factores que intervienen en la variación entre los resultados teóricos y prácticos es la siguiente, según Kumar (2011):

$$L = 32,4 + 20 * \text{Log}(d) + 20 * \text{Log}(f)$$

Donde, L es la pérdida en el espacio libre en cualquier frecuencia, d es la distancia en kilómetros, desde la estación terrena hasta la antena de recepción del lugar de estudio; f es la frecuencia en Mega Hertz (MHz) de operación del sistema; y 32,4 es la constante de pérdida usada en el espacio libre. Para realizar las simulaciones de recepción de potencia se han utilizado los valores mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de variables utilizados

Variable	Valor
Altura Tx	40 m
Altura Rx	5m
Frecuencia	512MHz-806 MHz
Ganancia de Antena de Panel Plano	13 dB
Ganancia de Antena de Dipolo	2,15 dB
Potencia de transmisor	1000 Watts

Fuente: AVN (2013) CONATEL (2010).

En la tabla 3, puede apreciarse la comparación de los resultados obtenidos por las simulaciones de la antena dipolo y la antena panel plano.

Tabla 3. Niveles de recepción de potencia del sistema

Localidad	Nivel de recepción con antena Dipolo (dBm)	Nivel de recepción con antena Panel Plano (dBm)
Urb. La Sabana	-38.2	-46.3
Sector la Parroquia	-34.6	-42.5
Barrio la Vega	-33.1	-41.3
Urb. Campo Claro	-35.2	-43.7
Urb. La mata	-36.2	-44.6
Urb. J.J. Osuna	-39.4	-48.4
Loma de los Maitines	-40.2	-49.1
Urb. Humbolt	-43.9	-52.8
La Gran Parada	-42.6	-51.7
Sector la Pedregosa	-38.8	-47.5
Sector Pie de Llano	-44.0	-53.0
Res. Los Sauzales	-46.5	-55.6
Sector Belén	-93.0	-102.1
Sector Glorias Patrias	-51.4	-60.4
Urb. Santa Ana	-48.2	-57.3
Urb. El Campito	-46.7	-55.8
Urb. Carabobo	-38.8	-47.4
Sector 5 águilas Blancas	-45.5	-54.6

Fuente: elaboración propia (2015).

Asimismo, se observa en la tabla 4 los resultados de las experiencias en campo, cuyos datos fueron obtenidos en la ciudad de Mérida. Se debe tomar en cuenta que la intensidad de campo eléctrico mínima requerida para 99% de recepción de televisión digital es aproximadamente de 57 dB μ V/m (27dBm), según ARIB (2005) y Tsuchida (2001).

Las experiencias de campo fueron llevadas a cabo utilizando el sistema de recepción de señal TDA (Televisión Digital Abierta) suministrado por parte del Gobierno venezolano;

este equipamiento se basa en un decodificador modelo NOVA-ISDBT-T207 y la antena de panel plano de 13dB que lo acompaña. El sistema, fue probado en todos los puntos de estudio en un periodo de tiempo de 8 horas diurnas, bajo condiciones climatológicas despejadas.

Tabla 4. Calidad de recepción de imagen del sistema TDA

Localidad	Calidad de recepción con antena Dipolo	Calidad de recepción con antena Panel Plano
Urb. La Sabana	BUENA	BUENA
Sector la Parroquia	BUENA	BUENA
Barrio la Vega	BUENA	BUENA
Urb. Campo Claro	BUENA	BUENA
Urb. La mata	BUENA	BUENA
Urb. J.J. Osuna	BUENA	BUENA
Loma de los Maitines	BUENA	BUENA
Urb. Humbolt	MALA	BUENA
La Gran Parada	BUENA	BUENA
Sector la Pedregosa	BUENA	BUENA
Sector Pie de Llano	MALA	BUENA
Res. Los Sauzales	MALA	BUENA
Sector Belén	MALA	BUENA
Sector Glorias Patrias	MALA	BUENA
Urb. Santa Ana	MALA	MALA
Urb. El Campito	MALA	BUENA
Urb. Carabobo	BUENA	BUENA
Sector 5 águilas Blancas	MALA	BUENA

Fuente: elaboración propia (2015).

Leyenda: Buena: Imagen fluida y buen audio. Mala: Imagen estática con presencia de ruido en el audio.

De esto último, podemos señalar que existen diversos factores que afectan el nivel de recepción de potencia recibida tales como, la altura del terreno, lejanía de la estación base, la densidad de edificaciones en los puntos de estudio, entre otros. Sin embargo, se deduce que la sensación del usuario final es mala en la zona noreste de la ciudad, si este hace uso de la antena dipolo para la recepción del sistema. Asimismo, podemos inferir la existencia de un umbral de 10 km de distancia para la recepción; al ser excedido este

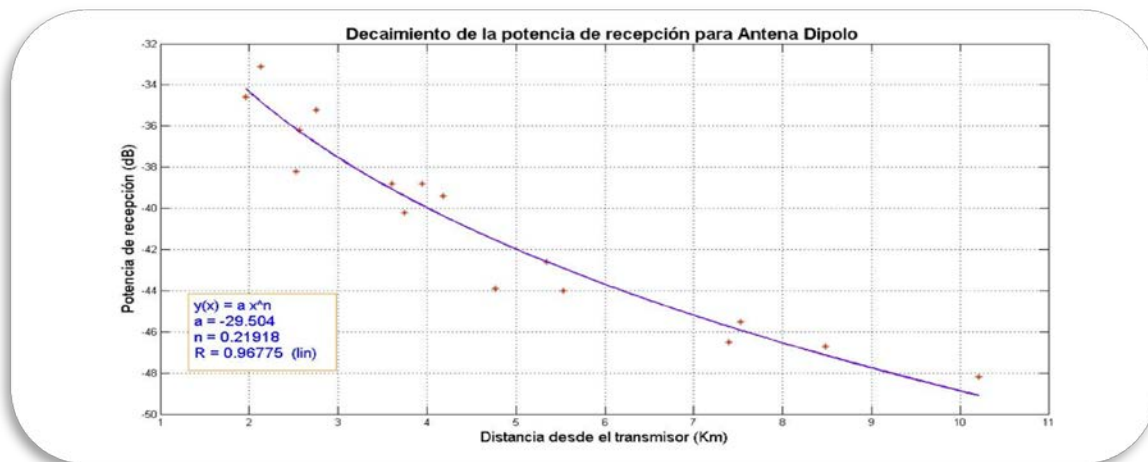
valor, la señal comienza a degradarse, pese a contar con un nivel de campo eléctrico adecuado para la recepción del sistema.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A la hora de analizar los resultados obtenidos, se aplicaron inicialmente, técnicas estadísticas, matemáticas y gráficas, para conocer la tendencia de las mediciones y la razón de su comportamiento. En este sentido, se graficó para ambas antenas, los pares ordenados (distancia del transmisor y potencia de la señal). Estos puntos fueron sometidos a un control de calidad, merced al cual se decidió prescindir de los correspondientes a las estaciones: “Sector Belén” y “Urb. Santa Ana”, puesto que dichos puntos mostraban una varianza muy alta con respecto la tendencia global de las mediciones, y esto es atribuible a errores en la recolección de los datos.

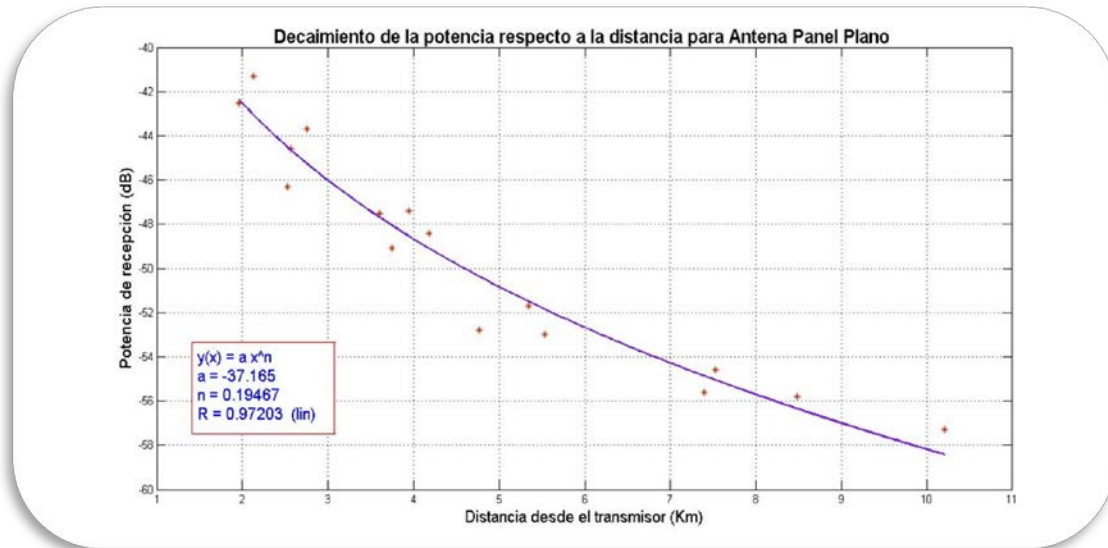
En las figuras 3 y 4, puede apreciarse, para la antena dipolo y panel plano, respectivamente, el comportamiento de los datos que superaron las pruebas de calidad y la tendencia matemática a la cual responden, según Scott (1992).

Figura 3. Decaimiento de la potencia respecto a la distancia para la antena Dipolo



Fuente: elaboración propia (2015).

Figura 4. Decaimiento de la potencia respecto a la distancia para la antena de Panel Plano



Fuente: elaboración propia (2015).

En ambos casos (ver figura 3 y 4), se puede apreciar (en el recuadro inferior izquierdo), que la tendencia de ajuste es una función potencial con exponentes $n=0.21918$ en el caso de la antena dipolo y $n=0.19467$ en el caso de la antena panel plano, siendo este un resultado congruente con los estudios realizados por Scott (1992).

Una vez culminado el control de calidad y luego de haber establecido estándares de confianza para el método aplicado, se procede a analizar los resultados desde un punto de vista cualitativo, en base al nivel de recepción, en dBm, obtenido en las simulaciones de los modelos de antena expuestos y la calidad de recepción observada en campo.

A partir de dicho análisis, se concluye que el valor mínimo de recepción para la antena dipolo en la zona de estudio es de -42.6 dBm, correspondiente a la estación “La gran parada”.

Del mismo modo, al observar la posición de las estaciones en el mapa de la ciudad, se aprecia que los valores de potencia de recepción registrados en la zona noreste, se mantienen por debajo de -42.6 dBm y presentan una calidad de imagen ponderada como MALA. Mientras que, en el resto del área de estudio, los valores de recepción son mayores o iguales a -42.6 dBm y están ponderados con calidad BUENA.

Finalmente, a través de un estudio comparativo entre el mapa de calidad de recepción publicado por el Gobierno venezolano y los resultados experimentales, se encuentra una discrepancia notoria en el caso de la antena dipolo, ya que, bajo el método aplicado en este artículo, algunas zonas se diagnostican como deficiente, mientras que son



presentadas como satisfactoria por los medios oficiales; tal como puede observarse en la tabla 5.

Tabla 5. Tabla comparativa de calidad de recepción del sistema TDA

LOCALIDAD DE ESTUDIO EXPERIMENTAL	CALIDAD DE COBERTURA OFICIAL (Antena Dipolo)	CALIDAD DE COBERTURA EXPERIMENTA L (Antena Dipolo)	CALIDAD DE COBERTURA OFICIAL (Antena Panel Plano)	CALIDAD DE COBERTURA EXPERIMENTA L (Antena Panel Plano)
Urb. La Sabana	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Sector la Parroquia	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Barrio la Vega	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Urb. Campo Claro	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Urb. La mata	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Urb. J.J. Osuna	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Loma de los Maitines	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Urb. Humbolt	BUENA	MALA	BUENA	BUENA
La Gran Parada	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Sector la Pedregosa	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Sector Pie de Llano	BUENA	MALA	BUENA	BUENA
Res. Los Sauzales	BUENA	MALA	BUENA	BUENA
Sector Glorias Patrias	BUENA	MALA	BUENA	BUENA
Urb. El Campito	BUENA	MALA	BUENA	BUENA
Urb. Carabobo	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA
Sector 5 águilas Blancas	BUENA	MALA	BUENA	BUENA

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar, que la antena de panel plano presentó una calidad de imagen BUENA en toda el área y por ende no fue posible encontrar, para ella, un valor mínimo de recepción.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la aplicación de técnicas estadísticas, matemáticas y gráficas, se logró identificar los puntos de medición defectuosos de los cuales se decidió prescindir, a fin de disminuir los niveles de error en las fases posteriores del estudio.

En base a las pruebas estadísticas realizadas y estudios teóricos previos, se comprobó que los métodos de simulación a través del software Radio Mobile aplicados en este estudio, describen un comportamiento muy cercano a la realidad, permitiendo considerar dicho método como un elemento substancial para evaluar los resultados obtenidos en las experiencias de campo.

Analizando los datos se ha determinado una convergencia entre las pruebas de calidad realizadas en MATLAB, la simulación de radiopropagación en Radio Mobile, y las experiencias de campo (entre lo modelado y lo experimentado); se pudo establecer un valor crítico de -42,6 dBm de potencia de recepción (haciendo uso de la antena dipolo), por debajo del cual la señal recibida se torna deficiente.

Se realizó una comparación entre la ubicación geográfica y los resultados modelados y experimentados de los puntos de estudio, estipulando que, en la zona noreste de la ciudad, la señal presenta una mala calidad de imagen.

Comparando lo determinado en este estudio con la información a la fecha publicada en la página oficial del sistema TDA, existe una discrepancia clara entre las áreas de cobertura divulgadas con la sensación real del usuario.

Se logró ratificar que haciendo uso de la antena panel plano, se percibe una buena calidad de imagen en la totalidad del área de estudio.

Se recomienda la instalación de unidades repetidoras para extender el área de cobertura del sistema en distintas zonas, dentro de la ciudad y áreas circundantes, cuyo relieve esté por encima de los 1595m de altura del transmisor ubicado en el sector San Rafael.

Se invita a repetir las experiencias realizadas en los puntos "Sector Belén" y "Urb. Santa Ana", así como también efectuar dichas experiencias en la zona oeste del estado (Ejido), a fin de ampliar la población de datos para generar un modelo de radiopropagación acorde a las zonas de estudio y refinar los resultados obtenidos hasta los momentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia venezolana de noticias (AVN) (2013). Segunda fase de despliegue de la TDA arranca en Mérida con 14° estación de transmisión. Documento en línea. Disponible en:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:genHCjT7rCAJ:www.avn.info.ve/contenido/90-d%25C3%25A>. Consulta: 05/09/2015.



- ARIB Standard. (2005). Transmission system for digital terrestrial television broadcasting. Documento en línea. Disponible en: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B31v1_6-E2.pdf. Consulta: 05/09/2015.
- Burns, R. (1998). Television: An International History of the Formative Years. Documento en línea. Disponible en: https://muse.jhu.edu/login?auth=0&type=summary&url=/journals/technology_and_culture/v040/40.2br_burns.html. Consulta: 05/09/2015.
- Cheng, D. (1998). Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería. México. Addison Wesley Iberoamericana.
- CONATEL. (2010). Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias. Documento en línea. Disponible en: http://www.conatel.gob.ve/files/consulta/PA_CUNABAF_CP.pdf. Consultado: 05/09/2015.
- Diario El Universal. (2013). Gobierno entregará decodificadores para la Televisión Digital Abierta. Documento en línea. Disponible en: <http://www.eluniversal.com/vida/130221/gobierno-entregara-decodificadores-para-la-television-digital-abierta>. Consulta: 05/09/2015.
- Giménez, J., López, J., Gómez, D. y Cardona, N. (2011). Modelos de Propagación Radio para Redes de TDT Móvil en la Banda UHF. Revista S&T. Volumen 9, número 18, (Pp 9-27).
- Kumar, H., Sahu, S. y Sharma, S. (2011). Enhanced Cost231 W.I Propagation Model in Wireless Network. International Journal of computer Applications. Volumen 19, número 6, (Pp 36-42).
- López, J. y Urdaneta, R. (2010) Propuesta para la implementación de televisión digital en la estación televisiva Global TV 65. Venezuela. Universidad Rafael Urdaneta.
- Pirela, J. (2015). Optimización del Nivel de Potencia Recibida para Recepción Fija en ISDB-Tb, en Mérida, Venezuela, utilizando Algoritmos Genéticos. Venezuela. Universidad de los Andes.
- Scott, Y. (1992). 914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings. IEEE. Volumen 40, número 2, (Pp 207-217).
- Televisión Digital Abierta (2015). Televisión Digital Abierta. Documento en línea. Disponible en: www.tdavenezuela.gob.ve/node/6. Consulta: 02/09/2015.
- Tsuchida, K. (2001). ISDB-T -Digital Televisión Terrestre / sonido / Datos de Difusión en Japón. Documento en línea. Disponible en: <http://www.nhk.or.jp/str/publica/bt/en/pa0006.html> Consulta: 15/03/2015.



Wells, J. (2010). Multigigabit Microwave and Milimeter-Wave Wireless Communications. Estados Unidos. Artech House.